

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут нафти і газу та природокористування
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

**Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи**

бакалавр

(назва ступеня вищої освіти)

на тему: «Впровадження попередньо ізольованого трубопроводу в системі
теплопостачання мікрорайону міста Бровари»

Виконав: студент 2 курсу, групи 201-пНТ
спеціальності

144 Теплоенергетика

(шифр і назва спеціальності)

Хитько А.В. 

(прізвище та ініціали)

Керівник: Крот О.П. 

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Волік А.М. 

(прізвище та ініціали)

Полтава - 2024 року

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

Інститут, факультет, відділення навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра, циклова комісія теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики
Ступень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(шифр і назва)

.....
"13" 04 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Хвечко Артем Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Виробничі корекції теплової мережі теплопостачання в мікрорайоні міста Бровари

керівник кваліфікаційної роботи Грой О.П.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "13" 04 2024 року №

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 26.04.2024

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно

Розробити технічне рішення по тепловій мережі мікрорайону в місті Бровари. Вибір будівельної конструкції теплової мережі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Мета роботи 2. План роботи та його графічний розподіл 3. Майова планова теплових мереж 4. Мапа мікрорайону 5. План будівельної конструкції теплової мережі 6. План будівельної конструкції теплової мережі 7. Креслення

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

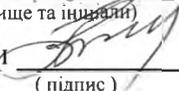
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Крет О. П.		
2	Крет О. П.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Земельна ділянка	17.04.24	
2	Спеціальна ділянка	15.05.24 - 1.06.24	
3	Бюджетна частина	2.09.24 - 5.09.24	
4	Оформлення акту	6.09.24 - 10.09.24	
5	Оформлення технічного завдання	11.09.24 - 13.09.24	

Студент  Хейвко А. В.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи  Крет О. П.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Хитько А.В. Впровадження системи теплопостачання мікрорайону міста Бровари: кваліф. робота бакалавра. Спеціальність 144 "Теплоенергетика". - Полтава : НУПП, 2024.- 81с.

АНОТАЦІЯ

Дипломну роботу першого (бакалаврського рівня) вищої освіти зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» присвячено розробленню системи забезпечення первинними енергоносіями комунально-побутових і промислових споживачів населеного пункту. Мета роботи – отримання студентом знань і навичок з розроблення складних систем енергозабезпечення району населеного пункту, котрі гарантують базові потреби людини в первинній енергії, з дотриманням принципів енергозбереження і енергоефективності. В роботі розроблено інженерні рішення з розподілу первинного енергоносія у вигляді теплоносія (води) ,його ефективного використання. Прийняті в проєкті рішення, матеріали і обладнання забезпечують економію первинних енергоносіїв і вибір оптимальної теплової потужності обладнання. Рішення, прийняті у проєкті можуть бути використані в навчальному процесі, як приклад інженерних енергоефективних рішень.

Ключові слова: система опалення, теплоенергетика, теплопостачання, теплоносій, трубопровід, гаряче водопостачання, безканална мережа, подаючий трубопровід, зворотній трубопровід.

Khytko A.V. Implementation of the heat supply system of the Brovary city neighborhood: bachelor's thesis. Specialty 144 "Heat power engineering". - Poltava: NUPP, 2024.- 81 p.

ABSTRACT

The thesis of the first (bachelor's) level of higher education in the specialty 144 "Heat and Power Engineering" is devoted to the development of a system for providing primary energy carriers to municipal and industrial consumers of the settlement. The purpose of the work is to provide students with knowledge and skills in developing complex energy supply systems for the area of a settlement that guarantee basic human needs for primary energy, in compliance with the principles of energy conservation and energy efficiency. The work develops engineering solutions for the distribution of primary energy in the form of coolant (water) and its efficient use. The solutions, materials and equipment adopted in the project ensure the saving of primary energy carriers and the selection of the optimal heat output of the equipment. The decisions made in the project can be used in the educational process as an example of energy-efficient engineering solutions.

Keywords: heating system, heat power engineering, heat supply, heat carrier, pipeline, hot water supply, ductless network, supply pipeline, return pipeline.

ЗМІСТ

ВСТУП	2
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	4
1.1 Мета проекту	4
1.2 Попередньо ізольовані пінополіуретаном труба	5
1.3 Основні кліматологічні дані місця будівництва	13
1.4 Характеристика житлового району міста	14
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	15
2.1 Визначення витрати теплоти на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання у мікрорайоні	15
2.2 Годинні витрати теплоти	20
2.3 Графік витрати теплоти від тривалості різних температур зовнішнього повітря	22
2.4 Річні витрати теплоти	24
2.5 Опалювальний графік температур теплоносія	26
2.5.1 Підвищений графік температур теплоносія для закритої мережі	30
2.6 Визначення розрахункових витрат теплоносія для теплової мережі	33
2.7 Гідравлічний розрахунок трубопроводів теплової мережі	39
2.7.1 Трасування теплової мережі мікрорайону	40
2.7.2 Попередній гідравлічний розрахунок	42
2.7.3 Оптимальний градієнт тиску по головній магістралі	44
2.7.4 Остаточний гідравлічний розрахунок	46
2.8 Тепловий розрахунок	50
2.9 Вибір будівельної конструкції теплової мережі	55
2.9.1 Розрахунок П-подібного компенсатору	55
2.9.2 Розрахунок сальникового компенсатору	59
2.10 Вибір будівельних конструкцій теплової мережі	61
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	65
3.1 Визначення вартості основного і допоміжного обладнання	65
3.2 Визначення терміну окупності капіталовкладень	67
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	68
4.1 Характеристика умов праці	69
4.2 Заходи з техніки безпеки	72
4.3 Енергозберігаючі технології	75
5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	77
6 ВИСНОВОК	78
7 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79

201-пНТ.10421190.БР

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Хитько А.В.			«Виконати проект системи теплопостачання мікрорайону міста Бровари»	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Крот О.П.				Н	5	80
Зав. Каф.		Голік Ю.С.				НУ«ПП ім. Юрія Кондратюка»		
Н. Контр.		Крот О.П.						

ВСТУП

Теплова мережа – це комплексне обладнання, що слугує для транспортування нагрітого тепла від тепла, такого як котельня, нагрітий теплоносії (з параметрами $\tau_1 = 150^\circ\text{C}$) до споживачів тепла повертається у вигляді гарячої відпрацьованої води, після часткового використання ($\tau_2 = 70^\circ\text{C}$) до джерела тепла.

Об'єктом для розроблення дипломного проекту є житловий район міста. Необхідно виконати розрахунок магістральних теплових мереж житлового мікрорайону в місті Бровари.

Постачання теплотою споживачів (систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання і технологічних процесів) складається з трьох взаємопов'язаних процесів: повідомлення теплоти теплоносія, транспорту теплоносія і використання теплового потенціалу теплоносія. Системи теплопостачання класифікуються за такими основними ознаками: потужності, виду джерела теплоти і виду теплоносія.

Системи водяних теплопроводів можуть мати різну конструкцію: однотрубну або двотрубну, а в деяких випадках - навіть багатотрубну. Найпоширенішою є двотрубна система теплопостачання, де гарячу воду подають однією трубою до споживачів, а змінний потік, холодну воду, повертають на теплову електростанцію або в котельню через іншу трубу. Системи теплопостачання можуть бути відкритими або закритими. У відкритій електриці гаряча вода безпосередньо використовується споживачами для різних потреб, включно з сільськогосподарськими та санітарно-гігієнічними. При повному використанні гарячої води можна використовувати однотрубну систему. Для закритої системи характерне майже повне повернення мірної води в теплову електростанцію або в котел.

У житлових районах часто використовуються підземні теплові прокладки, через архітектурні міркування. Важливо зазначити, що надземні теплопровідні системи є довговічними і зручнішими для регулярного ремонту, в порівнянні з підземними. Тому бажано знаходити рішення хоча б часткового використання підземних теплопроводів.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виборі траси теплопроводу насамперед перевіряються умови безпечного та надійного теплопостачання, з дотриманням безпеки роботи обслуговуючого персоналу і населення, а також можливість оперативного усунення порушень і аварій.

В цілях забезпечення безпеки та надійності теплопостачання, прокладання мереж не ведеться в загальних каналах з кисневими трубопроводами, трубопроводами стисненого повітря з тиском вище 1,6 Мпа, та газопроводами.

Під час проєктування підземних теплопроводів за умов пониження витрат, рекомендується вибирати мінімальну кількість камер, споруджуючи їх тільки в пунктах установки арматури і приладів, які потрібно обслуговувати. Кількість камер може бути зменшена за допомогою сільфонних або лінзових компенсаторів, а також різноманітних компенсаторів з великим ходом (подвійних компенсаторів) і природній компенсації температурних деформацій.

На не проїзних частинах дозволяється виступ на поверхні землі перекриття камер і вентиляційних шахт на висоті 0,4 м. Для полегшення спорожнення (дренажу) теплопроводів їх прокладають з ухилом до горизонту. Для захисту паропроводів від конденсату з конденсатопроводів під час підключення паропроводу до падіння тиску парів після конденсатовідвідників, необхідно встановити зворотні клапани або затвори.

На не проїзній частині допускаються виступаючі на поверхню землі перекриття камер і вентиляційних шахт на висоту 0,4 м. Для полегшення спорожнення (дренажу) теплопроводів, їх прокладають із ухилом до горизонту. Для захисту паропроводу від попадання конденсату з конденсатопроводу в період зупинки паропроводу або падіння тиску пари після конденсатовідвідників повинні встановлюватися зворотні клапани або затвори.

На трасі теплових мереж має бути поздовжній профіль, на який наносяться планові та існуючі відмітки землі, рівень стояння ґрунтових вод, існуючі проєкти підземних комунікацій, а також інші споруди, що перетинаються з теплопроводами, з вертикальними відмітками.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Мета проекту

Завданням дипломного проекту є впровадження попередньоізольованого трубопроводу в системі тепlopостачання мікрорайону міста Бровари.

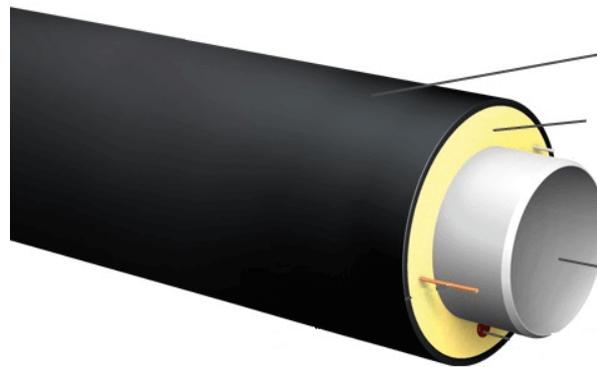
Метою дипломного проекту є:

- визначення витрати теплоти на опалення, гаряче водopостачання та вентеляції у мікрорайоні;
- побудова годинного графіку витрати теплоти;
- побудова графіку втрати теплоти від тривалості різних температур зовнішнього повітря;
- визначення розрахункових витрат теплоносія для теплової мережі;
- визначити гідравлічний розрахунок трубопроводів теплової мережі;
- трасування теплової мережі мікрорайону;
- вибір будівельної конструкції теплової мережі.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Попередньо ізольовані пінополіуретаном труби

Конструкція виробу складається зі сталеві труби, шару пінополіуретану (далі ППУ) і гідрозахисної оболонки. Труби оснащують системою оперативного дистанційного контролю (СОДК): система, призначена для контролю стану теплоізоляційного шару ППУ попередньо ізольованих трубопроводів і виявлення ділянок із підвищеною вологістю ізоляції. Гідрозахисна оболонка виготовляється з поліетилену або оцинкованої сталі.

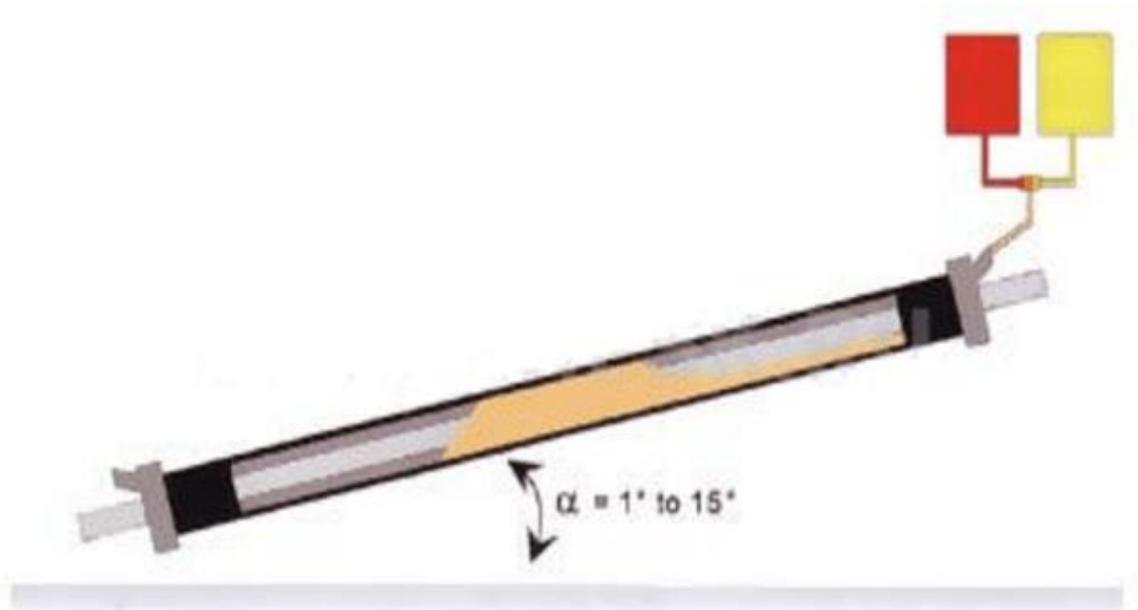


Технологія виробництва

Існує п'ять способів виробництва попередньо ізольованих труб:

1. заливка зверху;
2. заливка знизу;
3. заливка по центру;
4. заливка зворотним ходом;
5. заливка з протяжкою.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



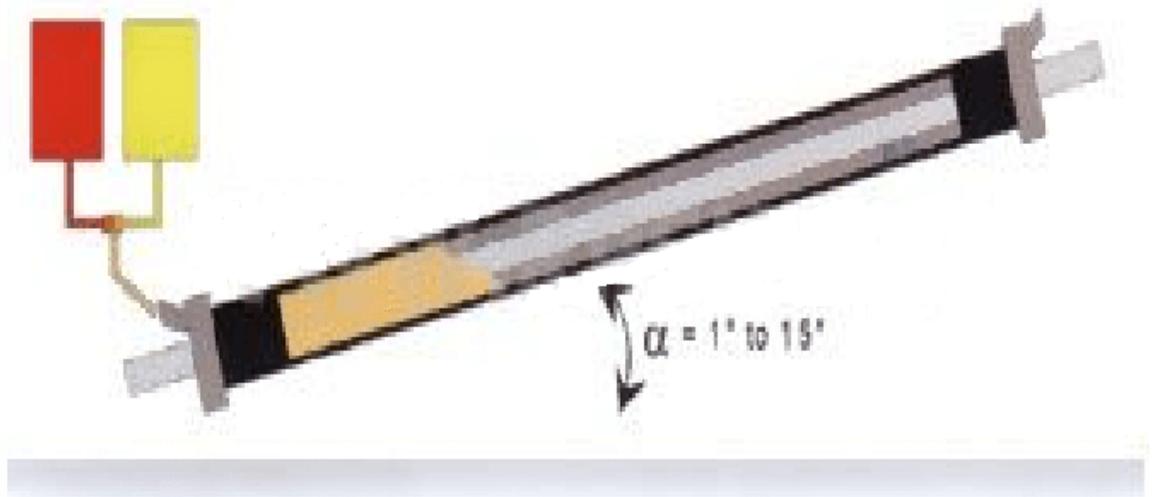
(рис. 1)

Заливка зверху

На першому етапі сталеву трубу піддається дробеметній, щітковій або дробоструминній обробці. Така обробка очищає метал від іржі і робить поверхню шорсткою, що посилює адгезію ППУ з трубою і зводить ризик відшарування до мінімуму. Далі трубу підігрівають до 30 °С. Надягають на неї центруючі опори, в які вставляють провідник індикатор системи дистанційного контролю, потім слідує гідрозахисна оболонка і фланці на краї. У фланцях роблять спеціальні отвори для заливки труби і виходу повітря.

На другому етапі трубу встановлюють під потрібним кутом від 1 до 15 градусів, на спеціальному столі для заливки. Через отвір у верхньому фланці подають суміш поліольного та ізоціанатного компонентів. Під дією сили тяжіння суміш стікає вниз по трубі, швидкість стікання залежить від кута, на який піднята труба. З початком розширення піни труба заповнюється від центру до кінців. Технологічні отвори закривають, трубу витримують час, необхідний для полімеризації ізолюючого шару. Потім фланці знімають, труба готова.

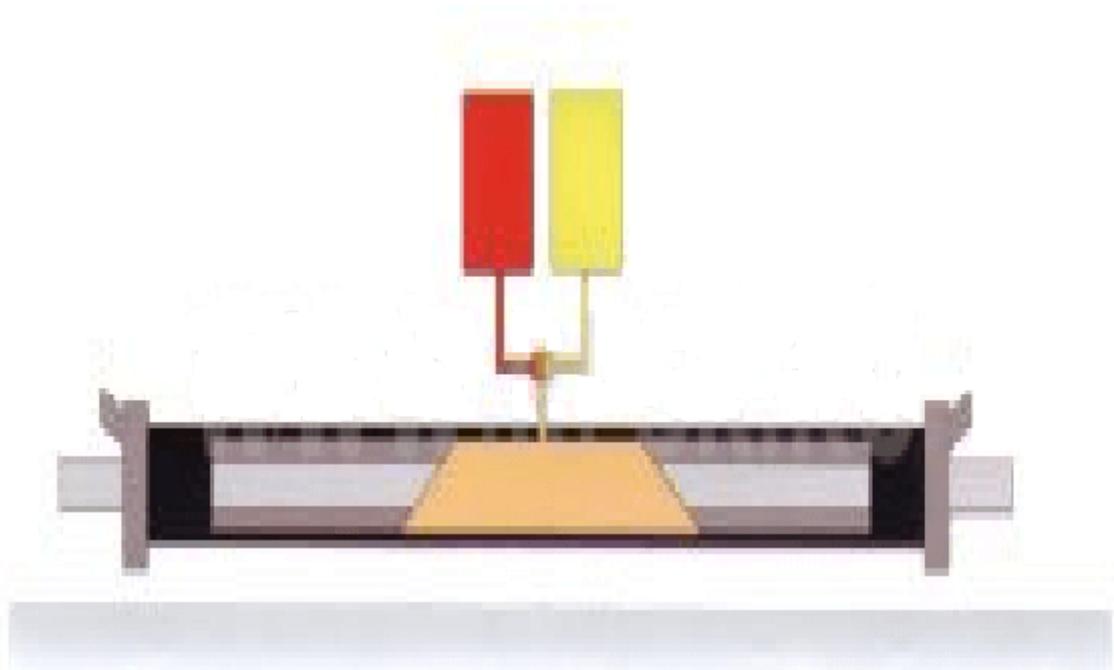
					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



(рис. 2)
Заливка знизу

Необхідна кількість суміші подається через технологічний отвір у нижньому фланці, піна починає розширюватися, заповнюючи трубу. Виміщене повітря виходить в отвір на верхній кришці, який закривають, коли піна досягне його.

Плюс методу в простоті. Мінус у тому, що піна проходить всю довжину труби, витрата компонентів більша. Щільність ППУ вгорі і внизу труби різна.



(рис. 3)

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Заливка по центру

Трубу кладуть горизонтально і вводять суміш компонентів в отвір по центру труби, як показано на рис. 3. Шлях піни зменшується до половини труби, але з'являється ризик захоплення повітря, яке видаляється через отвори в бічних фланцях.



(рис. 4)

Заливка зворотнім ходом.

Трубу встановлюють горизонтально. У цьому методі використовують заливальну машину, у якій змішувальна головка розташована на кінці штока (рис. 4). Шток вводять, розташовуючи головку в дальньому кінці труби. Починається заливка піни, і шток безперервно висувається, рівномірно розподіляючи піну по довжині труби. Розмір змішувальної головки для проходу в міжтрубний простір має бути мінімальним. Це обмежує використання методу для труб малого діаметра.



(рис. 5)

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заливка з протяжкою.

Трубу встановлюють горизонтально. Наносять піну на паперову мембрану і протягують у міжтрубному просторі. Властивості ППУ при цьому будуть однакові по всій довжині. Метод дає змогу заповнювати довгі й вузькі труби. Мінус - мембрана залишається всередині труби, негативно впливаючи на адгезію.

У ППУ-трубі незмінною залишається сама металева труба та пінополіуретанова піна. Товщина стінки сталеві труби в теплових мережах може бути від 3 мм до 12 мм. Товщина піни від 26 мм до 90 мм. Товщина оболонки із поліетилену (чорна) від 3 мм до 40 мм, оцинкованої (сіра) від 0,55 мм до 1 мм. Все залежить від діаметра сталеві основної труби. Розрізняються труби у ППУ типом захисного покриття. Крім того, є окремий різновид з кабелем, що гріє, який дає можливість транспортувати рідину в умовах мінусової температури навколишнього середовища. Труби в ППУ мають спеціальне маркування, залежно від особливостей:

- ПЕ – поліетиленовий кожух;
- ОЦ – кожух з оцинкованої сталі;
- ПЕ-У або (ПЕ-Б) – поліетиленова оболонка посилена накладними кільцями-банджами;
- СОДК – (система оперативного дистанційного контролю) додається після позначення кожуха, означає що в ізоляції (піні) проходять два мідні дроти, які дозволяють підключити до теплотраси спеціальні прилади (мегаомметр та рефлектометр), та дізнатися, чи є вода в ізоляції та в якому саме місці сталося намокання, щоб не перекопувати і не розкривати всю теплотрасу, а усувати проблему локально.

Попередньо ізольовані пінополіуретаном труби широко використовують для облаштування опалювальних систем централізованого та локального теплопостачання, а також систем водопостачання холодною та гарячою водою. Потреба обумовлена поліпшеними експлуатаційними характеристиками. Порівняно з іншими подібними виробами вони мають такі переваги:

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Високі теплоізоляційні властивості.** У пінополіуретану, що використовується в якості утеплювача, теплопровідність не перевищує 0,030 Вт/м*К. Це найнижчий показник серед усіх матеріалів, які можуть застосовуватись для утеплення трубопроводів. Тому тепловтрати знижуються до 1-2%. Для порівняння, у старих трубопроводах тепловтрати сягають 25-30%.
- **Довговічність.** Шар ізоляції та зовнішній кожух виключають вплив факторів довкілля на метал. Тобто, вони є антикорозійним захистом та захистом від механічних пошкоджень, завдяки чому термін служби виробів досягає 30 років і більше.
- **Дистанційна діагностика.** Наявність системи ОДК дає можливість своєчасно виявляти дефекти і тим самим запобігати виникненню серйозних аварійних ситуацій.
- **Швидкий монтаж.** Безканальне прокладання дозволяє зменшити обсяг земляних робіт і обійтись без влаштування дренажних мереж. Ці фактори не лише скорочують терміни монтажу, а й знижують вартість прокладання трубопроводу.

Характеристика труб

Зовнішній діаметр сталевих труб від 32 до 1420 мм. Довжина сталевих труб для діаметрів не більше 219 мм від 8 до 12 м, діаметром 273 мм і вище - від 10 до 12 м.

Попередньоізольовані труби обов'язково проходять контроль ВТК. Перевіряють щільність піни, коефіцієнт теплопровідності, щільність під час стиснення, водопоглинання, міцність на зсув і радіальну повзучість теплоізоляції. У розрізі ППУ повинен мати однорідну замкнуту дрібнопористу структуру. Порожнечі (каверни) розміром понад 1/3 товщини теплоізоляційного шару не допускаються.

Умови зберігання і транспортування готових труб

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Механічні пошкодження, поздовжній вигин, деформації, забруднення не допускаються. Забороняється скидання, скочування, зіткнення труб, волочіння по землі. Перевезення труб здійснюють залізничним, водним або автомобільним транспортом відповідно до правил перевезення вантажів, що забезпечують збереження ізоляції і виключають виникнення поздовжнього прогину. Вантажно-розвантажувальні роботи здійснюють в інтервалі температур, зазначених для проведення будівельно-монтажних робіт, але не нижче:

- 18 °С - для труб із поліетиленовою оболонкою;
- 50 °С - для труб зі сталеву захисною оболонкою.

Область застосування

Труби попередньо ізолювані ППУ використовують для підземного прокладання теплових мереж (у поліетиленовій оболонці - безканальним способом, в оболонці з оцинкованої сталі - у прохідних каналах і тунелях) та наземного прокладання теплових мереж (для труб з покриттям з оцинкованої сталі). За погодженням із проектною організацією, допускається застосування ізолюваних труб у поліетиленовій оболонці в непрохідних каналах.

Переваги труб, попередньо ізолюваних ППУ:

- Коефіцієнт теплопровідності ППУ від 0,025 до 0,033 Вт/(м К) зводить тепловтрати труби до мінімуму;
- Ізоляція ППУ не має швів та зазорів;
- Термін експлуатації із збереженням заявлених властивостей – 30 років;
- Водонепроникність;
- Сталева труба надійно захищена шаром ППУ від корозії, агресивних середовищ, грибків; плісняви та мікроорганізмів;
- Можливість використання при температурі до 150 °С;
- ППУ відноситься до слабогорючих речовин, тому горіти такі труби будуть лише за наявності джерела полум'я;
- Простота в обслуговуванні;
- Щільність жорсткого ППУ від 60 кг/м³;

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Забезпечують стійкість виробу до механічного впливу.

Використання попередньо ізолюваних труб дозволяють знизити втрати тепла в 2-2,5 рази, порівняно зі старими моделями трубопроводів, передавати тепло на далекі відстані без втрат, а також знизити капітальні, експлуатаційні та ремонтні категорії витрат.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						12
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.3 Вибір даних клімату

Для міста міста Бровари згідно кліматичними даними характерне наступне:

- температура зовнішнього повітря, яка використовується для розрахунків у проектуванні опалення – $t_{30} = -22^{\circ}\text{C}$;
- температура зовнішнього повітря, що використовується для проектування вентиляції – $t_{3в} = -10^{\circ}\text{C}$;
- середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального періоду – $t_{сеп} = -1,1^{\circ}\text{C}$;
- тривалість опалювального періоду – $n_{оп} = 187$ днів;
- тривалість стійкості температури зовнішнього повітря (табл. 1):

Табл. 1 – Тривалість стояння температур зовнішнього повітря

Температура зовнішнього повітря $^{\circ}\text{C}$	-34,9...-30	-29,9...-25	-24,9...-20	-19,9...-15	-14,9...-10	-9,9...-5	-4,9...-0	0,1...+5	+5,1...+5	Всього
Число годин стояння	1	4	31	130	336	627	1225	1480	654	4488

- температура зовнішнього повітря, яка використовується для розрахунків у проектуванні опалення – $t_{30} = -22^{\circ}\text{C}$;
- температура зовнішнього повітря, що використовується для проектування вентиляції – $t_{3в} = -10^{\circ}\text{C}$;
- середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального періоду – $t_{сеп} = -1,1^{\circ}\text{C}$;
- тривалість опалювального періоду – $n_{оп} = 187$ днів;

тривалість стійкості температури зовнішнього повітря

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.4 Характеристика об'єкту теплопостачання

Теплова мережа має структуру двотрубної замкненої системи з тупиковим розміщенням і без використання каналів. Абоненти підключаються до цієї мережі через елеватор.

Означає, що теплообмінники для приготування гарячої води розташовані окремо для кожного абонента і підключені за паралельною схемою. У такій схемі гаряча вода, яка подається до кожного абонента, нагрівається через окремий теплообмінник, що забезпечує індивідуальне обслуговування кожного користувача і ефективне використання теплової енергії.

Компенсація температурних деформацій здійснюється за допомогою П-подібного компенсатора, сальникового компенсатора і ділянок самокомпенсації. У місцях відводів на магістральному трубопроводі встановлено теплофікаційні камери, обладнані запірною арматурою. Характеристики житлового мікрорайону міста Бровари виписую в табличній формі (табл. 2)

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2 – Характеристика забудови мікрорайону

№	Назва будівлі	Кількість будинків	Кількість поверхів	Площа забудови	Житлова площа
1	Житловий будинок	22	5	921	2427
2	Житловий будинок	10	9	2400	6040
3	Школа на 960 учнів	1	3	2125	-
4	Дитячий садок на 280 дітей	3	2	1488	-
5	Кінотеатр	1	2	835	-
6	Магазин на 36 робочих місць	2	1	640	-
7	Палац культури на 800 осіб	1	2	1150	-

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення витрати теплоти на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання у мікрорайоні

Теплові навантаження на опалення визначають по питомому збільшеному показнику.

Об'єм будівлі визначаю за формулою:

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

де $F_{\text{заб}}$ – площа забудови будівлі, м²;

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

h – висота поверху .

Витрати тепла на опалення Q_0 , визначаю за формулою:

$$Q_0 = q_0 \cdot V_3 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{зо}}) \cdot \eta, \quad (2)$$

де q_0 – питома опалювальна характеристика, Вт/м³°С, залежить від призначення будівлі та її об'єму [3];

V_3 – об'єм будівлі по зовнішньому заміру, м³;

$t_{\text{в}}$ – температура внутрішнього повітря, °С;

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

η – поправочний коефіцієнт на теплову характеристику, що залежить від розрахункової температури зовнішнього повітря. Згідно [3] $\eta=1,14$.

Витрати тепла на вентиляцію $Q_{\text{в}}$, визначаю за формулою:

$$Q_{\text{в}} = q_{\text{в}} \cdot V_3 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{зв}}) \quad (3)$$

де $q_{\text{в}}$ – питома вентиляційна характеристика, Вт/м³°С [1];

V_3 – об'єм будівлі по зовнішньому заміру, м³;

$t_{\text{в}}$ – температура внутрішнього повітря, °С;

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{зв}$ – розрахункова для вентиляції температура зовнішнього повітря, °С;

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

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

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

де m – кількість споживачів гарячої води;

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

$\rho = 1 \text{ кг/л}$ – густина води;

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

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

$t_{х}$ – температура холодної води, °С;

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

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

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

де κ_2 – коефіцієнт годинної нерівномірності $\kappa_2 = 2,1 - 2,4$.

Подальший розрахунок виконую аналогічно та записую в таблицю 3

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3 – Вихідні дані для розрахунків мікрорайону

№ з/п	Призначення будівлі	$t_в, ^\circ\text{C}$	$V_з, \text{м}^3$	$q_о, \text{Вт}/^\circ\text{Cм}^3$	$q_в, \text{Вт}/^\circ\text{Cм}^3$	$a, \text{л/доб}$
1	Житловий будинок	18	13185	0,46	-	105
2	Житловий будинок	18	64800	0,46	-	105
3	Школа на 960 учнів	16	19125	0,38	0,08	6
4	Дитячий садок на 280 дітей	20	8928	0,4	0,12	30
5	Кінотеатр	14	5010	0,37	0,45	-
6	Магазин на 36 робочих місць	15	1920	0,44	-	-
7	Палац культури на 800 осіб	15	6900	0,38	0,09	-

1. Приклад для розрахунку житлового будинку:

$$V_з = 921 \cdot 5 \cdot 3 = 13815 \text{ м}^3;$$

$$Q_о = 0,46 \cdot 13815 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1,14 = 289,783 \text{ кВт};$$

$$Q_в = 289,783 \cdot 22 = 6331,226 \text{ кВт};$$

$$m = 2427 \div 14 = 173;$$

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{4,2 \cdot 173 \cdot 1 \cdot 105 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 24} = 48,56 \text{ кВт};$$

$$Q_{гв}^{ср} = 48,56 \cdot 22 = 1068,32.$$

2. Приклад для розрахунку житлового будинку:

$$V_з = 2400 \cdot 9 \cdot 3 = 64800 \text{ м}^3;$$

$$Q_о = 0,46 \cdot 64800 \cdot (15 - (-22)) \cdot 1,14 = 1359,244 \text{ кВт};$$

$$Q_в = 1359,244 \cdot 10 = 13592,4 \text{ кВт}.$$

3. Приклад для розрахунку школи на 960 дітей:

$$V_з = 2125 \cdot 3 \cdot 3 = 19125 \text{ м}^3;$$

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_0 = 0,38 \cdot 19125 \cdot (16 - (-22)) \cdot 1.14 = 314,828 \text{ кВт};$$

$$Q_B = 0,08 \cdot 19125 \cdot (16 - (-10)) = 39,78 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = \frac{4,2 \cdot 960 \cdot 1 \cdot 6 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 10} = 36,96 \text{ кВт}.$$

4. Приклад для розрахунку дитячого садку на 280 дітей:

$$V_3 = 1488 \cdot 2 \cdot 3 = 8928 \text{ м}^3;$$

$$Q_0 = 0,4 \cdot 8928 \cdot (20 - (-22)) \cdot 1.14 = 170,989 \text{ кВт};$$

$$Q_B = 0,12 \cdot 8928 \cdot (20 - (-10)) = 32,14 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = \frac{4,2 \cdot 280 \cdot 1 \cdot 30 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 24} = 22,45.$$

Подальші результати записую в таблиці 4

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4 – Розрахунок теплових навантажень для мікрорайону

№ з/п	Назва будинку	Q _о , МВт	Q _в , МВт	Q _{гв} , МВт	Q _{гв} ^{max} МВт
1	2	3	4	5	6
1	Житловий будинок	6331,226	-	1068,32	2563,968
2	Житловий будинок	13592,44	-	1209,9	2903,76
3	Школа на 960 учнів	314,828	39,78	36,96	88,7
4	Дитячий садок на 280 дітей	512,694	96,42	67,35	161,64
5	Кінотеатр	76,075	54,1	-	-
6	Магазин на 36 робочих місць	71,266	-	-	-
7	Палац культури на 800 осіб	110,595	39,5	-	-
	Всього	21009,12	229,8	2382,53	5718,06

Теплове навантаження для мікрорайону становить:

$$Q_{\text{кот}} = 21009,12 + 229,8 + 5718,06 = 26956,98 \text{ кВт} = 26,96 \text{ МВт}.$$

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Годинні витрати теплоти

Графік витрати теплоти дозволяє регулювати подачу теплоти споживачам залежно від температури зовнішнього повітря. Створюють графік споживання тепла для всього мікрорайону міста. .

Витрата теплоти на опалення при температурі зовнішнього повітря t_3 буде:

$$Q_o = Q_o \cdot \frac{t_B - t_3}{t_B - t_{3o}}, \quad (6)$$

де Q_o – розрахункова витрата теплоти на опалення, МВт (табл. 2.1.2);

t_3 - витрата тепла на вентиляцію також залежить від температури оточуючого повітря, яка може бути в межах від +8 до t_{3v} {зв} t_{3v} , і від будь-яких відхилень цієї температури.

$$Q_B = Q_B \cdot \frac{t_B - t_3}{t_B - t_{3B}}. \quad (7)$$

Коли температура оточуючого повітря нижче t_{3v} , витрата тепла на вентиляцію відповідає розрахунковій на годину.

Витрата тепла на гаряче водопостачання в опалювальний період залишається постійною і не залежить від температури зовнішнього повітря. Розрахунок теплових навантажень виконується згідно з табличною формою 5, яка враховується в процесі планування.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5 – Теплові навантаження залежно від температури зовнішнього повітря

$t_3, ^\circ\text{C}$	$Q_o, \text{кВт}$	$Q_b, \text{кВт}$	$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}}, \text{кВт}$	$\Sigma Q, \text{кВт}$
+8	5252,28	82,07	1906,02	7240,37
+5	6827,96	106,69		8840,67
0	9454,1	147,72		11507,84
-5	12080,24	188,76		14175,02
-10	14706,38	229,8		16842,2
-15	17332,52	229,8		19468,34
-20	19958,66	229,8		22094,48
-22	21009,12	229,8		23144,94

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

$$Q_o = 21009,12 \cdot \frac{18-8}{18-(-22)} = 5252,28 \text{ кВт}$$

2) Приклад розрахунку витрати теплоти на вентиляцію при $t_b = +8 ^\circ\text{C}$:

$$Q_b = 229,8 \cdot \frac{18-8}{18-(-10)} = 82,07 \text{ кВт}$$

3) Приклад розрахунку витрати теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = 2382,53 \cdot \frac{55-15}{55-5} = 1906,02 \text{ кВт}$$

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

$$\Sigma Q = 5252,28 + 82,07 + 1906,02 = 7240,37 \text{ кВт}$$

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Графік витрати теплоти від тривалості різних температур зовнішнього повітря

Графік витрати теплоти за тривалістю дає змогу визначити річну витрату теплоти і планувати завантаження обладнання.

Для побудови графіка за тривалістю використовують сумарний графік витрати тепла і тривалість стояння температур зовнішнього повітря згідно з таблицею 6.

Таблиця 6 – Число стояння температури зовнішнього повітря [1]:

$t_3, ^\circ\text{C}$	-22	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
Число годин стояння	5	36	166	502	1129	2354	3834	4488

Витрата теплоти на ГВП в літній час $Q_{зв}^{cp.l}$ визначають за формулою:

$$Q_{зв}^{cp.l} = Q_{зв}^{cp} \cdot \frac{60 - t_{x.l}}{60 - t_x}, \quad (8)$$

$$Q_{зв}^{cp.l} = 2382,53 \frac{60 - 15}{60 - 5} = 1906,02 \text{ MВт}$$

де $t_{x.l}$ – температура холодної водопровідної води в літній період, $t_{x.l} = 15^\circ\text{C}$; $Q_{зв}$ – температура холодної водопровідної води в опалювальний період, $t_x = 5^\circ\text{C}$;

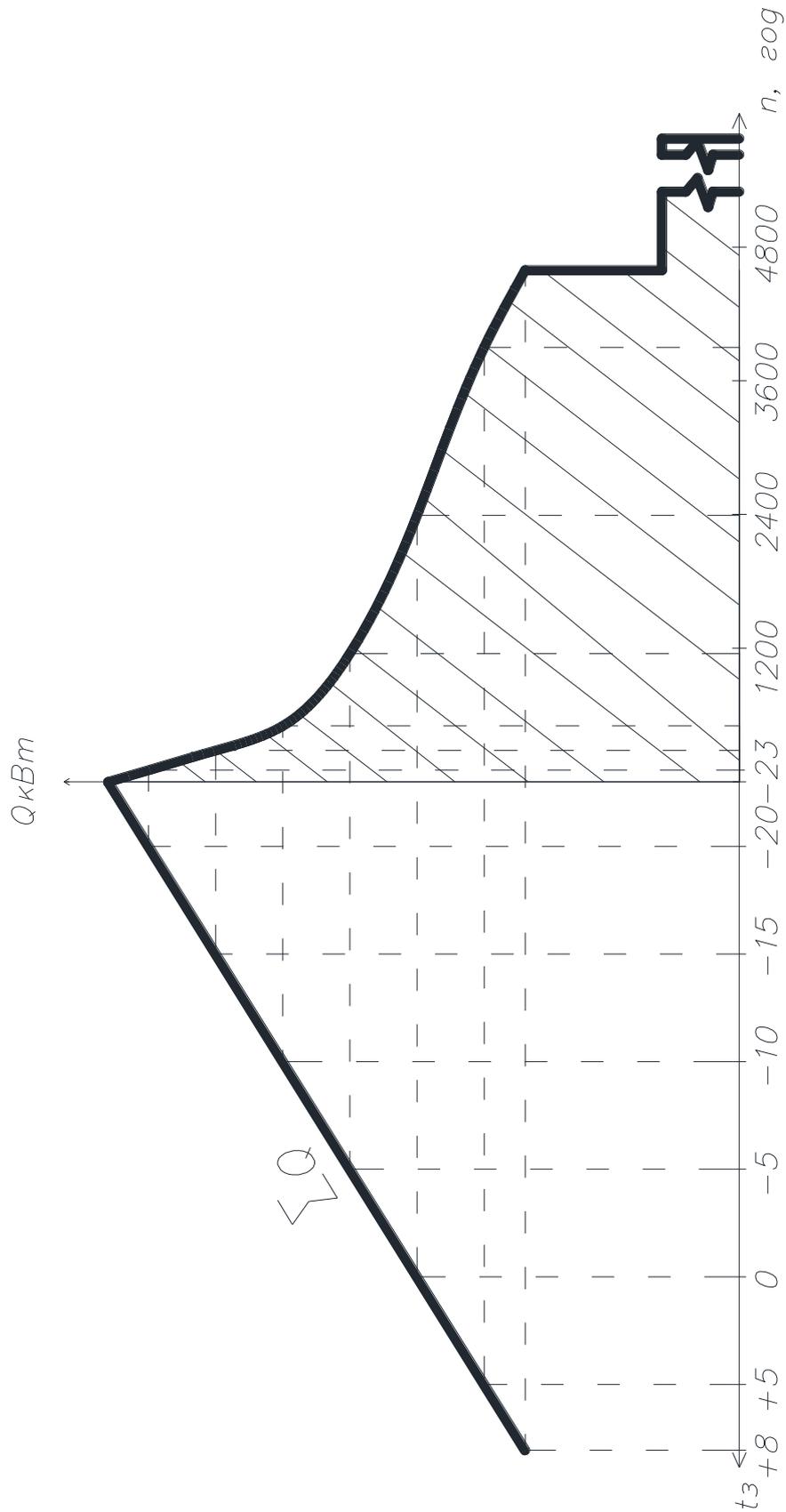


Рисунок 1 – Графік Россандера

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

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

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

$$Q_{Г.В}^{год} = Q_{ГВ}^{cp} \cdot 3600 n_o + Q_{ГВ}^{cp.л} \cdot 3600 \cdot (8760 - n_o) \quad (14)$$

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

1) Розрахунок середньо-годинної витрати тепла на опалення:

$$Q_o^{cp} = 21,009 \cdot \frac{18 - (1,1)}{18 - (-22)} = 10,031 \text{ МВт};$$

2) Розрахунок річної витрати тепла на опалення:

$$Q_o^{рiч} = 10,031 \cdot 3600 \cdot 187 \cdot 24 = 162068,86 \text{ ГДж};$$

3) Розрахунок середньо-годинної витрати тепла на вентиляцію:

$$Q_B^{cp} = 0,229 \cdot \frac{18 - (-1,1)}{18 - (-10)} = 0,156 \text{ МВт};$$

4) Розрахунок річної витрати теплоти на вентиляцію:

$$Q_B^{рiч} = 0,229 \cdot 8 \cdot \frac{3600 \cdot 4488}{24} + 0,156 \cdot 8 \cdot \frac{3600 \cdot (4488 - 501)}{24} = 1979,48 \text{ ГДж};$$

5) Річна витрата тепла на гаряче водопостачання:

$$Q_{ГВ}^{рiч} = 2,38 \cdot 3600 \cdot 4488 + 1,9 \cdot 3600 \cdot (8760 - 4488) = 67673,66 \text{ ГДж};$$

6) Розрахунок річної витрати тепла:

$$Q^{рiч} = 162068,86 + 1979,48 + 67673,66 = 231722 \text{ ГДж}.$$

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Опалювальний графік температур теплоносія

Температурний графік тепломережі показує розраховані належним чином параметри теплоносія опалювальних систем для поточних температур зовнішнього повітря. Параметри теплоносія показують температуру мережної води в трубопроводі, що подає і зворотному, а температура зовнішнього повітря обчислюється як її середньодобове значення.

Практичне значення температурного графіка магістральної або місцевої тепломережі полягає в тому, що він враховує не тільки середньодобові температури зовнішнього повітря, а й тепловтрати будівель, тип встановлених опалювальних приладів і напрямок потоку теплоносія в цих приладах.

Графіки температури для місцевих або магістральних теплових мереж розраховуються для конкретного населеного пункту з централізованою системою опалення та дозволяють оптимізувати її роботу, а також дотримуватись необхідних кліматичних режимів опалювальних приміщень у відповідність до нормативних технологічних умов.

Також температурні графіки є основою для налаштування керуючої автоматики систем опалення, оскільки процес регулювання за кліматичними параметрами всередині будівель не враховує особливості кожного приміщення.

Нормальним графіком центральних теплових мереж прийнято називати криву регулювання системи опалення, яка не враховує потреб споживачів у гарячій воді. Для теплових мереж із забезпеченням гарячої води складають підвищений графік, який враховує сумарне навантаження теплової мережі на опалення та подачу гарячої води.

З метою оптимізації опалення будівель та споруд розробляють скоригований графік теплових мереж, який додатково до потужностей на опалення та гарячу воду, враховує сумарні втрати тепла на трубах теплоцентралей при проходженні теплоносія від джерела споживача.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунку графіків враховуються такі характеристики будівель або споруд та систем для їх обігріву:

- мінімальна та максимальна зовнішня температура для даної місцевості в градусах Цельсія;
- нормована нормативними документами температура повітря всередині приміщень в градусах Цельсія;
- теплопровідність зовнішніх стін або розрахункові (фактичні) тепловтрати будівлі у Гкал/годину;
- коефіцієнт тепловіддачі встановлених опалювальних приладів.

Тепловтрати будівлі та ефективність встановлених опалювальних приладів обчислюють за спеціальними програмами чи формулами, що наводяться у профільній літературі.

Чим менша температурна різниця прямої та зворотної води, тим більший ступінь утеплення будівель і краще теплова віддача опалювальних приладів.

В основі якісного центрального регулювання має бути використаний опалювальний графік температур теплоносія. Опалювальний графік застосовується за паралельної схеми підключення теплообмінників або двоступеневої змішаної. У цьому дипломному проєкті передбачено закриту теплову мережу з паралельною схемою підключення теплообмінників, що означає, що режим регулювання здійснюється згідно з опалювальним графіком температур теплоносія.

Для створення опалювального графіка визначають температуру теплоносія в падаючому трубопроводі теплової мережі за кількох різних значень температури зовнішнього повітря t_z . Значення t_z заздалегідь задаються у діапазоні від $+8^\circ\text{C}$ до t_{z0} .

$$\tau_1 = t_e + (\tau_{np.o} - t_e) \cdot \overline{Q_o^{0,8}} + (\tau_{1o} - \tau_{np.o}) \cdot \overline{Q_o}, \quad (15)$$

$$\tau_1 = 18 + (82,5 - 18) \cdot 0,25^{0,8} + (150 - 82,5) \cdot 0,25 = 56,15^\circ\text{C},$$

Паралельно температуру визначають в зворотному трубопроводі при температурі t_3 :

$$\tau_2 = \tau_1 - (\tau_{1o} - \tau_{2o}) \cdot \overline{Q_o}, \quad (16)$$

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_2 = 56,15 - (150 - 70) \cdot 0,25 = 36,15^\circ C,$$

де t_b – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С; τ_{1o}, τ_{2o} - температура теплоносія відповідно в падаючому і зворотному трубопроводах теплової мережі при t_{3o} ; $\tau_{np.o}$ - середня температура теплоносія в нагрівальних приладах системи опалення, визначається за формулою:

$$\tau_{np.o} = \frac{\tau_{3m} + \tau_{2o}}{2}, \quad (17)$$

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

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\tau_{зм}$ - температура теплоносія в падаючому трубопроводі системи опалення і відносна витрата тепла на опалення при зовнішній температурі t_3 - це параметри, які враховуються в процесі проектування систем опалення для забезпечення ефективної роботи при будь-яких умовах зовнішнього середовища. \overline{Q}_o - відносна витрата тепла на опалення при температурі зовнішнього повітря t_3 ,

$$\overline{Q}_o = \frac{t_g - t_3}{t_g - t_{30}}, \quad (18)$$

$$\overline{Q}_o = \frac{18 - 8}{18 - (-22)} = 0,25,$$

Розрахунок температури теплоносія записую в табличній формі (табл.7).

Таблиця 7 – Розрахунок температури теплоносія

Параметри	Температура зовнішнього повітря t_3 °C							
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-20	-22
\overline{Q}	0,25	0,325	0,45	0,575	0,7	0,825	0,95	1,0
τ_1	56,15	66,18	88,42	98,24	113,73	128,98	144,03	150
τ_2	36,15	40,18	46,42	52,24	57,73	62,98	68,03	70

Температура теплоносія в закритій системі теплової мережі не має знижуватись нижче 70 градусів Цельсія.

2.5.1 Підвищений графік температур теплоносія для закритої мережі

На початковій стадії розрахунку режиму центрального регулювання, враховуючи загальне навантаження від систем опалення та гарячого водопостачання, використовують для зниження розрахункових обсягів витрат в тепловій мережі.

Цей підхід особливо ефективний для закритої теплової мережі з двоступеневою послідовною схемою підключення теплообмінників.

На першому етапі розрахунку визначають сумарний перепад температур мережевої води в обох щаблях за формулою, що враховує різницю температур на вході і виході з кожного ступеня теплообмінника.

$$\delta = \frac{Q_{\text{ГВ}}}{Q_o} \cdot (\tau_{10} - \tau_{20}), \quad (19)$$

$$\delta = \frac{2,38}{21,004} \cdot (150 - 70) = 9,04 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В першій ступені:

$$\delta'_I = \frac{Q_{\text{ГВ}}}{Q_o} \cdot \frac{t'_\Pi - t_x}{t_\Gamma - t_x} (\tau_{10} - \tau_{20}), \quad (20)$$

$$\delta'_I = \frac{2,38}{21,004} \cdot \frac{35 - 5}{60 - 5} \cdot (150 - 70) = 4,93 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де $t'_n = \tau'_{2-5} = 40 - 5 = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В другій ступені: $^\circ\text{C}$

$$\delta'_\Pi = \delta - \delta'_I, \quad (21)$$

$$\delta'_\Pi = 9,04 - 4,93 = 4,11 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходжу температуру мережної води в подаючому трубопроводі:

$$\tau'_{1п} = \tau'_1 + \delta'_{II}, \quad (22)$$

$$\tau'_{1п} = 70 + 4,11 = 74,11 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Зворотньому:

$$\tau'_{2п} = \tau'_2 - \delta'_I, \quad (23)$$

$$\tau'_{2п} = 40 - 4,93 = 35,07 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Знаходжу $\tau_{1п}$ і $\tau_{2п}$ при температурі зовнішнього повітря $t_{н} = +5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Перепад температур мережної води в першій ступені:

$$\delta_I = \delta'_I \cdot \frac{\tau'_2 - t_x}{\tau'_2 - t_x}, \quad (24)$$

$$\delta_I = 4,93 \cdot \frac{35,07 - 5}{40 - 5} = 4,81 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В другій ступені:

$$\delta_{II} = \delta - \delta_I, \quad (25)$$

$$\delta_{II} = 9,04 - 4,23 = 4,81 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Розраховую температуру в подаючому трубопроводі:

$$\tau_{1п} = \tau_1 + \delta_{II}, \quad (26)$$

$$\tau_{1п} = 56,15 + 4,81 = 60,96 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В зворотньому:

$$\tau_{2п} = \tau_2 - \delta_I, \quad (27)$$

$$\tau_{2п} = 36,15 - 4,23 = 31,92 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Аналогічно розраховую температуру для інших температур та записую в табличній формі (табл. 8).

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8 – Температура теплоносія в подаючому і зворотньому трубопроводі

Параметри	Температура зовнішнього повітря							
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-20	-22
$\tau_{1п}, ^\circ\text{C}$	61,38	70,99	86,53	101,64	116,43	130,97	145,32	151,01
$\tau_{2п}, ^\circ\text{C}$	32,34	35,95	41,49	46,6	51,39	55,93	60,25	61,97

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2.6 Визначення розрахункових витрат теплоносія для теплової мережі

Теплова мережа – це система трубопроводів та теплопроводів, призначених для постачання споживача тепловою енергією.

До складу теплових мереж включені трубопроводи теплових мереж, камери, павільйони, будівлі та споруди (наприклад, котельні), дренажні та інші технічні пристрої.

Види теплових мереж різняться за типом укладання, за типом теплоносія та за схемами проектування. Також під видами теплових мереж іноді розуміють типи трубних систем. Типи трубних систем розрізняються не методом або способом укладання, а кількістю труб в одній теплотрасі: 2-трубні, 3-трубні, 4-трубні системи і т.д. Тип трубної системи – лише окрема конкретна характеристика будь-якого типу теплової мережі. Двох і тритрубна система може застосовуватися при будь-якому типі теплової мережі, про які йтиметься нижче.

- За типом укладання:



Рис. 2.6.1 Повітряні теплові мережі (надземні).

Залежно від типу прокладання мереж, теплові мережі поділяються на повітряні (надземні) та підземні.

Повітряні теплові мережі має поширення в районах з рухомими ґрунтами, на територіях, де укладання мереж під землю скрутне через щільну забудову або наявність вже існуючих підземних комунікацій. Трубопровід монтується на заздалегідь встановлені металеві опори.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.2.6.2 Підземні теплові мережі.

Канальний спосіб укладання.

Труби укладаються у попередньо змонтованих бетонних каналів. Такий канал захищає трубопровід від ґрунтових впливів та корозійного впливу ґрунту. Канали бувають лоткові та монолітні, що заливаються в процесі укладання.



Рис.2.6.3 Безканалний спосіб укладання.

На сьогоднішній день це є найбільш економічно вигідним способом підземного укладання. Труби укладаються безпосередньо в ґрунт, без монтажу спеціального бетонного каналу. При безканалному укладанні використовуються спеціальні труби в поліетиленовій оболонці або труби без оболонки з полівінілхлориду.

- За типом теплоносія:

Вода.

Носієм теплової енергії є вода. Особливістю водяних теплових мереж є обов'язкова кратна кількість труб, тому що крім транспортування гарячої води,

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також потрібне і відведення теплоносія. Водяні теплові мережі відрізняються кількістю трубопроводів: 2-х трубні, 4-х трубні та ін.

Пар.

Парові теплові мережі складніша інженерна споруда, оскільки пара, як носій теплової енергії гарячіша за воду і це може призвести до температурних деформацій труб. Також при проектуванні парових трубопроводів слід враховувати складнощі, пов'язані з виникненням у трубах попутного конденсату.

- За схемами проектування:

Магістральні теплові мережі

Магістральні мережі завжди транзитні та не мають відгалужень. Магістральні мережі транспортують теплову енергію від джерела до розподільчих теплових мереж. Температура теплоносія від 90 до 150 градусів. Діаметр труб від 525 мм до 1020 мм.

Розподільні теплові мережі

Розподільні теплові мережі, це ті мережі, якими тепло передається від магістральних теплових мереж безпосередньо до будинків. Діаметр труб у розподільчих мережах залежить від кількості будинків та квартир, які отримують тепло та не перевищують 525 мм. Температура у розподільчих мережах від 85 до 110 градусів.

Квартальні теплові мережі - це трубопроводи, що з'єднують конкретних споживачів тепла з розподільчою тепловою мережею всередині кварталів міської забудови.

Відгалуження

Відгалуження це ділянка теплової мережі, що приєднує тепловий пункт до магістральної теплової мережі. Або будинок, приєднаний до розподільної теплової мережі.

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

$$G_p = G_o + G_v + \kappa_3 G_{г.в.}^{сеп.}, \quad (28)$$

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $G_o, G_v, G_{ГВ.ср.}$ – відповідно розрахункові витрати теплоносія на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання; κ_3 – коефіцієнт, що залежить від теплового навантаження на ділянку. При загальному тепловому навантаженні 100 МВт і більше $\kappa_3=1,0$; при тепловому навантаженні, меншому ніж 100 МВт, але більшому за 10 МВт $\kappa_3= 1,2$. Якщо теплове навантаження менше від 10 МВт, то у формулі замість $Q_{зг}^{ср}$ підставляють $Q_{зг}^{max}$, а $\kappa_3=1,0$.

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

$$G_o = \frac{Q_{p.o}}{c(\tau_{10} - \tau_{20})}, \quad (29)$$

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

τ_{10}, τ_{20} – розрахункові температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах; 150-70 °С;

c – теплоємність води, яка становить $c = 4,2$ кДж/кг°С.

$$G_v = \frac{Q_{p.v}}{c(\tau_{1в} - \tau_{2в})}, \quad (30)$$

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

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

$$G_{зг}^{ср} = \frac{Q_{зг}^{ср}}{c(\tau_1' - \tau_3')}, \quad (31)$$

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

Виконую розрахунок витрат теплоносія та записую в табличній формі (табл.9).

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9 – Розрахунок витрати теплоносія для мікрорайону

Споживач	G_o , кг/с	G_B , кг/с	$G_{ГВ}$, кг/с	$\sum G$, кг/с
Житловий будинок	0,862	-	0,385	1,247
Житловий будинок	4,04	-	0,96	5
Школа на 960 учнів	0,936	0,152	0,293	1,381
Дитячий садок на 280 дітей	0,508	0,123	0,178	0,809
Кінотеатр	0,226	0,208	-	0,434
Магазин на 36 робочих місць	0,106	-	-	0,106
Палац культури на 800 осіб	0,329	0,152	-	0,481

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

$$G_o = \frac{289,783}{4,2 \cdot (150 - 70)} = 0,862 \text{ кг/с},$$

$$G_{гв}^{сп} = \frac{48,56}{4,2 \cdot (70 - 40)} = 0,385 \text{ кг/с}.$$

2) Приклад розрахунку витрати теплоносія, гарячого водопостачання та вентиляції дитячого садку на 280 дітей:

$$G_o = \frac{170,989}{4,2 \cdot (150 - 70)} = 0,508 \text{ кг/с},$$

$$G_B = \frac{32,14}{4,2 \cdot (118 - 56)} = 0,123 \text{ кг/с},$$

$$G_{гв}^{сп} = \frac{22,45}{4,2 \cdot (70 - 40)} = 0,178 \text{ кг/с}.$$

3) Приклад, розрахунку витрати теплоносія, гарячого водопостачання та вентиляції для школи з 960 учнями.

$$G_o = \frac{314,14}{4,2 \cdot (150 - 70)} = 0,936 \text{ кг/с},$$

$$G_g = \frac{39,78}{4,2 \cdot (118 - 56)} = 0,152 \text{ кг/с},$$

$$G_{zg}^{cp} = \frac{36,96}{4,2 \cdot (70 - 40)} = 0,293 \text{ кг/с}.$$

Так само я виконую розрахунок витрати теплоносія для інших будівель і обчислюю загальну витрату теплоносія в системі.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7 Гідравлічний розрахунок

Гідравлічний розрахунок трубопроводу – це визначення пропускної спроможності труби чи втрат напору переміщення рідини чи газу. Є методом діагностики нафтопроводів для забезпечення заданої пропускної здатності.

Підтримка пропускну здатність – збереження постійної швидкості переміщення рідини. Для цього насос повинен забезпечувати напір, який дозволить їй долати гідравлічний опір – втрати, спричинені тертям. Серед причин – місцеві опори (вентилі, вигини, повороти), різниці геометричної висоти труби та ін.

Гідравлічний розрахунок трубопроводів проводиться на основі ряду формул, у яких враховуються різні змінні: швидкість руху, в'язкість рідини; діаметр труби та ін. Опитувальний лист, що передує роботі над гідравлічним розрахунком, включає параметри:

- Характеристики трубопроводу: довжина ділянки труби, діаметр трубопроводу, матеріал, з якого він виготовлений та ін.
- Характеристики рідини, що перекачується: коефіцієнт в'язкості, щільність і витрата рідини на ділянках трубопроводу.
- Режим перекачування: швидкість руху робочого середовища в трубах, потужність насоса.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7.1 Трасування теплової мережі мікрорайону

Трасування – це процес пошуку прихованих комунікацій, як під землею, так і в різних елементах будівель, таких як стіни, підлога, перекриття і т.п. Відсутність карти прокладених під землею систем комунікацій ускладнює роботи з будівництва та ремонту різних об'єктів. Збільшується ймовірність пошкодження систем життєзабезпечення важким обладнанням та інструментом.

Трасування комунікацій необхідне для безаварійного проведення ремонтних та будівельних роіт у місцях прокладання прихованих (підземних) комунікацій, дозволяє знайти та уникнути пошкодження прокладених у ґрунті та стінах кабелів, труб та будь-яких інших інженерних мереж, оптимізуючи тим самим терміни та бюджет проведених робіт. Для виконання трасування застосовується відповідне обладнання. Замовнику надається готова схема місцевості, де підземні комунікації позначені з прив'язкою до наявних об'єктів, зазначена глибина залягання та інші дані.

Проектування теплових мереж зазвичай розпочинається з нанесення на план житлового району міста маршрутів трубопроводів.

Основні принципи, які слід враховувати при цьому, включають мінімізацію довжини трубопроводів від джерела теплопостачання до споживачів і забезпечення надійності роботи системи теплопостачання.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

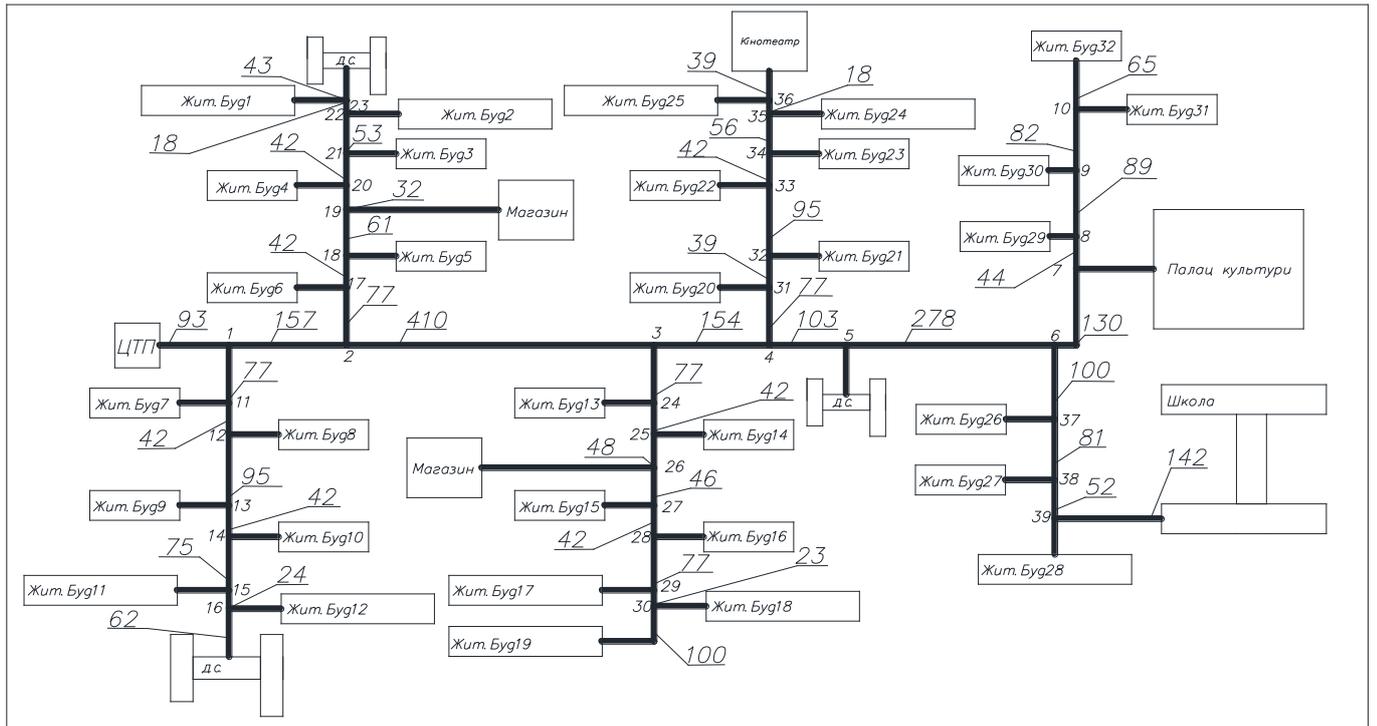


Рисунок 2 – Монтажна схема теплової мережі мікрорайону

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

2.7.2 Попередній гідравлічний розрахунок

Попередній гідравлічний розрахунок виконую в табличній формі (табл.10).

Таблиця 10– Попередній гідравлічний розрахунок

№діл	G _p кг/с	D _н x S	L, м	R, Па	M _o
1	2	3	4	5	6
Головна магістраль ЦТП-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-буд32					
ЦТП-1	82,369	406	93	12	37,7
1-2	66,572	310	157	12	48,7
2-3	50,669	259	410	12	106,2
3-4	30,575	259	154	12	39,9
4-5	15,153	207	103	12	21,3
5-6	14,344	207	278	12	57,5
6-7	5,469	150	130	12	19,5
7-8	4,988	150	44	12	6,6
8-9	3,741	125	85	12	11,1
9-10	2,494	100	82	12	8,2
10-буд32	1,247	100	65	12	6,5
Відгалудження 1-11-12-13-14-15-16-дс					
$R = R_o \cdot \frac{l_{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-буд}}{l_{1-11-12-13-14-15-16-дс}} = 43,5 \text{ Па}$					
1-11	15,797	207	77	43,5	15,9
11-12	14,55	207	42	43,5	8,7
12-13	13,303	207	95	43,5	19,7
13-14	12,056	184	42	43,5	7,7
14-15	10,809	184	75	43,5	13,8
15-16	5,809	150	24	43,5	3,6
16-дс	0,809	82	62	43,5	5,1
Відгалудження 2-17-18-19-20-21-22-23-дс					
$R = R_o \cdot \frac{l_{2-3-4-5-6-7-8-9-10-буд}}{l_{2-17-18-19-20-21-22-23-дс}} = 44,1$					
2-17	15,903	207	77	44,1	15,9
17-18	14,656	207	42	44,1	8,7
18-19	13,409	207	61	44,1	12,6
19-20	13,303	207	32	44,1	6,6

Продовження таблиці 10

20-21	12,056	184	42	44,1	7,7
21-22	10,809	184	53	44,1	9,7
22-23	5,809	150	18	44,1	2,7
23-дс	0,809	82	43	44,1	3,5
Відгалудження 3-24-25-26-27-28-29--30буд					
$R = R_o \cdot \frac{l_{3-4-5-6-7-8-9-10-б\text{уд}}}{l_{3-24-25-26-27-28-29-30-б\text{уд}}} = 24,9$					
3-24	20,094	259	77	24,9	20
24-25	18,847	207	42	24,9	8,7
25-26	17,6	207	48	24,9	10,1
26-27	17,494	207	46	24,9	9,5
27-28	16,247	207	42	24,9	8,7
28-29	15	207	77	24,9	16
29-30	10	184	23	24,9	4,2
30-буд	5	150	100	24,9	15
Відгалудження 4-31-32-33-34-35-36-кіно					
$R = R_o \cdot \frac{l_{4-5-6-7-8-9-10-к\text{іно}}}{l_{4-31-32-33-34-35-36-к\text{іно}}} = 25,9$					
4-31	15,422	207	77	25,9	16
31-32	14,175	207	39	25,9	8,1
32-33	12,928	207	95	25,9	19,7
33-34	11,681	184	42	25,9	7,7
34-35	10,434	184	56	25,9	10,3
35-36	5,434	150	18	25,9	2,7
36-кіно	0,434	82	39	25,9	3,2
Відгалудження 6-37-38-39-школа					
$R = R_o \cdot \frac{l_{6-7-8-9-10-ш\text{кола}}}{l_{6-37-38-39-ш\text{кола}}} = 13,1$					
6-37	8,875	184	100	13,1	18,4
37-38	7,628	184	81	13,1	14,9
38-39	6,381	150	52	13,1	7,8
39-школа	1,381	100	142	13,1	14,2
$\Sigma L=3210\text{м}$				$M_o=706,3$	

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

201-пНТ.10421190.БР

Арк.

44

2.7.3 Оптимальний градієнт тиску по головній магістралі

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

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

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

$$\varphi = \eta_{н.у.} \frac{(f_{м.м.} + E_n) \cdot \nu + 3,6 \cdot \pi \cdot \kappa (\tau_{ср.} - t_o) \cdot \beta \cdot n \cdot 10^{-6} \cdot B_m}{(1 + \alpha) n_{м.н} \cdot B_e}, \quad (32)$$

$$\varphi = 0,6 \cdot \frac{(0,075 + 0,12) \cdot 400 + 3,6 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot (56 - 5) \cdot 1,2 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} \cdot 1684}{(1 + 0,3) \cdot 6000 \cdot 2,5} = 0,31.$$

Визначення оптимального градієнта тиску по головній магістралі [6]:

$$R_{опт} = 26600 \cdot \left(\varphi \frac{M_o R_o^{0,19}}{G_o L} \right)^{0,84}, \quad (33)$$

$$R_{опт} = 26600 \cdot \left(0,31 \cdot \frac{1412,6 \cdot 12^{0,19}}{82,369 \cdot 3210} \right)^{0,84} = 59 \text{ Па/м},$$

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

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

G_o – розрахункова витрата теплоносія в тепловій мережі;

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

φ – коефіцієнт, який залежить від техніко-економічних показників та обладнання теплової мережі, Вт/м².

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7.4 Остаточний гідравлічний розрахунок

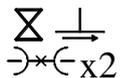
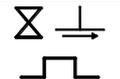
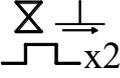
Остаточний гідравлічний розрахунок в теплових мережах виконується за наступною послідовністю кроків:

1. Вибір головної розрахункової магістралі на трасі трубопроводів, зазвичай від котельні до найбільш віддаленого споживача.
2. Визначення розрахункових витрат теплоносія на кожній ділянці мережі та їх довжину.
3. Вибір діаметрів трубопроводів на кожній ділянці на основі розрахункових витрат теплоносія, оптимальної втрати тиску (зазвичай $R_{опт} = 59 \text{ Па/м}$) та попереднього гідравлічного розрахунку.
4. Визначення питомих втрат тиску і швидкості теплоносія за допомогою таблиць для гідравлічного розрахунку теплових мереж, з умовою, що швидкість теплоносія не повинна перевищувати 3,5 м/с.
5. Розстановка відмикаючої арматури і компенсаторів на розрахунковій схемі теплової мережі.
6. Визначення еквівалентної довжини кожної ділянки на основі місцевих опорів і обчислення приведеної довжини.
7. Розрахунок втрат тиску на кожній ділянці теплової мережі.
8. Розрахунок відгалужень відповідно до розрахункового перепаду тиску.

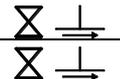
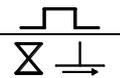
Таблиця 11– Остаточний гідравлічний розрахунок мікрорайону

№ діл	G кг/с	Дн x S	L м	R, Па	v м/сек	КМО	$L_{екв}$	$L_{пр}$	ΔP кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Головна магістраль ЦТП-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-буд $R_{опт} = 59 \text{ Па/м}$									
ЦТП-1	82,369	325x8	93	44,7	1,14		18,07	111,75	4,99
1-2	66,572	273x7	157	73,3	1,31		27,75	184,75	13,54
2-3	50,669	273x7	410	43,7	1,01		$\frac{113,4}{3}$	523,43	22,87

										Арк.
										46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	201-пНТ.10421190.БР					

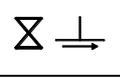
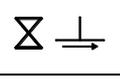
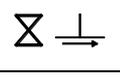
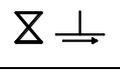
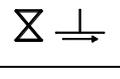
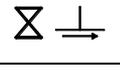
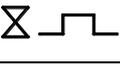
3-4	30,575	219x6	154	52,6	0,96		16,8	170,8	8,98
4-5	15,153	159x4,5	103	67,5	0,89		25,44	128,44	8,67
5-6	14,344	159x4,5	278	63	0,86		31,04	309,04	19,5

Продовження таблиці 2.7.4

6-7	5,469	106x4	130	74,8	0,72		7,15	137,15	10,26
7-8	4,988	106x4	44	64,1	0,66		4,8	48,8	3,12
8-9	3,741	89x3,5	85	106,2	0,75		11,73	100,73	10,7
9-10	2,494	89x3,5	82	46	0,49		11,73	93,73	4,31
10-буд	1,247	57x3,5	65	160,1	0,66		5,85	70,85	11,34
Всього								118,02	

Відгалуження 1-11-12-13-14-15-16-дс

$$\Delta P = 112,31 \text{ кПа} \quad R_{\text{опт}} = \frac{112,31 \cdot 10^3}{(1+0,3) \cdot 417} = 207 \text{ Па/м}$$

1-11	15,797	133x4	77	201,4	1,36		8,8	85,8	17,2
11-12	14,55	133x4	42	165,4	1,23		8,8	50,8	8,4
12-13	13,303	133x4	95	143,3	1,15		8,8	103,8	14,9
13-14	12,056	133x4	42	113,3	1,02		8,8	50,8	5,76
14-15	10,809	133x4	75	95,2	0,94		8,8	82,8	7,89
15-16	5,809	89x3,5	24	247,4	1,15		3,83	27,83	7,63
16-дс	0,809	45x2,5	62	216,1	0,66		5,85	67,85	14,6
Всього								76,38	

$$\varepsilon = \frac{112,31 - 76,88}{112,31} = 31,6\% \quad d_{\text{ш}} = 11,3 \cdot \sqrt{\frac{15,797/0,28}{\sqrt{11,2 - 7,68}}} = 62 \text{ мм}$$

Відгалуження 2-16-17-18-19-20-21-22-23-дс

					201-пНТ.10421190.БР	Арк. 47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P = 99,75 \text{ кПа } R_{\text{опт}} = \frac{99,75 \cdot 10^3}{(1 + 0,3) \cdot 368} = 209 \text{ Па/м}$$

2-17	15,903	133x4	77	201,4	1,36	$\Sigma \perp$	8,8	85,8	17,2
17-18	14,656	133x4	42	165,4	1,23	$\Sigma \perp$	8,8	50,8	8,4

Продовження таблиці 11

18-19	13,409	133x4	61	143,3	1,15	$\Sigma \perp$	8,8	67,8	9,71
19-20	13,307	133x4	32	143,3	1,15	$\Sigma \perp$	8,8	40,8	5,84
20-21	12,056	133x4	42	113,3	1,02	$\Sigma \perp$	8,8	50,8	5,76
21-22	10,809	133x4	53	95,2	0,94	$\Sigma \perp$	8,8	61,8	5,88
22-23	5,809	89x3,5	18	247,4	1,15	$\Sigma \perp$	3,83	21,83	5,4
23-дс	0,809	45x2,5	43	216,4	0,66	Σ	0,65	43,65	9,45

Всього 67,74

$$\varepsilon = \frac{99,75 - 67,74}{99,75} = 32 \% \quad d_{\text{ш}} = 11,3 \cdot \sqrt{\frac{15,907/0,28}{\sqrt{9,97 - 6,77}}} = 64_{\text{мм}}$$

Відгалуження 3-24-25-26-27-28-29-30-буд

$$\Delta P = 76,88 \text{ кПа } R_{\text{опт}} = \frac{76,88 \cdot 10^3}{(1 + 0,3) \cdot 455} = 130 \text{ Па/м}$$

3-24	20,094	159x4,5	77	120	1,18	$\Sigma \perp$ $\rightarrow \times \leftarrow$	10,86	87,86	10,54
24-25	18,847	159x4,5	42	108,3	1,12	$\Sigma \perp$	7,84	49,84	5,4
25-26	17,6	159x4,5	48	91,8	1,03	$\Sigma \perp$	7,84	55,84	5,12
26-27	17,494	159x4,5	46	91,8	1,03	$\Sigma \perp$	7,84	53,83	4,94
27-28	16,247	159x4,5	42	76,8	0,94	$\Sigma \perp$	7,84	49,84	3,82
28-29	15	133x4	77	177	1,28	$\Sigma \perp$	6,6	83,6	14,79
29-30	10	133x4	23	78,7	0,85	$\Sigma \perp$	6,6	29,6	2,32
30-буд	5	89x3,5	100	183,8	0,99	$\Sigma \Gamma$	2,56	102,56	18,85

201-пНТ.10421190.БР

Арк.

48

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Всього	65,86
$\varepsilon = \frac{76,88 - 65,36}{76,88} = 14 \% \quad d_{uz} = 11,3 \cdot \sqrt{\frac{20,094/0,28}{\sqrt{7,68 - 6,58}}} = 93 \text{ мм}$	

Продовження таблиці 11

Відгалуження 4-31-32-33-34-35-36-кіно									
$\Delta P = 67,9 \text{ кПа} \quad R_{opt} = \frac{67,9 \cdot 10^3}{(1 + 0,3) \cdot 366} = 142 \text{ Па/м}$									
4-31	15,422	133x4	77	189	1,32		6,6	83,6	15,8
31-32	14,175	133x4	39	154,2	1,19		6,6	45,6	7,03
32-33	12,928	133x4	95	132,9	1,11		19,1	114,1	15,16
33-34	11,681	133x4	42	104	0,98		6,6	48,6	5,05
34-35	10,434	133x4	56	86,7	0,89		6,6	62,6	5,42
35-36	5,434	89x3,5	18	214,4	1,07		3,83	21,83	4,68
36-кіно	0,434	36x2,5	39	175	0,52		0,65	39,65	6,94
Всього								60,08	
$\varepsilon = \frac{67,9 - 60,08}{67,9} = 10 \%$									
Відгалуження 6-37-38-39-школа									
$\Delta P = 39,73 \text{ кПа} \quad R_{opt} = \frac{39,73 \cdot 10^3}{(1 + 0,3) \cdot 375} = 81 \text{ Па/м}$									
6-37	8,875	133x4	100	63,7	0,77		19,1	119,1	7,58
37-38	7,628	133x4	81	45,4	0,65		6,6	87,6	3,97
38-39	6,381	106x4	52	105,1	0,85		6,6	58,6	6,15
39-школа	1,381	57x3,5	142	200,8	0,74		11,0 5	153,05	30,7
Всього								48,4	

					201-пНТ.10421190.БР	Арк. 49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon = \frac{48,4 - 39,73}{48,4} = 18 \% \quad d_{\text{ш}} = 11,3 \cdot \sqrt{\frac{8,875/0,28}{\sqrt{4,84 - 3,97}}} = 66, \text{мм}$$

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

2.8 Тепловий розрахунок

Задачі теплового розрахунку включають в себе оцінку втрат тепла через трубопровід і його ізоляцію у навколишнє середовище, розрахунок зниження температури теплоносія під час його транспортування через теплопровід, а також визначення економічно доцільної товщини ізоляційного шару.

У дипломному проекті основна задача теплового розрахунку полягає в обчисленні оптимальної товщини теплової ізоляції для ділянки трубопроводу. При проектуванні систем теплопостачання товщину ізоляції встановлюють з урахуванням нормативів втрат тепла, заданого перепаду температур на ділянці теплової мережі, максимально допустимої температури на поверхні конструкції та економічних аспектів.

Розрахунок товщини теплової ізоляції здійснюється з метою забезпечення відповідності втрат тепла встановленим нормам.

Для прикладу обираю ділянку ТК 6 – ТК 37 (рис.3), діаметр якої становить 133 мм та виконую розрахунок товщини теплової ізоляції.

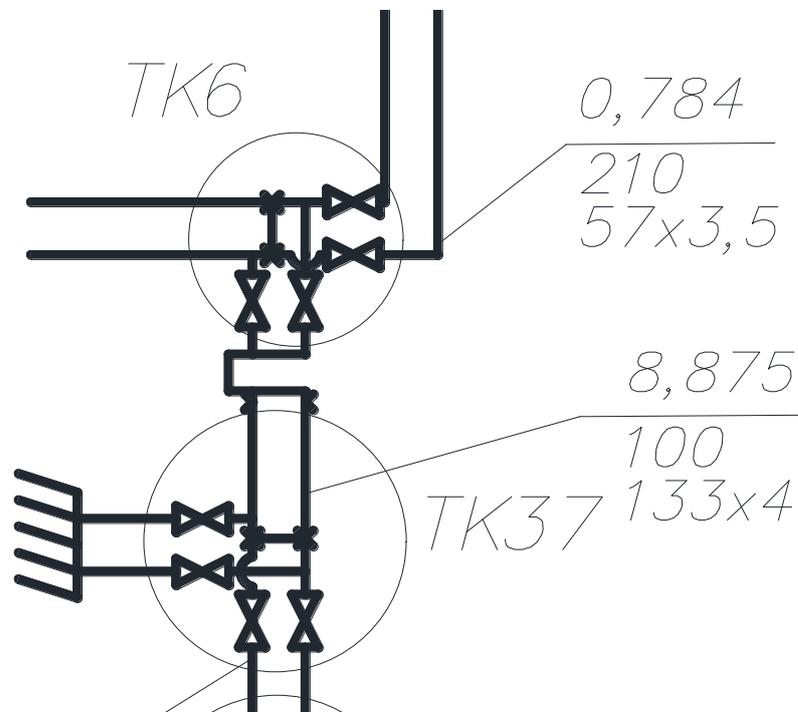


Рисунок 3 – Схема ділянки ТК 6 – ТК 37

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Порядок розрахунку:

Розраховуємо подаючий трубопровід.

Визначаю загальний опір теплопередачі від теплоносія до оточуючого середовища (м·°C/Вт).

$$\sum R = \frac{\tau_{cp} - t_o}{q}, \quad (34)$$

де q – норма втрат тепла, Вт/м;

τ_{cp} – розрахункова температура теплоносія середня за рік;

t_o – середньорічна температура ґрунту на осі закладання трубопроводу, приймаємо $t_o = +5^\circ\text{C}$.

Загальний опір подаючого трубопроводу:

$$\sum R_{nod} = \frac{90 - 5}{76} = 1,1 \text{ Вт/м};$$

При прокладці безканального теплопроводу загальний опір станове:

$$\sum R = R_{iz} + R_{zp} + R_{1-2}, \quad (35)$$

Цим рівнянням ми визначаємо опір ізоляційного шару:

$$R_{iz} = \sum R - (R_{zp} + R_{1-2}), \quad (36)$$

В якості ізоляції приймаємо бітумоперліт товщиною 70мм.

Діаметр конструкції :

$$D_k = D_{mp.} + 2 * D_{iz.}, \quad (37)$$

$D_{mp.}$ – діаметр труби;

$D_{iz.}$ – діаметр ізоляції;

Підставивши значення отримаємо :

$$D_k = 133 + 2 * 70 = 273 \text{ мм.}$$

Протидія ґрунту визначається за формулою :

$$R_{zp} = \frac{\ln \sqrt{\frac{4 \cdot h}{D_{екв}}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp}}, \quad (38)$$

де h – глибина закладання осі трубопроводу, приймається 0,9–1,2м;

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

201-пНТ.10421190.БР

λ_{cp} – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності ґрунту, який станове:

- для мало вологого ґрунту – 1,7 Вт/(м °С);
- для вологого ґрунту – 2,3 Вт/(м °С);
- для водонасиченого ґрунту – 2,9 Вт/(м °С).

$$R_{cp} = \frac{\ln \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2}{0,273}}}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,7} = 0,269 \text{ м}^\circ\text{С/Вт.}$$

Опір впливу зворотного трубопроводу на подаючий, м °С/Вт:

$$R_{1-2} = \psi_1 \cdot \frac{\ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot h}{a}\right)^2}}{2\pi\lambda_{тр}}, \text{ м}^\circ\text{С/Вт,} \quad (39)$$

$$\psi_1 = \frac{q_{зв}}{q_{под}}, \quad (40)$$

$$R_{1-2} = \frac{49}{79} \cdot \frac{\ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 1,2}{0,4}\right)^2}}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,7} = 0,16 \text{ м}^\circ\text{С/Вт.}$$

Протидія ізоляції:

$$R_{із}^{nod} = 1,118 - (0,269 + 0,16) = 0,683 \text{ м}^\circ\text{С/Вт.}$$

Визначаю коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/(м °С):

$$\lambda_{із} = 1.163 \cdot 1.2 \cdot (0.046 + 0.00016 \cdot t_{cp}), \quad (41)$$

де t_{cp} – середня температура ізоляції, °С.

$$\lambda_{із} = 1.163 \cdot 1.2 \cdot 0,9 = 0,126; .$$

Обчислюю товщину основного ізоляційного шару, мм:

$$\delta_{із} = D_3 \cdot \frac{e^{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{із} \cdot R_{із}} - 1}{2}, \quad (42)$$

Товщина ізоляції подаючого трубопроводу:

$$\delta_{із} = 159 \cdot \frac{e^{2 \cdot 3,14 \cdot 0,683 \cdot 0,126} - 1}{2} = 47,67 \text{ мм.}$$

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо зворотній трубопровід.

Визначаю загальний опір переходу тепла від теплоносія до оточуючого середовища, м °С/Вт:

Загальний опір зворотнього трубопроводу:

$$\sum R_{nod} = \frac{50-5}{49} = 0,9 \text{ Вт/м.}$$

В якості ізоляції приймаємо бітумоперліт товщиною 70мм.

Діаметр конструкції :

$$D_k = 133 + 2 * 70 = 273 \text{ мм.}$$

Протидія ґрунту визначається за формулою :

$$R_{ep} = \frac{\ln \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2}{0,273}}}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,7} = 0,269 \text{ м}^\circ\text{С/Вт.}$$

Опір впливу зворотного трубопроводу на подаючий, м °С/Вт:

$$R_{1-2} = \frac{49}{79} \cdot \frac{\ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 1,2}{0,4}\right)^2}}{2 \cdot 3,14 \cdot 17} = 0,16 \text{ м}^\circ\text{С/Вт.}$$

Протидія ізоляції:

$$R_{iz}^{згор} = 0,918 - (0,269 + 0,16) = 0,489 \text{ м}^\circ\text{С/Вт.}$$

Визначаю коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/(м °С):

$$\lambda_{iz} = 1.163 \cdot 1.2 \cdot 0,9 = 0,126; .$$

Обчислюю товщину основного ізоляційного шару, мм:

$$\delta_{iz} = 159 \cdot \frac{e^{2 \cdot 3,14 \cdot 0,489 \cdot 0,126} - 1}{2} = 29,17 \text{ мм.}$$

Отже товщину ізоляції для подаючого трубопроводу приймаємо 50 мм, для зворотнього 30 мм (рис.4).

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

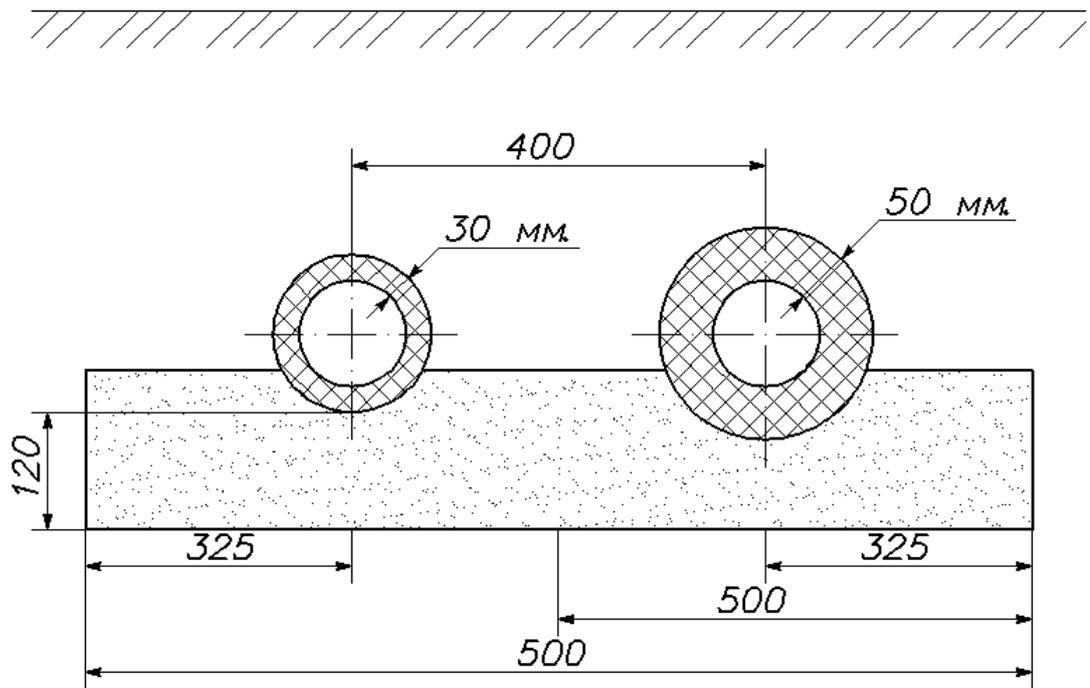


Рисунок 4 - Розріз безканальної прокладки ділянки ТК 6– ТК 37

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

2.9 Вибір будівельних конструкцій теплової мережі

2.9.1 Розрахунок П-подібного компенсатора (ділянка ТК 32 – ТК 33)

Розрахунок П-подібного компенсатора полягає у визначенні мінімальних розмірів компенсатора, достатніх для компенсації температурних деформацій трубопроводу.

Область застосування

П-подібні компенсатори застосовують для компенсації температурних подовжень труб на протяжних прямих ділянках, якщо можливості самокомпенсації трубопроводу за рахунок поворотів теплової мережі немає. Відсутність компенсаторів на жорстко закріплених трубопроводах зі змінною температурою робочого середовища, призведе до зростання напруги здатної деформувати і зруйнувати трубопровід.

При нагріванні ділянка трубопроводу теплової мережі розширюється через температурне видовження. Щоб знизити напруги і зусилля, що виникають в таких умовах, передбачають компенсацію цих температурних видовжень – осьову та радіальну. Осьову компенсацію забезпечують за допомогою осьових компенсаторів, таких як сальникові або лінзові. Радіальну компенсацію досягають за допомогою П-подібних компенсаторів, кутів повороту трубопроводу і Z-подібних ділянок. Рекомендується використовувати кути повороту для самокомпенсації в кутовому діапазоні від 90 до 120 градусів.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

магістралей. Такі компенсатори підходять для використання у технологічних комунікаціях різних видів. Зазвичай вони виготовляються із того ж матеріалу, що й трубопровідна система. Як вихідний сировини служать шматки труб чи відводів, які з'єднуються з допомогою зварювання.

При монтажі сталевих трубопроводів більш економічно вигідно виготовляти компенсатори із цільного відрізка труби за допомогою способу гнуття. При цьому має виконуватися така пропорція: $R = 4D$, де R – радіус вигину, а D – діаметр труби. Якщо довжина П-подібного компенсатора перевищує 9 м, він повинен складатися не менше, ніж з двох частин.

Рекомендації щодо встановлення П-подібних компенсаторів:

- Важливо, щоб нерухомі опорні елементи розташовувалися на відстані не більше $10DN$ (умовних проходів) від компенсаційного елемента, оскільки при передачі моменту затискання опорного елемента забезпечується помітне зниження гнучкості.
- Відрізки трубопровідної мережі між опорами та компенсаторами мають бути рівними по довжині. При розташуванні П-подібного фітинга не по центру даного відрізка, а з деяким зміщенням у напрямку одного з опорних кріплень, спостерігається збільшення сил пружних деформаційних навантажень і напруги приблизно на 20-40% щодо показників, отриманих при розміщенні компенсатора по центру.
- Перш ніж розпочати монтажні роботи, рекомендується розтягнути фітинг. При цьому компенсуюча здатність П-подібного компенсатора буде збільшена.

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

Повне теплове видовження ділянки станове, мм:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot (\tau - t_{3.0}), \quad (43)$$

$$\Delta l = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 95 \cdot (150 - (-22)) \cdot 10^3 = 196 \text{ мм},$$

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

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

τ – розрахункова температура теплоносія, °С;

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

Розрахункове видовження ділянки обчислюю по формулі, мм:

$$\Delta l = \varepsilon \cdot \Delta l, \quad (44)$$

$$\Delta l_{роз} = 0,5 \cdot 196 = 98 \text{ мм},$$

де ε – коефіцієнт попереднього розтягування компенсатора, що залежить від розрахункової температури теплоносія τ ($\varepsilon = 0,5$ при τ до 250 °С). Задавшись спинкою $B=5$ м по номограмі з методичних вказівок визначив, що виліт компенсатора $H=2,1$ м.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.9.2 Розрахунок сальникового компенсатора (ділянка ТК 3 – ТК 4)

У теплових мережах широко застосовуються сальникові, П-подібні та сильфонні (хвилясті) компенсатори. Компенсатори повинні мати достатню компенсуючу здатність для сприйняття температурного подовження ділянки трубопроводу між нерухомими опорами, при цьому максимальна напруга в радіальних компенсаторах не повинна перевищувати допустимих (зазвичай 110 МПа).

Конструктивно, сальникові компенсатори, являють собою з'єднання труби і корпусу. У проміжку між патрубків встановлено сальникове ущільнення з гранд буксою.

Сальникові компенсатори виконуються з набиванням м'яких матеріалів, які виготовляються у вигляді каблучок або шнура відповідного профілю, а також у вигляді манжет різного розміру з гуми, пластику та інших матеріалів. На зовнішній стороні корпусу монтується арматура, що обмежує переміщення внутрішньої труби, щоб запобігти її випаданню. Пристрій виготовляється з сталевих товстостінних труб або зварюється з листової сталі СтЗсп5, Ст20, 09Г2С, 17Г1С. В якості сальникової набивки використовується набивка марок АР або АП-31 ГОСТ 5152-84 і термостійка кругла гума, якими у вигляді кілець заповнюють сальникову камеру.

Сальникові компенсатори варто встановлювати суворо співвісно з трубопроводом, перекося недопустимі. Компенсатор перед встановленням має бути розтягнутим на величину, що вказана у проекті та що визначається за ризиками на компенсаторному корпусі. Корпус та основні елементи сальникових компенсаторів виконуються з різних марок сталі, у тому числі нержавіючої.

Сальникові компенсатори, які мають невеликі габарити, монтують у трубопроводах, що розташовані в тунелях та інших місцях, де П-подібні компенсатори встановити не можна, а застосування сильфонних компенсаторів не має доцільності через їхню велику вартість.

За нормами сальникові компенсатори МН 2598-61 та МН 2593-61 виробляють із умовними проходками до 1000 міліметрів. Компенсуюча їх здатність

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.10 Підбір мережних та живильних насосів

Мережні насоси призначені для транспортування гарячих рідин (до 180 С), попередньо очищених від сторонніх домішок. Допускається невеликий вміст частинок діаметром трохи більше 0,2 мм. Відносять це обладнання до класу відцентрових горизонтальних насосів. Більшість моделей оснащують робочими колесами двостороннього ходу.

Завдяки простому пристрою і високим параметрам, вироби мають високу надійність і довговічність. При дотриманні всіх умов експлуатації, рекомендованих виробником, ймовірність виходу з ладу або інших аварійних ситуацій мінімальна протягом терміну служби.

Живильний насос – це один із видів відцентрових багатоступінчастих агрегатів. Він часто застосовується на виробничих промислових підприємствах, котельнях, на гідравлічних електростанціях. Відмінна риса – перекачування води високої температури та конденсату.

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

Підбір мережного насосу:

Подача мережних насосів дорівнює розрахунковій витраті теплоносія на виході із джерела тепла (котельні) $G_{ЦТП-I}=82,369$ кг/с або 200,85 м³/год.

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

$$P_{м.н} = \Delta p_{под} + \Delta p_{зв} + \Delta p_{аб}, \quad (49)$$

де Δp_k – втрати тиску в котельні, приймаються 5–10 м вод.ст.;

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

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

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

$$P_{м.н} = 11,8 + 11,8 + 30 = 53,6 \text{ м.вод.ст.}$$

Враховую 10 % відсотків від потужності насосу:

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{с.н} = p_{м.н.} \cdot 1,1 , \quad (50)$$

$$P_{с.н} = 53,6 \cdot 1,1 = 58,96 \text{ м.вод.ст.}$$

Розрахунок мережного насосу:

$$\Delta P = S \cdot G^2 . \quad (51)$$

Звідси:

$$S = \frac{\Delta P}{G^2} , \quad (52)$$

$$S = \frac{59,96}{200,85^2} = 146,1 \cdot 10^{-4} .$$

$$\Delta P = 146,1 \cdot 10^{-4} \cdot 100^2 = 14,61 \text{ мм. вод. ст.}$$

$$\Delta P = 146,1 \cdot 10^{-4} \cdot 200,8^2 = 58,5 \text{ мм. вод. ст.}$$

$$\Delta P = 146,1 \cdot 10^{-4} \cdot 300^2 = 131,5 \text{ мм. вод. ст.}$$

G	0	100	200,8	300
ΔP	0	14,61	58,5	131,5

Отже при витраті $G=200,8 \text{ м}^3$, тиск становить $\Delta P = 58,5 \text{ м.вод.ст.}$

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

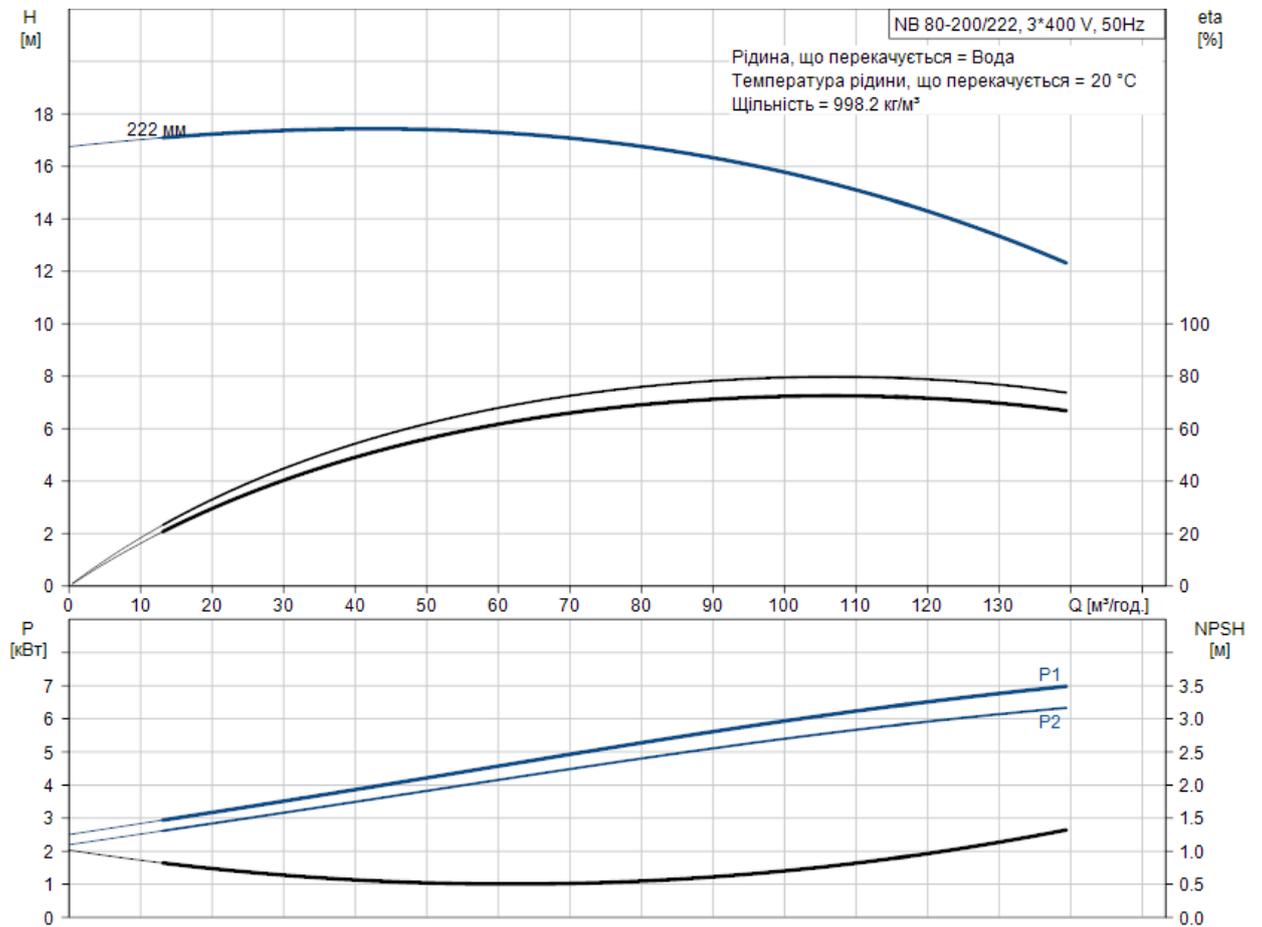


Рисунок 7 – Графік підбору мережного насосу

До установки приймаю два мережних насоси, один з яких резервний, типу Grundfus NB 80-200/222:

- макс. робочий тиск 16 бар;
- потужність двигуна 30 кВт;
- частота обертів 2900 об/хв.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Підбір живильного насосу

Розрахункова витрата води для живлення закритої теплової мережі, м³/Год, приймається рівною 0,75% об'єму води в системі тепlopостачання:

$$G_{жив} = \frac{0,75 \cdot V}{1000}, \quad (53)$$

$$G_{жив} = \frac{0,75 \cdot 1162}{1000} = 8,71 \text{ м}^3/\text{ГОД.}$$

Звідси

$$V = \frac{Q_{роз} \cdot 50}{1,16}, \quad (54)$$

$$V = \frac{26,96 \cdot 50}{1,16} = 1162,$$

де – $Q_{роз}$ річна витрата теплоти, $Q_{роз} = 26,96$ МВт.

Напір живильних насосів визначається при побудові графіку тисків, для даного дипломного проекту приймаємо $P_{жив} = 58,5$ м вод. ст.

До установки приймаю два живильних насоси, один з яких резервний типу MXV Calpeda 40-806/D, що має наступні технічні характеристики:

- Робочий тиск 6,5 бар;
- потужність двигуна 2,2 кВт;
- частота обертів 2900 об/хв.

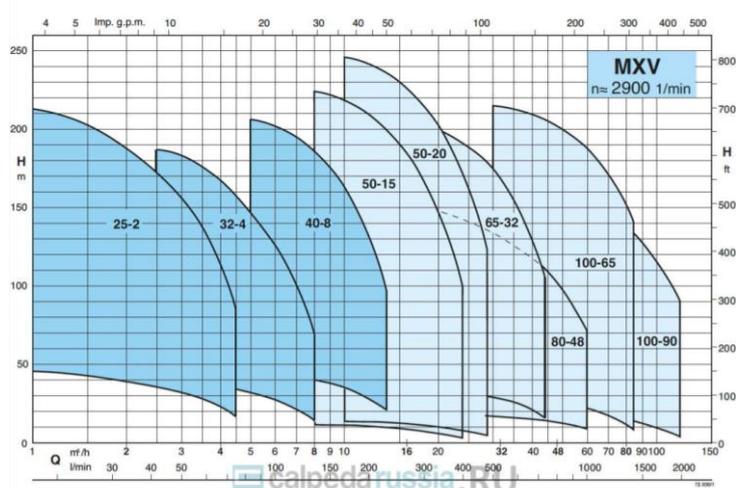


Рисунок 8 – Графік підбору живильного насосу

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

D _{HXS} 219x6	п.м	33,6	3617,34	121540,944
D _{HXS} 159x4,5	п.м	197,4	2107,68	410365,3
D _{HXS} 133x4	п.м	349,2	1860,77	649780,884
D _{HXS} 106x4	п.м	22,8	1432,31	32656,66
D _{HXS} 89x3,5	п.м	75,02	1087,13	81556,49
D _{HXS} 57x3,5	п.м	33,8	713,6	24119,68
D _{HXS} 45x2,5	п.м	13	596,67	7756,71
D _{HXS} 36x2,5	п.м	1,3	582,72	757,53
Всього				2074683,32

Отже вартість основних матеріалів, обладнання становить 20844484,32 грн.

1) Річна витрата тепла в місті Бровари становить 231722ГДж, або 96550,8 Гкал.

Ціна за 1 Гкал становить 1654,41 грн, отже вартість тепла дорівнює 96550,8

*1654,41 = 115065539 грн.

2) Вартість насосного обладнання

2 насоса Grundfus NB 80-200/222, один з яких резервний:

2*30661 = 61322 грн.

2 насоса Calpeda MXV 4-806/D, один з яких резервний:

2*78551 = 157102 грн.

3) Оплата праці складає 30% від витрат на основні матеріали і основне обладнання: (20844484,45 + 61322 + 157102) * 0,3 = 6318863,4 грн.

4) Інші витрати складають 3% від суми основних матеріалів, основного обладнання, заробітної плати: (21062878+6318863,4) * 0,03 = 821446,83 грн.

5) Сумарні витрати на теплову мережу:

27381561+821446,83 = 28203007,83 грн.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк. 67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Визначення терміну окупності капіталовкладень

Термін окупності капіталовкладень — час, необхідний для покриття витрат на проект або для повернення інвестицій, отриманих в результаті основної діяльності підприємства, зазвичай називають періодом окупності.

Розраховуємо за формулою: $T = IC/P$,

де T – термін окупності;

IC – первинні інвестиції у проект;

P - сумарний грошовий потік.

$28203007,83/115065539 = 2,4$ років = 29 місяців.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Запропоновані дипломним проектом організаційні й технічні заходи забезпечують нешкідливі й безпечні умови праці та пожежну безпеку (пожежна сигналізація та засоби пожежогасіння) на запроектованому об'єкті виходячи з [18].

Передбачається встановлення такого обладнання:

- насоси марок Grundus NB 80-200/222; MXV Calpeda 40-806/D

Все обладнання безпечно при користуванні за умов дотримання інструкцій з експлуатації.

В даному проекті магістральна теплова мережа двохтрубна, безканальна прокладка труб з попередньо ізольованими трубами.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Характеристика умов праці

Умови праці – це сукупність виробничих чинників, а також виробничого трудового процесу та середовища, які впливають на працездатність а також здоров'я.

Під час укладення трудового договору роботодавець має зафіксувати підпис працівника про інформування щодо умов праці, включаючи наявність небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочому місці, які ще не усунуто. Також необхідно зазначити можливі наслідки впливу цих факторів на здоров'я працівника та вказати на його права на пільги та компенсації відповідно до законодавства та колективного договору.

На робочих місцях наявні такі небезпечні й шкідливі виробничі чинники:

- підвищена чи знижена температура повітря робочої зони;
- рухомі частини виробничого устаткування;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- можливість ураження електричним струмом;
- гарячі поверхні.

Під час проектування і вибору обладнання враховано основні вимоги безпеки для обслуговуючого персоналу та забезпечено надійну і безпечну роботу обладнання. Застосовуються колективні та індивідуальні заходи для боротьби з вібрацією. До колективних заходів належать віброгасіння, віброізоляція і вібропоглинання.

Віброізоляція досягається шляхом ізоляції джерел коливань від опорних поверхонь за допомогою гумових, пружинних або комбінованих віброізоляторів. Вібропоглинання забезпечується за рахунок застосування в'язких матеріалів, наприклад, мастики, на покриттях машин.

Щодо засобів індивідуального захисту від вібрації, до них відносяться спеціальне віброзахисне взуття та рукавички з м'якими накладками на долоні.

Для захисту від шуму застосовуємо місцеву та загальну звукоізоляцію. Загальна

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

звукоізоляція досягається створенням загорож (стін, стель) із звукопоглинальних матеріалів (цегли, бетону, залізобетону) і розміщенням обладнання, яке є джерелом шуму, в окремих приміщеннях.

Для пониження шуму насосів, а також зменшення передачі структурного шуму їх необхідно встановлювати на віброізоляційний фундамент, маса якого повинна бути в 3 – 5 разів більша сумарної маси двигуна й насосу. Зменшення механічних шумів насосних установок здійснюється також за розрахунок обладнання їх корпусів звукоізоляційними кожухами.

Захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, мала напруга, захисне відімкнення, ізоляція провідників із струмом, огорожувальні пристрої, попереджувальна сигналізація, блокування, знаки безпеки, засоби захисту та запобіжні пристрої забезпечують захист працівників від ураження електричним струмом.

Для запобігання опіків серед обслуговуючого персоналу в ЦТП трубопроводи на запірну арматуру необхідно пофарбувати подавальний – у зелений, жовтий кольори; зворотній – у зелений, коричневий.

Рухомі частини обладнання обов'язково мають надійно закріплені захисні огороження, щоб уникнути випадкових дотиків і травм працівників. Огороження, що відчиняються вгору, обов'язково фіксуються у відкритому положенні. Для зручності обслуговування захищених частин механізмів передбачено дверцята і кришки. Ці елементи обладнання оснащені пристроями для надійного утримування в закритому (робочому) стані, і в разі потреби їх можна заблокувати за допомогою приводу обладнання для вимкнення в разі зняття (відкривання) огорожень.

Виготовлення огорожень з наварених на каркас машин і механізмів, дроту і смуг заборонено. Кожухи напівмуфт мають конструкцію, що забезпечує, щоб незакрита частина вала, що обертається, не виступала за межі 10 мм з обох боків.

Згідно з гігієнічною класифікацією, умови праці на робочих місцях діляниць тепломережі відповідають допустимим нормам. Це означає, що рівні чинників виробничого середовища і трудового процесу не перевищують установлених гігієнічних нормативів і не впливають негативно на здоров'я працівників та їхніх нащадків ні в найближчому, ні у віддаленому майбутньому. Всі перераховані заходи з

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

техніки безпеки допоможуть уникнути травмувань та професійних захворювань працівників, як на стадії монтажу, так і під час експлуатації всього запроектованого обладнання.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

4.2 Заходи з техніки безпеки

При проведенні монтажних робіт виконуються роботи по укладанню трубопроводів під землею, проводяться зварювальні роботи.

Працівники, що виконують роботи підвищеної небезпеки, а таких де є потреба у професійному доборі при прийомі на роботу проходять спеціальне навчання й перевірку знань з питань охорони праці та періодичне навчання й перевірку знань в термін, встановлений відповідними галузевими нормативними актами, але не рідше одного разу на рік.

При проведенні робіт в колодязях необхідно дотримуватися також заходів безпеки: перед початком роботи необхідно надіти спецодяг, приготувати засоби індивідуального захисту, інструменти й пристосування. Пересвідчитися в їх справності та надійності.

Під час технічного огляду і робіт, пов'язаних зі спуском робітника в колодязь, бригада повинна складатися не менше ніж із трьох осіб: один працює в колодязі, другий - на поверхні, третій спостерігає за роботою в колодязі і може надати допомогу в разі потреби. Заборонено відволікати робітника, який спостерігає, на інші завдання, поки той, хто працює в колодязі, не повернеться на поверхню.

Перед спуском у колодязь обов'язково перевіряють відсутність загазованості за допомогою газоаналізатора або лампи ЛБВК відповідно до виробничих інструкцій. Також перевіряють міцність скоб або драбин.

Бригада, що працює в колодязях, повинна мати таке запобіжне і захисне обладнання: індивідуальні запобіжні пояси з лямками і мотузками, що пройшли випробування, з довжиною, що перевищує глибину колодязя на 2 м, газоаналізатор або індикатор газу, мотузка з карабіном, сигнальний жилет, захисна каска, ізолювальний протигаз зі шлангом, довжина якого також перевищує глибину колодязя на 2 м, але не більш як 12 м (не дозволяється заміна ізолювального протигазу на фільтрувальний), дві лампи ЛБВК, акумуляторний ліхтар з напругою вище 6 В (заборонено використовувати джерело світла з відкритим вогнем), штанги для відкривання засувки колодязів, переносні драбини, ручний або механічний вентилятор, захисні переносні

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знаки, гаки і ломи для відкривання кришок колодязів, пристрій для перевірки міцності скоб.

При проведенні земляних робіт встановити на місці робіт інформаційні таблички із зазначенням організації, яка їх виконує, номер телефону, прізвище й посаду виконавця робіт, термін їх початку й завершення.

Огородити місце розкопування стандартними бар'єрами, обладнаними попереджувальними знаками стандартного типу.

Для гідравлічних випробувань на щільність та міцність трубопроводів теплових мереж заповнюється водою з температурою не нижче ніж 5 °С і не ніж 40 °С.

Для перевірки міцності й щільності трубопроводів, запірної та регулювальної арматури до початку опалювального періоду дипломним проектом запропоновано провести гідравлічне випробування теплової мережі на міцність і щільність. Мінімальна величина пробного тиску має становити 1,25 робочого тиску, а також не менше ніж 1,6 МПа (16 кгс/кв. см) - для магістральних теплових мереж, а також 1,2 МПа (12 кгс/кв. см) - для розподільчих теплових мереж.

Засувки та вентелі теплопроводів повинні мати:

- Написи з номерами мають відповідати оперативній схемі теплових мереж та інструкціям з експлуатації. Показники напрямку руху теплоносія і обертання маховика на закриття і відкриття також мають бути чітко відображені.

- У разі недоступності або незручності розміщення вентилів і засувок для безпосереднього обслуговування, а також коли їх обслуговування пов'язане з небезпекою для персоналу, повинно бути забезпечено дистанційне механічне або електричне керування.

При виборі попередньо ізольованих труб, крім визначеної товщини теплової ізоляції на основі техніко-економічних розрахунків дипломного проекту, враховувалися такі властивості: біостійкість і хімічна стійкість до агресивних середовищ, водовідштовхувальні властивості, які сприятимуть довговічності і надійності в подальшому їх застосуванні, захисту від дії вологи та зовнішньої корозії.

Отже, при введенні в експлуатацію об'єктів, у яких уперше встановлюються теплові мережі, слід дотримуватися таких вимог з техніки безпеки:

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Не слід попередньо ізолювати зварні та фланцеві з'єднання трубопроводів на 150 мм з обох боків з'єднань до проведення гідравлічних випробувань.

Не можна використовувати теплоізоляцію з вогненебезпечних матеріалів для захисту теплових мереж, які проходять через приміщення категорій А, Б, В, технічні та підвальні поверхи з виходами через загальні сходові клітки, а також теплові мережі з пошкодженою або просоченою нафтопродуктами ізоляцією.

Теплові мережі, прокладені поза приміщеннями, незалежно від способу прокладення, повинні надійно захищатися від впливу вологи і зовнішньої корозії.

Дипломний проєкт передбачає виконання цих вимог з техніки безпеки під час монтажу та експлуатації теплової мережі, щоб уникнути травматизму та професійних захворювань серед працівників..

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Енергозберігаючі технології

Енергозбереження стає дедалі актуальнішим і важливішим аспектом в управлінні будівлями та промисловими об'єктами. Для скорочення витрат на основні системи споживання енергії, як-от освітлення, опалення, кондиціонування та вентиляція, можна застосовувати різні технології та методи:

Утеплення фасадів і заміна вікон: Значна частина тепла втрачається через непридатні для теплоізоляції фасади та вікна. Утеплення фасадів і встановлення енергоощадних вікон дають змогу значно зменшити втрати тепла.

Модернізація систем опалення: Встановлення енергоефективних систем опалення, які використовують органічне паливо чи інші екологічно чисті джерела, дає змогу ефективніше використовувати тепло.

Використання теплообмінників і рекуперації: Системи рекуперації тепла дають змогу повторно використовувати тепло, що вже використовувалося для опалення або вентиляції.

Заміна ламп на LED: LED лампи споживають значно менше енергії та мають довший термін служби порівняно з традиційними лампами.

Використання датчиків руху та освітлення: Автоматичне вимкнення освітлення в приміщеннях, де немає людей, а також регулювання яскравості світла залежно від наявності денного світла, дає змогу економити додаткові ресурси.

Системи рекуперації: Використання систем рекуперації тепла у вентиляційних системах дає змогу зменшити споживання енергії на обігрів або охолодження повітря.

Правильне обслуговування: Своєчасне обслуговування і налагодження систем кондиціонування та вентиляції допомагають зберігати їхню ефективність на оптимальному рівні.

Використання дощової води: Збір і використання дощової води для побутових потреб дає змогу заощадити на водопостачанні, особливо в регіонах із достатньою кількістю опадів.

Кожен із цих підходів може бути застосований окремо або в комплексі залежно від потреб і можливостей будівлі або промислового об'єкта. Важлива індивідуальна

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стратегія та попереднє вивчення особливостей об'єкта, що дає змогу максимально оптимізувати витрати енергії та підвищити його енергоефективність.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						77
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5 Охорона навколишнього середовища

Охорона довкілля - це система заходів, спрямованих на раціональне використання природних ресурсів, збереження особливо цінних та унікальних природних комплексів, а також забезпечення екологічної безпеки.

Охорона довкілля є складною та багатогранною системою заходів, що потребує комплексного підходу та співпраці між урядовими органами, бізнесом і громадськістю для досягнення сталого розвитку та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

Перспективним напрямком зменшення шкідливих викидів в атмосферу є енерготехнологічне використання палива, коли димові гази є сировиною для отримання цінних хімічних продуктів. Комплексні енерготехнологічні методи використання палива дозволяють значно підвищити коефіцієнт використання теплоти палива та забезпечити економію енергоресурсів й успішно вирішувати завдання захисту навколишнього середовища.

Також передбачається раціональне використання природних ресурсів та утилізація відходів..

Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище дипломним проектом пропонуються такі заходи:

- скиди гарячої води в каналізацію температурою вище 40°C виключено за рахунок повторного їх використання у теплообмінниках;
- рециркуляції теплоносія в системі;

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Спочатку було визначено основні кліматичні характеристики заданого міста. Потім визначено теплові навантаження на системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Після цього, орієнтуючись на теплове навантаження системи опалення побудовано графік регулювання температур теплоносія в залежності від температури зовнішнього повітря та скоригував його з урахуванням навантаження на систему гарячого водопостачання, а також виконано розрахунок підвищеного графіку температур теплоносія для закритої мережі і побудував графік. Потім визначено розрахункові витрати теплоносія та виконано попередній на остаточний гідравлічні розрахунки системи теплопостачання, з метою визначення матеріальної характеристики, діаметрів трубопроводів та втрат тоиску на ділянках теплової мережі. Далі виконано тепловий розрахунок, завданням якого було розрахувати товщину основного ізоляційного шару та підібране основне обладнання – мережні та живильні насоси, компенсатори.

В економічній частині виконаний розрахунок основних матеріалів та обладнання, а також розраховані витрати на оплату праці та складений кошторис.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27: 2010. – [Дата запровадження 2011-11-01]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.
2. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель: ДБН В.2.6–31:2021. – [Чинні від 2022–01–31] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2022. – 23 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Алексахін О. О., Панчук О. В. Теплогазопостачання і вентиляція. Вибрані задачі: Навч. посібник. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 230 с.
4. Краснянський М.Ю. Енергозбереження: навчальний посібник. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. – 136 с.
5. Мережі теплові (тепломеханічна частина). Робочі креслення : ДСТУ Б А.2.4-28:2008. — [Чинний від 2010-01-01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2009.
6. Пирков В. В. Современныё тепловые пункты. Автоматика и регулирование / Пирков В. В. — К. : П ДП «Такі справи», 2007. — 252 с.
7. Ковальчук В.А., Мацнева Т.С. Теплопостачання: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 300 с.
8. Теплогазопостачання і вентиляція. Навч. Посіб. / О. Т. Возняк, О. О. Савченко, Х. В. Миронюк, С. П. Шаповал, Н. А. Сподилюк, Б. І. Гулай. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 276 с.
9. Методичні вказівки до розрахунку проектного теплового навантаження систем опалення будівель за EN 12831 у курсовому проекті з «Опалення» для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» за професійним спрямуванням «Теплогазопостачання і вентиляція» всіх форм навчання / С.Б. Проценко, О.С. Новицька. - Рівне: НУВГП, 2016. - 40 с.
10. Борщ О.Б. Енергозбереження в системах теплогазопостачання, вентиляція та кондиціонування повітря: навч. посібник. – Полтава: ПНТУ, 2009. – 116 с.
11. Любарець О. П. Проектування систем водяного опалення (посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ)/ О. П. Любарець, О. М. Зайцев, В. О. Любарець / Відень - Київ, 2010 – 200 с.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Б.Н. Якимчук, А.М. Гіроль, Р.М. Россінський. Експлуатація систем теплопостачання: навч. посіб. – Рівне, 2012 – 235с.

13. Канюк Г.І., Пугачова Т.М., Без'язичний В.Ф., Близниченко О.М., Шматков Д.І. Основи енерго- і ресурсозбереження: навчальний посібник. – Харків: друкарня «Мадрид», 2016. – 230 с.

14. Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води : НПАОП 0.00-1.11-98. — [Чинний з 1998-0809]. — (Державні нормативні акти з охорони праці).

15. 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.

16. ДНАОП 0.00 – 1.20 – 98. Правила безпеки систем газопостачання України. – К.: Держбуд України, 1998. – 343 с.

17. Сокурєнко В.В. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підручник. Харків: ХНУВС,2021.309с. 14. Жидецький В. Ц. Охорона праці : Київ:Кондор, 2006. - 240с.

18. Ефективність теплонасосних систем кондиціювання повітря: монографія / М. К. Безродний, Д. С. Кутра ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". - Київ : НТУУ "КПІ", 2015. - 171 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. 167-171.

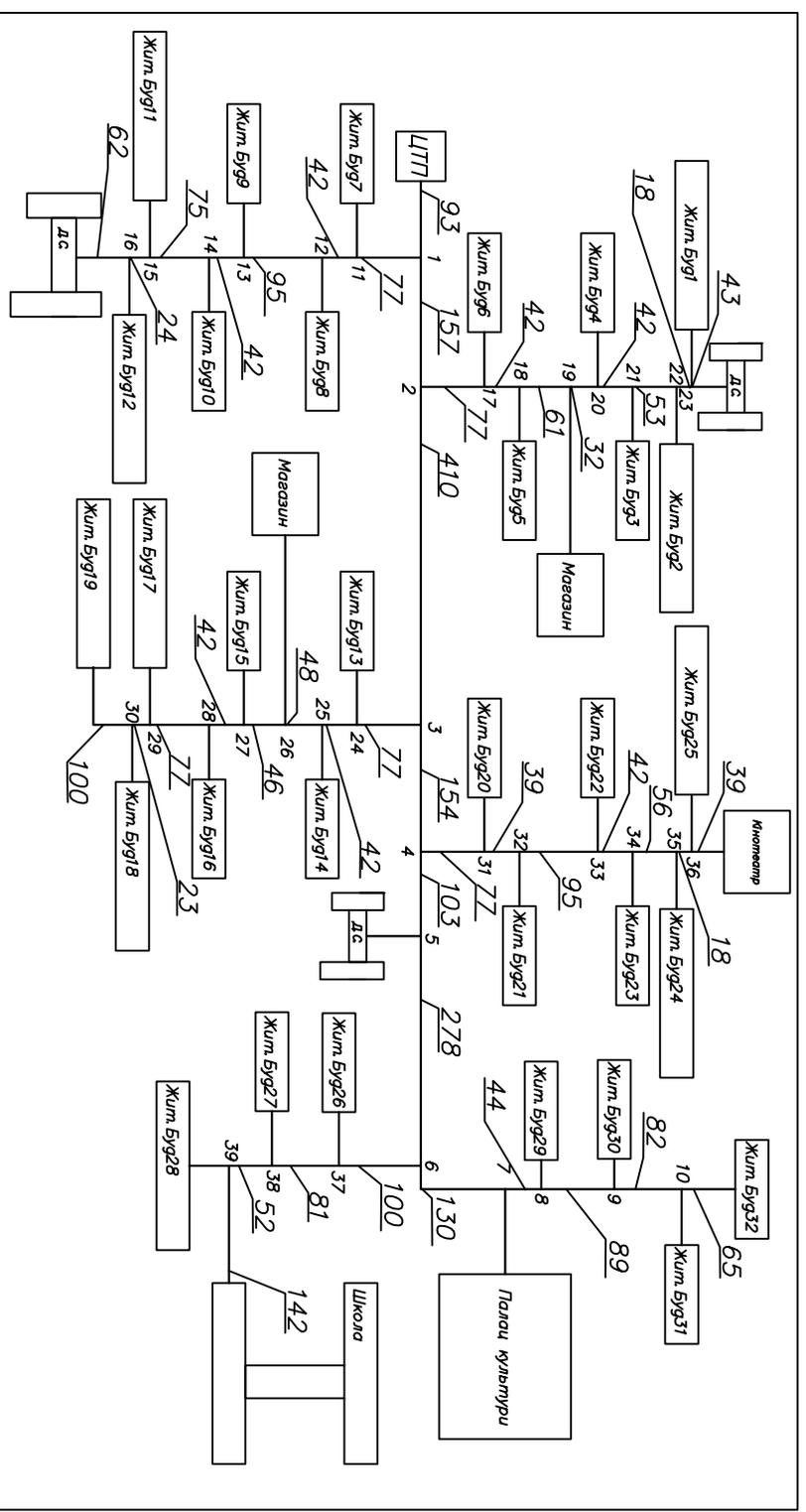
19. Вихорокамерні нагнітачі: монографія / Д. О. Сьомін, А. В. Роговий ; Харків. нац. автомоб.-дорож. ун-т. - Харків : Мезіна В. В. [вид.], 2017. - 203 с. : рис. - Бібліогр.: с. 184-203.

20. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку: навч. посіб. / В. М. Арсенєв, С. С. Мелейчук ; Сум. держ. ун-т. - Суми : Сум. держ. ун-т, 2018. - 362 с. : рис., табл. - Бібліогр. в кінці розд.

21. Гігієнічною класифікацією праці та небезпечних чинників виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженою наказом МОЗ № 382 від 31.12.97 р.

					201-пНТ.10421190.БР	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

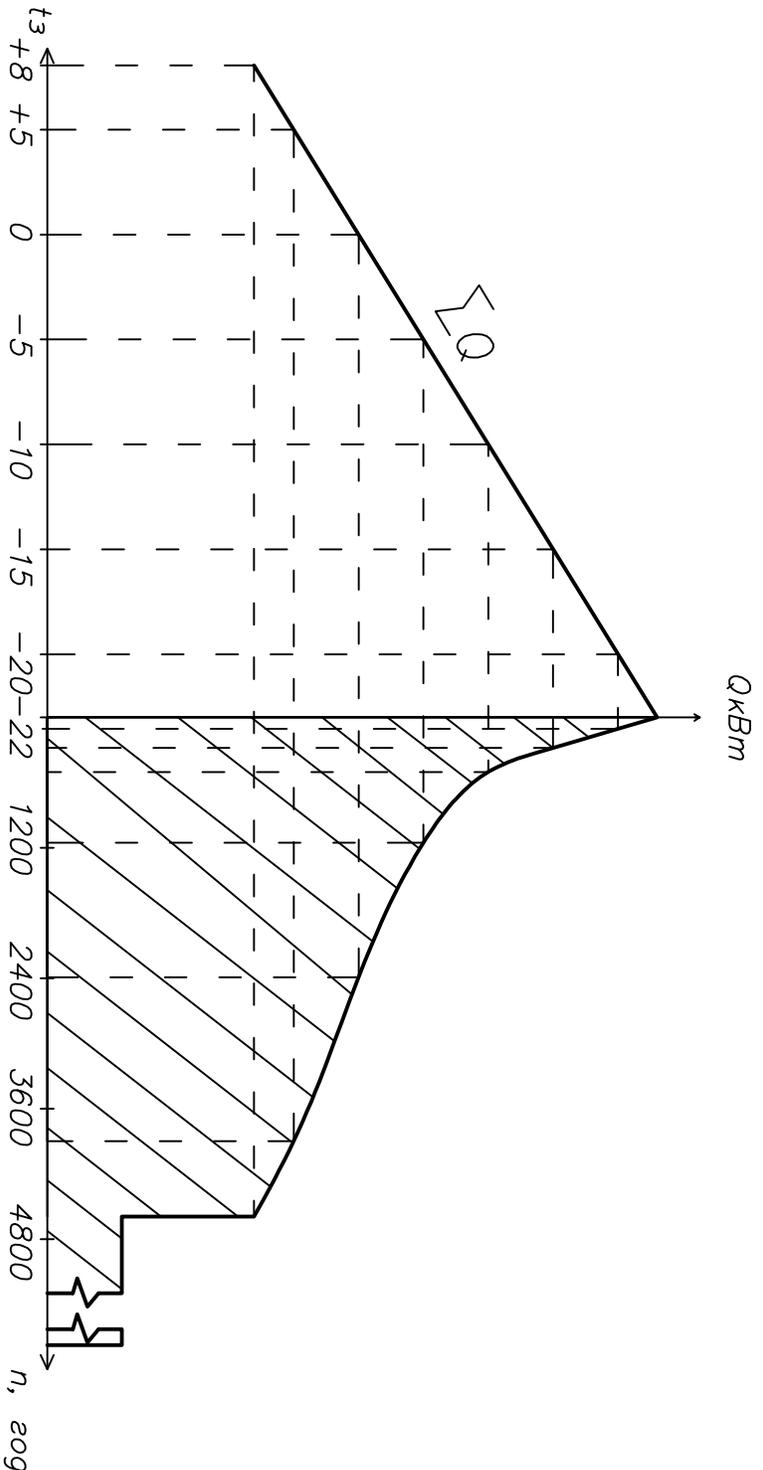
План забудови та схема траси теплових мереж мікрорайону



Л.М. Ключ 1

201 – ПНТ.10421190.БР		Вробаження попередньо ізоліованого трубопроводу в системі теплопостачання мікрорайону міста Вробрару		Стадія Аркуш	Архувів
Зм	Кільк	№ сторінок	Підпис/Діпо		
			Розробий/Кільк	2	7
			Керіл/Вик		
			Контр. О.П.		
			Н.контр.		
			Контр. О.П.		
			Зод. керуватіл		
			Голіл. К.С.		
План забудови та схема траси теплових мереж мікрорайону				НУК ПП ім. Юрія Кондратюк	

Графік Россангера



201-нНТ.10421190.БР			Виробачення попередньо ізоляваного трубопроводу в системі теплопостачання мікрорайону міста Бровари	
Зм.	Кільк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Хитько А.В.			
Керівник	Крот О.П.			
Начальн.	Крот О.П.			
Зад. каверни	Голік Ю.С.			
Графік Россангера			Студія Архус	Архусів
			5	7
			НЖПТ ім. Юрія Кондратюка»	

