

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М.ПОТЕБНІ**

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота
перший бакалаврський
(рівень вищої освіти)

на тему Проект енергоефективної системи тепlopостачання нового мікрорайону
для м. Ужгорода

Виконав: студент 5 курсу, групи ТЕ-17-1бз
спеціальності теплоенергетика
(код і назва спеціальності)
освітньої програми теплоенергетика
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Добродій Павло Андрійович
(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., проф. Чейлитко А.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент проф., д.т.н. Банах В.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2022

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

Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
Рівень вищої освіти бакалаврський
Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
« _____ » _____ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Добродій Павло Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Проект енергоефективної системи теплопостачання нового мікрорайону для м. Ужгорода
керівник роботи Чейлитко Андрій Олександрович д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «17» січня 2022 року № 91-с

Строк подання студентом роботи: 01 травня 2022 р.

2. Вихідні дані до роботи: Нормативні кліматичні показники та умови мікроклімату. Споживання палива.

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вихідні дані для проектування. Охорона навколишнього середовища. Визначення витрати тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Побудова годинного графіку витрати тепла. Побудова графіку витрати тепла по тривалості. Гідравлічний розрахунок. Тепловий розрахунок.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Плани будівлі. Схема системи опалення. Розріз огорожуючих конструкцій.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Чейлитко А.О.		
2	Чейлитко А.О.		
3	Чейлитко А.О.		

Дата видачі завдання 02 травня 2022 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні положення		
2	Технологічна частина		
3	Економічна частина		
4	Оформлення пояснювальної записки		
5	Підготовка презентації		

Студент _____

Добродій П.А.

Керівник роботи (проекту) _____

Чейлитко А.О.

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____

Чижов С.Є.

РЕФЕРАТ

Добродій П.А. Проект енергоефективної системи тепlopостачання нового мікрорайону для м. Ужгорода

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник д.т.н., проф. Чейлитко А.О. Запорізький національний університет. Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2022.

Метою роботи є закріпити та практично використати отримані протягом навчання знання, а також запропонувати технічні рішення енергозберігаючих технологій. Під час проектування вирішено наступні задачі: прийняти технічні рішення щодо прокладки теплової мережі; розрахувати витрати тепла споживачами; побудувати годинні та річний графіки тепло споживання; розробити режим регулювання відпуску тепла; розрахувати витрати теплоносія.

Ключові слова: тепlopостачання, теплова схема, основне та допоміжне устаткування, котлоагрегат, насос, теплообмінний апарат, опалення, деаератор

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	10
1.1 Мета проекту.....	10
1.2 Вихідні дані для проектування.....	11
1.3 Характеристика умов праці	14
1.4 Заходи промислової санітарії.....	15
1.5 Заходи з техніки безпеки	18
1.6 Заходи протипожежної безпеки	21
1.7 Охорона навколишнього середовища.....	22
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24
2.1 Обґрунтування прийнятих рішень	24
2.2 Визначення витрати тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання	25
2.3 Побудова годинного графіку витрати тепла.....	31
2.4 Побудова графіку витрати тепла по тривалості	33
2.5 Режим регулювання теплової мережі	34
2.6 Визначення розрахункових витрат теплоносія.....	38
2.7 Гідравлічний розрахунок	41
2.8 Тепловий розрахунок	48
2.9 Розрахунок і підбір допоміжного обладнання.....	57
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	66
3.1 План по праці та заробітній платі	66
3.2 Баланс робочого часу основного робітника.....	67
3.3 Баланс робочого часу допоміжного робітника	68
3.4 Розрахунок чисельності робітників	69
3.5 Розрахунок фонду оплати праці робітників.....	70

3.6 Штатний розклад і річний фонд оплати цехового персоналу.....	72
3.7 Розрахунок потреби вартості палива і води.....	73
3.8 Розрахунок силової електроенергії	74
3.9 Розрахунок потреби та вартості освітлюваної електроенергії	75
3.10 Розрахунок амортизації основних фондів	76
3.11 Витрати на утримання та експлуатацію обладнання.....	77
3.12 Розрахунок цехових витрат	78
3.13 Калькуляція собівартості одиниці тепла (ГДж).....	79
3.14 Структура собівартості одиниці тепла (ГДж)	80
ВИСНОВОК.....	81
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	83

ВСТУП

Розподілення теплоти через розгалужену систему трубопроводів від джерела теплоти до споживачів називають централізованим теплопостачанням.

В сучасних умовах системи централізованого теплопостачання в країнах Північної Європи досягають рівня 60 %, а в країнах СНД - 80% від всіх систем, що подають теплоту до житлових та виробничих приміщень в містах та населених пунктах.

Однією з головних переваг систем централізованого теплопостачання є можливість використання таких видів палива, які є оптимальними з техніко-економічної точки зору та забезпечують більшу екологічну чистоту навколишнього середовища.

Ефективність роботи теплопостачання залежить від ефективності роботи всіх її складових. Конструктивно системи централізованого теплопостачання складаються із 3 елементів:

- джерела тепла;
- теплових мереж;
- споживачів тепла (системи опалення, вентиляції, та гарячого водопостачання).

Джерелом тепла - називається комплекс обладнання та пристроїв за допомогою яких здійснюється перетворення природних та штучних видів енергії в теплову енергію з необхідними для споживачів параметрами.

Основними джерелами тепла являються: теплові теплоелектроцентралі (ТЕЦ), що комбінованим способом виробляють теплову та електричну енергію і районні котельні, що виробляють тепло.

Теплова мережа — сукупність устаткування (помпи, трубопроводи, арматура, засоби вимірювальної техніки), за допомогою якого подається від джерела тепла нагрітий теплоносій (пар або гаряча вода) до споживачів тепла і

повертається після часткового використання тепла (охолодження) у вигляді конденсату пари та відпрацьованої гарячої води до джерела тепла.

Протяжність магістральних і розподільчих теплових мереж в Україні (за винятком власних тепломереж промислових підприємств) становить 24,3 тис. км в двотрубному обчисленні, в тому числі:

- тепломережі Мінпаливенерго України – 3,5 тис. км діаметром від 125 до 1400 мм;
- комунальні тепломережі – 20,8 тис. км діаметром від 50 до 800 мм.

Стан більшості тепломереж незадовільний, понад 28% тепломереж експлуатуються понад 25 років, 43% – понад 10 років і лише 29% тепломереж мають термін експлуатації менше 10 років.

Втрати тепла в теплових мережах складають від 5 до 32% із середньозваженим відсотком втрат у системах теплозабезпечення близько 14,3%.

Реконструкція теплових мереж з впровадженням попередньоізольованих труб, систем обліку, контрольно-вимірювального обладнання тощо забезпечить зменшення втрати тепла в тепломережах по Україні до 7% у 2030 р., в тому числі в мережах ТЕЦ – до 8% та котельних – до 8,7%, переважно завдяки покращанню їх технологічного стану.

Економія енергоресурсів досягається за рахунок: інтенсифікації технологічних процесів, впровадження нової техніки і прогресивної технології, скорочення норм витрати на виробництво продукції, зменшення витрат енергії, роботи обладнання в економних режимах, використання вторинних енергоресурсів.

Резерви економії згідно [1] розподіляють:

- 60 – 70 % дає розробка і використання нового більш економного енергоспоживаючого обладнання, застосування менш енергоємних технологій, застосування засобів автоматизації і контролю;
- 20 – 25 % можна отримати шляхом зниження енергоресурсів на стадії споживання і при передачі, транспортуванні і зберіганні енергоресурсів;

- 10 – 15 % можуть давати організаційно – технічні заходи, використання вторинних енергоресурсів.

Оснащення систем тепlopостачання сучасними приладами обліку і регулювання дозволить отримати значну економію енергоресурсів, покращити тепловий комфорт при відносно низьких капітальних вкладеннях і строках окупності.

Одним з пріоритетних напрямків в роботі по зниженню споживання енергоресурсів при виробництві та транспортуванні теплової енергії є заміна трубопроводів опалення та гарячого водопостачання на попередньо-гідротеплоізольовані пінополіуретаном труби.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Мета проекту

Завданням даного дипломного проекту є запроектувати систему тепlopостачання міста Ужгород та впровадити енергозберігаючі технології.

Метою проекту є закріпити та практично використати отримані протягом навчання знання, а також запропонувати технічні рішення енергозберігаючих технологій.

Під час проектування я повинен:

- прийняти технічні рішення щодо прокладки теплової мережі;
- розрахувати витрати тепла споживачами;
- побудувати годинні та річний графіки тепло споживання;
- розробити режим регулювання відпуску тепла;
- розрахувати витрати теплоносія;
- визначити діаметри трубопроводів та втрати тиску на ділянках теплової мережі;
- визначити товщину теплоізоляційного шару;
- підібрати допоміжне обладнання (насоси, компенсатори, лічильники тепла тощо);
- розглянути питання енергозбереження в системах тепlopостачання;
- визначити собівартість 1 ГДж тепла;
- розробити заходи з охорони праці.

1.2 Вихідні дані для проектування

Вихідними даними для виконання проекту є розрахункові параметри теплоносія, кліматичні характеристики міста, характеристика забудови мікрорайону.

Параметри теплоносія:

- в подавальному трубопроводі теплової мережі 130⁰С;
- в зворотному трубопроводі 70⁰С.

На основі [2] для умов міста Ужгород визначаю наступні кліматичні характеристики:

- розрахункову температуру зовнішнього повітря для проектування опалення – $t_{30} = -18^{\circ}\text{C}$;
 - розрахункову температуру зовнішнього повітря для проектування вентиляції – $t_{3в} = -6^{\circ}\text{C}$;
 - середню температуру зовнішнього повітря за опалювальний період – $t_{ср} = +1,6^{\circ}\text{C}$;
 - тривалість опалювального періоду – $n_{оп} = 162$ діб;
 - швидкість вітру в січні – 5,6м/с;
 - тривалість стояння температур зовнішнього повітря, год:
 - 24,9...-20 – 2;
 - 19,9...-15 – 18;
 - 14,9...-10 – 55;
 - 9,9...-5 – 404;
 - 4,9...0 – 919;
 - +0,1...+5 – 1484;
 - +5,1...+8 – 1006;
- Всього – 3888.

Грунт – мало вологий.

Характеристика забудови мікрорайону наведена в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Характеристика забудови мікрорайону

№ з/п	Призначення будівлі	Поверховість	Площа забудови, м	Житлова площа, м	Об'єм будівлі, м	Кількість абонентів, м
1	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
2	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
3	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
4	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
5	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
6	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
7	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
8	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
9	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
10	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
11	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
12	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
13	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
14	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
15	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
16	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
17	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
18	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
19	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
20	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
21	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
22	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
23	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
24	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
25	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
26	Житловий будинок	5	921	2427	13815	187
27	Житловий будинок	9	1842	4040	49734	311
28	Житловий будинок	9	1842	4040	49734	311
29	Житловий будинок	9	1842	4040	49734	311
30	Житловий будинок	5	672	1720	10080	132
31	Житловий будинок	5	672	1720	10080	132

Продовження таблиці 1.2

№ з/п	Призначення будівлі	Поверховість	Площа забудови, м	Житлова площа, м	Об'єм будівлі, м	Кількість абонентів, м
32	Магазин на 10 робочих місць і комбінат побутового обслуговування	2	578	-	3468	10
33	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	2	1050	-	6300	135
34	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	2	1050	-	6300	135
35	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	2	1050	-	6300	135
36	Дитячий садок-ясла на 280 дітей	2	1488	-	8928	280
37	Дитячий садок-ясла на 280 дітей	2	1488	-	8928	280
38	Школа на 920 учнів	3	2020	-	18180	920
39	Школа на 960 учнів	3	2125	-	19125	960
40	Школа на 1496 учнів	3	2950	-	26550	1496

1.3 Характеристика умов праці

Характеристикою виробничого середовища з урахуванням особливостей технологічних, виробничих і трудових процесів є наявність різноманітних чинників, які негативно впливають на організм людини. Згідно з "Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу", затвердженою наказом МОЗ України від 08.04.2014 р. №248, у якому здійснюється безпечними умовами праці. Стан умов праці, за якого вплив на працівників шкідливих та небезпечних чинників усунуто або їх рівні не перевищують граничнодопустимих значень[28].

Небезпечні і шкідливі чинники

Фізичні чинники:

- 1) все тепломеханічне обладнання є джерелом тепловиділень;
- 2) насоси створюють вібрацію і шум;
- 3) наявність електричного навантаження також є джерелом тепловиділень, а також створює можливість ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом;

Психофізіологічні чинники:

- 1) монотонність праці.
- 2) розумове перенапруження.
- 3) емоційні перевантаження.

Психофізіологічні чинники роблять несприятливі впливи в першу чергу на ті види діяльності, які пов'язані з постійною присутністю на робочому місці персоналу і спостереженням за контрольно-вимірювальними приладами, спостереженням за режимом роботи агрегатів, пуски та аварійні ситуації.

Даним проектом передбачені такі заходи, спрямовані на зниження і можливе усунення небезпечних ситуацій, пов'язаних з роботою основного і допоміжного обладнання:

1) Всі гарячі зовнішні поверхні, трубопроводи, а також допоміжне обладнання, що має значні тепловиділення, ізольовані. При цьому при температурі навколишнього повітря +25 °С температура зовнішнього шару ізоляції становить +45 С.

2) Захист від вібрації і шуму досягається шляхом встановлення гумових прокладок, амортизаторів тощо.

3) Електробезпека досягається заземленням електрообладнання, встановленням автоматичних засобів захисту та запобіжників;

4) За допомогою маркувальних табличок вказані напрями потоку середовища, розроблені плани, схеми [16].

Розміри проходів для обслуговування основного і допоміжного обладнання відповідають вимогам правил технагляду - не менше 1 м зі сторони робочої зони і 0,6 м — зі сторони неробочої зони.

1.4 Заходи промислової санітарії

Промислова санітарія (виробнича санітарія) - розділ загальної санітарії, здійснює заходи по правильному улаштуванні, обладнання та утримання запроектованого об'єкту з метою охорони здоров'я працюючих на них, а також населення, що проживає в найближчому сусідстві з об'єктом.

Мікроклімат виробничого приміщення. Температура, відносна вологість, швидкість руху повітря біля тіла людини, а також температура стін і навколишніх предметів утворюють мікроклімат на робочому місці. Різні сполучення цих параметрів можуть створювати те саме комфортне відчуття, що відповідає оптимальним умовам для теплообміну тіла людини з навколишнім середовищем без напруги терморегуляції організму. Практичні заходи по оздоровленню умов праці ґрунтуються на гігієнічних нормативах для виробничих приміщень: температура у холодний період року 17-20⁰С, відносна вологість 40-60%,

швидкість руху повітря - не більше 0,2 м/с у теплий період року температура 18-22⁰С , відносна вологість повітря -40-60% , швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с, гранично допустимі концентрації шкідливих газів, парів і пилу в повітрі виробничих приміщень, гранично допустимі рівні шуму і вібрації тощо.

При виконанні електрозварювальних робіт найбільш характерними травмами є захворювання очей, ураження струмом, опіки, отруєння оксидами азоту і захворювання пневмоконіозом.

Захворювання очей викликається шкідливим впливом випромінювань електричної дуги. Невидимі ультрафіолетові промені, що випускаються дугою, шкідливо діють на сітчасту і рогову оболонку очей. Якщо дивитися незахищеними очима на світ дуги протягом 5-10 хв, то через 1-2 год після цього з'являються біль в очах, спазми повік, сльозотеча і запалення повік.

Інші невидимі промені (інфрачервоні), також випромінюються дугою, при тривалій дії можуть викликати загальне захворювання очей.

Для захисту зору від шкідливих впливів дуги застосовують щитки і маски із захисними стеклами, які ультрафіолетові промені абсолютно не пропускають, а інфрачервоні промені пропускають лише в кількості 0,1-3%. Вітчизняна промисловість випускає захисне скло наступних типів: Е-1, Е-2, Е-3 і Е-4, які застосовуються при зварювальному струмі силою відповідно 30-75, 75-200, 200-400 і понад 400 А.

Для захисту від бризок розплавленого металу світлофільтр покривають зовні прозорим і захисним склом, що не б'ється.

Для захисту людей, що працюють по сусідству, від шкідливої дії променів зварювальної дуги місця зварювання захищаються світлонепроникними щитами або ширмами висотою не менше 1,8 м.

Для захисту зору робітників, присутніх при зварюванні, передбачено застосування світлофільтрів марок В-1 та В-2.

При появі болю в очах особи, зайняті електрозварюванням, зобов'язані негайно звернутися до лікаря, а якщо медичний пункт далеко, - промити очі 5% - ним розчином питної соди.

Ураження електричним струмом відбувається в результаті недотримання "Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів" [25] і «Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів» [26].

Отруєння, а також захворювання пневмоконіозом викликається забрудненням робочої зони зварювальника шкідливими парами, газами і пилом. При виконанні електрозварювальних робіт виділяються такі шкідливі речовини, як окис азоту, пари металу і пил. Оксиди азоту утворюються з азоту атмосферного повітря під дією високої температури електричної дуги. Оксиди азоту діють на слизову оболонку дихальних шляхів і можуть викликати отруєння. Симптоми отруєння - головний біль, нудота, втрата свідомості.

Пил утворюється від окислення парів металу. Близько факела зварювальної дуги кількість пилу значно перевищує гранично допустиму концентрацію. Тривала дія цього пилу на організм людини призводить до захворювання на пневмоконіоз.

Розміри робочого майданчика зварника і місце розташування зварювальних агрегатів повинні відповідати вимогам безпеки та зручності роботи. Площа робочого майданчика електрозварника повинна бути не менше 4 м², і ширина проходів не менше 1 м.

До початку робіт електрозварник зобов'язаний перевірити ізоляцію електропроводів і електродотримача; наявність і правильність заземлення корпусу зварювального апарату, зварювальної деталі і кожуха рубильника; щільність з'єднання електропроводів з апаратом.

Відстань від місця проведення електрозварювальних робіт до місця знаходження легкозаймистих матеріалів повинна бути не менше 10м.

Таким чином, дипломним проектом передбачені допустимі умови праці на робочих місцях та повністю усунена дія на працівників небезпечних і шкідливих виробничих чинників за допомогою вище перерахованих заходів і засобів.

1.5 Заходи з техніки безпеки

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності [27].

Розділ охорона праці містить основні складові частини: характеристику умов праці, промислову санітарію, гігієну, техніку безпеки та протипожежний захист і електробезпеку.

Мета охорони праці - створення безпечних, нешкідливих і сприятливих умов праці через вирішення багатьох складних завдань, основними з яких є:

- проектування об'єкту і підбір обладнання з обов'язковим виконанням вимог охорони праці;
- знаходження оптимальних співвідношень між різними чинниками виробничого середовища, що дозволяє забезпечити мінімум несприятливого впливу їх на здоров'я працівників;
- встановлення, законодавче оформлення визначених норм кожного з несприятливих або небезпечних чинників, систематичний контроль за ними;
- розробка конкретних заходів щодо покращення умов праці та забезпечення безпеки на основі застосування у виробництві новітніх досягнень науки і техніки;
- застосування раціональних засобів захисту працівників від впливу несприятливих чинників виробничого середовища, а також втілення

організаційних заходів, які нейтралізують або послаблюють ступінь їх впливу на організм людини;

– розробка та застосування методів і засобів оцінки ефективності заходів з охорони праці, що плануються і здійснюються.

Завданням даного розділу дипломного проекту є розробка організаційних і технічних заходів, що забезпечують безпечні й здорові умови праці при монтажі та експлуатації теплової мережі житлового мікрорайону.

В дипломному проекті запроектовано підземну прокладку теплової мережі з попередньо ізольованих трубопроводів, підібране наступне допоміжне обладнання: живильні та мережні насоси, грязьовики, лічильники тепла.

Про прокладання теплотраси в зоні розташування підземних комунікацій (електрокабелі, газопроводи і ін.) виконують при наявності письмового дозволу організацій, відповідальних за експлуатацію цих комунікацій. До дозволу прикладається план із вказівкою розташування і глибини закладення комунікацій.

Поблизу ліній підземних комунікацій земляні роботи виконують під спостереженням представників організацій, що експлуатують ці комунікації. У безпосередній близькості від комунікацій забороняється користуватися ломами, кирками і пневматичними інструментами.

Стіни траншеї в сипучому, слабкому або вологому ґрунті зміцнюють або влаштовують нахили, що відповідають куту природного нахилу для даного ґрунту. За станом нахилу і за поверхнею вертикальних стін виїмок, виконаних без кріплень, ведуть систематичне спостереження.

Котловани і траншеї в місцях пересування людей і транспорту, огорожують. На огороженні встановлюють попереджувальні знаки, а в нічний час - сигнальне освітлення. Для запобігання падіння ґрунту із брівок у траншею його відкидають від брівок на відстань не менш 0,5 м. У тих випадках, коли виїмки виконані без кріплень стінок, складування вантажів, установка або пересування будівельних механізмів і автотранспорту дозволяються за межами призми обвалення ґрунту.

У процесі підготовки до монтажу повинні бути виявлені ділянки підвищеної небезпеки виконання монтажних робіт та вжиті заходи, що забезпечують безпечні умови праці. Усі проходи і проїзди очищають від будівельного сміття і сторонніх предметів для створення можливості вільного і безпечного доступу до робочих місць.

Опорні конструкції і отвори в перекриттях і перегородках виконуються до початку монтажу трубопроводів. Пробивання отворів, необхідних для прокладки трубопроводів, як правило, виконують будівельні робітники. Якщо пробивку отворів доводиться виконувати в процесі монтажу, то здійснюються спеціальні заходи щодо захисту робітників від ударів падаючими уламками стінових матеріалів.

Монтаж трубопроводів поблизу діючих електричних мереж виконується тільки після зняття напруги.

Укладені на опори вузли і примикаючі до них секції трубопроводів повинні бути надійно закріплені постійними засобами кріплення. Тимчасове кріплення трубопроводів не дозволяється. При прокладанні трубопроводів не можна порушувати окремі елементи несучих конструкцій (опор, підвісок або консолей).

При направленні слюсаря-сантехніка для монтажу трубопроводів в особливо небезпечних умовах йому має бути виданий наряд-допуск на роботи підвищеної небезпеки в якому зазначаються вимоги техніки безпеки їх виконання.

Заготівля та обробка труб повинна виконуватися в заготівельних майстернях. Виконання цих робіт на риштовці робітниками не дозволяється.

В даному проекті передбачено виконання всіх вимог нормативних документів при монтажі тепломережі.

1.6 Заходи протипожежної безпеки

Згідно [19] власники запроектованого об'єкту господарювання відповідають за пожежну безпеку приміщень та обладнання теплових установок і теплових мереж, а також за наявність і справний стан первинних засобів пожежогасіння та призначають особи, відповідальні за пожежну безпеку окремих приміщень та ділянок.

Усі споруди та устаткування обладнані мережею протипожежного водопостачання, засобами виявлення та гасіння пожежі.

Персонал має виконувати вимоги інструкцій з пожежної безпеки та встановлений на запроектованому об'єкті протипожежний режим експлуатації теплових установок і теплових мереж, не допускати особисто та зупиняти дії інших осіб, які можуть призвести до займання та пожежі.

Персонал, який обслуговує теплові установки і теплові мережі, проходить протипожежний інструктаж, заняття з пожежно-технічного мінімуму, бере участь у протипожежних тренуваннях.

Враховуючи особливості експлуатації теплових установок і теплових мереж, встановлюється протипожежний режим та впроваджуються протипожежні заходи, які забезпечують безпечну експлуатацію, а також опрацьовується оперативний план пожежогасіння, складаються об'єктова інструкція та інструкції про заходи пожежної безпеки для всіх вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщень даного дипломного проекту.

Зварювальні та інші вогнебезпечні роботи, у тому числі ремонтні, монтажні та інші, які здійснюються підрядними організаціями, виконуються згідно з вимогами правил пожежної безпеки та з урахуванням особливостей пожежної безпеки теплових установок і теплових мереж.

Розробляється та затверджується інструкція щодо заходів з пожежної безпеки та план (схема) евакуації людей у разі виникнення пожежі на теплових установках і теплових мережах та схема сповіщення людей про виникнення пожежі; створюється пожежотехнічна комісія та пожежні формування на добровільних засадах.

При виникненні пожежі персонал повинен:

- вимкнути устаткування, припливно-витяжну вентиляцію;
- сповістити пожежну команду та адміністрацію;
- розпочати гасіння, використовуючи кран внутрішнього протипожежного водопроводу, або за допомогою первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників, води, піску).

При загоранні електропроводів, необхідно вимкнути рубильник. Електропроводи, які знаходяться під напругою, треба гасити вуглекислотним вогнегасником та піском, не можна гасити водою або іншими вогнегасниками.

Таким чином, дипломним проектом враховані вимоги протипожежного захисту та відпрацьовані дії на випадок пожежі.

1.7 Охорона навколишнього середовища

Під час монтажу та експлуатації теплових установок та тепломережі даного дипломного проекту необхідно забезпечити мінімальний негативний вплив на навколишнє природне середовище згідно вимог [19].

Під час експлуатації теплових установок з метою охорони водних об'єктів і атмосфери від забруднення необхідно керуватися [20], [21],[22],[23].

Під час експлуатації теплових установок та окремих типів технологічного та іншого устаткування не повинні перевищуватись погоджені з державними природоохоронними та санітарними органами нормативи та ліміти, що встановлені вище перерахованими документами.

Шумова дія тепловикористовувальних установок не повинна перевищувати норм граничної звукової потужності, установлених на об'єкті відповідно до державних стандартів і санітарних норм.

Скиди гарячої води в каналізацію температурою вище 40 °С усунені за рахунок подачі їх в тепломережу.

Передбачена утилізація відходів, що утворюються під час проведення монтажних робіт. Таким чином, запроектована тепломережа забезпечує додержання встановлених санітарних норм і природоохоронних вимог.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування прийнятих рішень

В даному дипломному проекті теплова мережа двотрубна, закрита, тупикова.

Прокладка теплової мережі згідно рекомендацій [2] підземна, безканална. Це дозволить зберегти архітектурний вигляд житлового мікрорайону.

З метою енергозбереження пропоную прокладку теплових мереж з попередньо ізольованих трубопроводів.

Переваги цього виду теплоізоляції:

- можливість виготовлення теплоізоляції в умовах заводу з різними покривними шарами – фольгоізол, оцинкована жерсть, пластмаса;
- швидкість монтажу в будь-яких погодних умовах;
- екологічна та санітарно-гігієнічна безпека під час монтажу та експлуатації;
- довговічність в експлуатації (30 років і більше);
- високі теплофізичні характеристики, зниження теплових втрат у 5 разів.

Підключення споживачів до теплової мережі:

- схема підключення системи опалення залежна з насосом;
- теплообмінники для приготування води на потреби гарячого водопостачання підключені по паралельній схемі і розміщені в ІТП.

Компенсація температурних видовжень трубопроводів передбачена П-подібними компенсаторами (вони не потребують обслуговування, прості по конструкції, надійні), а також за рахунок кутів повороту тепломережі.

В місцях відводів на магістральному трубопроводі передбачаю теплофікаційні камери, в яких встановлюється запірна арматура.

На ввіді до будівель передбачаю установку теплових лічильників.

2.2 Визначення витрати тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання

Потребу в тепловій енергії визначають за видами тепло споживання [3]. В даному проекті потребу в тепловій енергії визначаю на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання.

Витрата тепла на опалення згідно [3], Вт, визначається за формулою

$$Q_0 = q_0 \cdot V_3 \cdot (t_e - t_{30}) \cdot \eta$$

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

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

t_e - температура внутрішнього повітря, °С, визначаю згідно [3];

t_{30} - розрахункова для опалення температура зовнішнього повітря, °С;

η - поправочний коефіцієнт на теплову характеристику, що залежить від розрахункової температури зовнішнього повітря, $\eta=1,22$.

Витрата тепла на вентиляцію згідно [3], Вт, визначається за формулою

$$Q_e = q_e \cdot V_3 \cdot (t_e - t_{3e})$$

де q_e - питома вентиляційна характеристика, Вт/м³°С;

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

t_e - температура внутрішнього повітря, °С;

t_{3e} - 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 [3], Вт, визначається за формулою

$$Q_{зв}^{cp} = \frac{m \cdot a_{доб} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{г.сп.} - t_x)}{3600 \cdot T} + \Delta Q_n + \Delta Q_{ц}$$

де m - кількість споживачів гарячої води;

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

$\rho = 1$ кг/л-густина води;

$c = 4187$ Дж/кг^{°C} - питома теплоємність води;

$t_{г.сп.}$ – середня температура гарячої води, при якій встановлені норми витрати води ($t_{г.сп.} = 55$ °C);

t_x - температура холодної води, °C(при відсутності даних приймають +5 °C);

T -період споживання гарячої води, год.;

$\Delta Q_n, \Delta Q_{ц}$ - втрати тепла, відповідно подаючим і циркуляційним трубопроводами, Вт.

Для жилих будинків, гуртожитків, санаторіїв, лікарень і т.д. $T = 24$ год, для інших громадських будівель період споживання гарячої води визначаю згідно [4]. Оскільки відомості про втрати тепла подавальним і циркуляційним трубопроводами відсутні, то середнього динну витрату тепла за опалювальний період визначається по формулі

$$Q_{зв}^{cp} = \frac{m \cdot a_{доб} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_g - t_x)}{3600 \cdot T}$$

де t_g – температура гарячої води, рівна 60°C.

Максимальна годинна витрата тепла

$$Q_{\text{гб}}^{\text{max}} = 2,4 \cdot Q_{\text{гб}}^{\text{сп}}$$

Необхідні дані для розрахунків беру з [4], [5] і записую в таблицю 2.2.1

Таблиця 2.2 Довідникові дані для розрахунків

№ з/п	Призначення будівлі	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	$V_{з}, \text{M}^3$	$q_o, \text{Вт}/^\circ\text{Cм}^3$	$q_{в}, \text{Вт}/^\circ\text{Cм}^3$	$a, \text{л}/\text{доб}$	Період споживання $T, \text{год}$
2	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
3	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
4	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
5	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
6	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
7	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
8	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
9	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
10	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
11	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
12	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
13	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
14	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
15	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
16	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
17	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
18	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
19	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
20	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
21	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
22	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
23	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
24	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
25	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
26	Житловий будинок	20	13815	0,43	-	115	24
27	Житловий будинок	20	49734	0,4	-	115	24
28	Житловий будинок	20	49734	0,4	-	115	24
29	Житловий будинок	20	49734	0,4	-	115	24
30	Житловий будинок	20	10080	0,45	-	115	24
31	Житловий будинок	20	10080	0,45	-	115	24
32	Магазин на 10 робочих місць і	16	3468	0,44	-	65	10

Продовження таблиці 2.2

№ з/п	Призначення будівлі	$t_b, ^\circ\text{C}$	V_z, M^3	$Q_o, \text{Вт}/^\circ\text{C}\text{M}^3$	$Q_b, \text{Вт}/^\circ\text{C}\text{M}^3$	$a, \text{л}/\text{доб}$	Період споживання $T, \text{год}$
33	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	20	6300	0,4	0,12	30	10
34	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	20	6300	0,4	0,12	30	10
35	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	20	6300	0,4	0,12	30	10
36	Дитячий садок-ясла на 280 дітей	20	8928	0,4	0,12	30	10
37	Дитячий садок-ясла на 280 дітей	20	8928	0,4	0,12	30	10
38	Школа на 920 учнів	20	18180	0,38	0,08	8	8
39	Школа на 960 учнів	20	19125	0,38	0,08	8	8
40	Школа на 1496 учнів	20	26550	0,38	0,08	8	8

Приклад розрахунку для 5-поверхового житлового будинку:

$$Q_o = 0,43 \cdot 13815 \cdot (20 - (-18)) \cdot 1,22 / 1000 = 275,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{zg}^{cp} = \frac{187 \cdot 115 \cdot 1 \cdot 4187 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 24} / 1000 = 57,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{zg}^{\max} = 2,4 \cdot 57,2 = 137,3 \text{ кВт}.$$

Приклад розрахунку для школи на 920 учнів:

$$Q_o = 0,38 \cdot 18180 \cdot (21 - (-18)) \cdot 1,22 / 1000 = 328,7 \text{ кВт};$$

$$Q_g = 0,08 \cdot 18180 \cdot (21 - (-6)) / 1000 = 39,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{zg}^{cp} = \frac{920 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 4187 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 8} / 1000 = 58,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{zg}^{\max} = 2,4 \cdot 58,9 = 141,2 \text{ кВт}.$$

Подальші розрахунки виконую в таблиці 2.2.2

Таблиця 2.3 Розрахунок теплових навантажень

№ з/п	Призначення будівлі	Витрата тепла, кВт			
		Q_0	Q_B	$Q_{ГВ}^{cp}$	$Q_{ГВ}^{max}$
1	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
2	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
3	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
4	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
5	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
6	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
7	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
8	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
9	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
10	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
11	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
12	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
13	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
14	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
15	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
16	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
17	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
18	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
19	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
20	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
21	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
22	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
23	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
24	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
25	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
26	Житловий будинок	275,4	-	57,2	137,3
27	Житловий будинок	922,3	-	95,3	228,6
28	Житловий будинок	922,3	-	95,3	228,6
29	Житловий будинок	922,3	-	95,3	228,6
30	Житловий будинок	210,3	-	40,6	97,3
31	Житловий будинок	210,3	-	40,6	97,3

Продовження таблиці 2.3

№ з/п	Призначення будівлі	Витрата тепла, кВт			
		Q_0	Q_v	$Q_{ГВ}^{cp}$	$Q_{ГВ}^{max}$
32	Магазин на 10 робочих місць і комбінат побутового обслуговування	63,3	-	2,6	6,2
33	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	123,0	21,2	25,9	62,2
34	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	123,0	21,2	25,9	62,2
35	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	123,0	21,2	25,9	62,2
36	Дитячий садок-ясла на 280 дітей	174,3	30,0	53,7	129,0
37	Дитячий садок-ясла на 280 дітей	174,3	30,0	53,7	129,0
38	Школа на 920 учнів	328,7	39,3	58,9	141,2
39	Школа на 960 учнів	345,8	41,3	61,4	147,4
40	Школа на 1496 учнів	480,0	57,3	95,7	229,7
	Разом	12283,1	261,4	2258,4	5420,2

2.3 Побудова годинного графіку витрати тепла

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

Згідно п.9.7 [1] слід приймати:

- початок та кінець опалювального періоду за середньодобової температури зовнішнього повітря плюс 8°C протягом трьох діб;

- усереднену розрахункову температуру внутрішнього повітря опалювальних будівель житлово-комунального та громадського призначення 20⁰С.

Витрата теплоти на опалення при температурі зовнішнього повітря t_3 згідно [3] визначається за формулою

$$Q'_o = Q_o \cdot \frac{t_g - t_3}{t_g - t_{3o}}$$

де Q_o – розрахункова витрата тепла на опалення, кВт;

t_3 – будь-яка температура зовнішнього повітря в діапазоні температур від +8 до t_{3o} .

Аналогічно визначається витрата тепла на вентиляцію, при температурі зовнішнього повітря, відмінної від $t_{3в}$.

$$Q'_g = Q_g \cdot \frac{t_g - t_3}{t_g - t_{3g}}$$

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

Витрата тепла на гаряче водопостачання в опалювальний період не залежить від температури зовнішнього повітря.

Приклад розрахунку для $t_3=+8^0$ С:

$$Q'_o = 12283,1 \cdot \frac{20 - 8}{20 - (-18)} = 3878,9 \text{ кВт}$$

$$Q'_g = 261,4 \cdot \frac{20 - 8}{20 - (-6)} = 120,6 \text{ кВт}$$

Сумарна витрати теплоти при $t_3=+8^0$ С:

$$\Sigma Q = 3878,9 + 120,6 + 2258,4 = 6257,9 \text{ кВт}$$

Подальший розрахунок теплових навантажень залежно від температури зовнішнього повітря виконую у формі таблиці 2.3.1

Таблиця 2.4 Теплові навантаження залежно від температури зовнішнього повітря

Температура t_3 , °C	Q_o , кВт	Q_b , кВт	$Q_{гв}^{сп}$, кВт	ΣQ , кВт
+8	3878,9	120,6	2258,4	6257,9
+5	4848,6	150,8	2258,4	7257,8
0	6464,8	201,1	2258,4	8924,3
-6	8404,2	261,4	2258,4	10924,0
-10	9697,2	261,4	2258,4	12217,0
-15	11313,4	261,4	2258,4	13833,2
-18	12283,1	261,4	2258,4	14802,9

По отриманим значенням будує графік.

2.4 Побудова графіку витрати тепла по тривалості

Графік витрати теплоти по тривалості дозволяє визначити річну витрату теплоти, планувати завантаження обладнання тощо [3].

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

Таблиця 2.4.1 Число годин стояння температури зовнішнього повітря нижче

t_3 , °C	-18	-10	-5	0	+5	+8
Число годин стояння	20	75	479	1398	2882	3888

Витрата тепла на ГВП в літній період згідно [3] визначається за формулою

$$Q_{\text{зв}}^{\text{сп.л}} = Q_{\text{зв}}^{\text{сп}} \cdot \frac{55 - t_{\text{х.л}}}{55 - t_{\text{х}}} \cdot \beta$$

де $t_{\text{х.л}}$ – температура холодної водопровідної води в літній період згідно [6] приймається $t_{\text{х.л}} = 15^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{х}}$ – температура холодної водопровідної води в опалювальний період згідно [6] приймається $t_{\text{х.л}} = 5^{\circ}\text{C}$;

β – коефіцієнт, який враховує зміну середньої витрати води на гаряче водопостачання в неопалювальний період по відношенню до опалювального періоду; для житлово-комунального сектора приймається 0,8.

$$Q_{\text{зв}}^{\text{сп.л}} = 2054,8 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 1315,1 \text{ кВт}$$

По отриманим значенням будує графік .

2.5 Режим регулювання теплової мережі

При зміні температури зовнішнього повітря кількість тепла на потреби систем опалення і вентиляції необхідно зменшувати або збільшувати. Потепління, тобто підвищення температури, призводить до зменшення витрат тепла, похолодання – до збільшення.

На технологічні потреби і ГВП кількість тепла змінюють на протязі доби і по дням тижня. Подачу тепла регулюють за допомогою систем регулювання. Задачею регулювання є приведення у відповідність режимів відпуску теплоти та режимів споживання теплоти.

Регулювання згідно [4] поділяється на:

- центральне регулювання, яке здійснюється на джерелі теплоти.
- групове регулювання, яке здійснюється для груп споживачів в центральному тепловому пункті.
- місцеве регулювання, яке здійснюється для споживання в одній будівлі та в ІТП.
- індивідуальне регулювання, яке здійснюється безпосередньо біля пристрою який споживає теплоту.

Залежно від способу регулювання його поділяють на:

- автоматичне;
- ручне.

Регулювання теплових навантажень можна здійснити шляхом зміни:

- 1) температури теплоносія (якісне регулювання);
- 2) витрати теплоносія (кількісне регулювання);
- 3) температури та витрати теплоносія (якісно-кількісне регулювання);
- 4) часу роботи системи теплопостачання (переривчасте регулювання або регулювання перепустками).

Регулювання перепустками здійснюється в системі опалення в теплий період опалювального сезону. Вода в системі опалення подається з перервами в часі, а комфортні умови в приміщенні забезпечуються за рахунок теплоакumuлюючої здатності будівлі.

Кінцевим етапом при розробці центрального якісного регулювання є графік температури теплоносія.

Режим центрального регулювання розробляють орієнтуючись на характерне (найбільше) теплове навантаження. Таким навантаженням в житловій зоні, як правило, є опалювальне навантаження, другим по величині є навантаження на систему ГВП, тому режим центрального регулювання розробляють орієнтуючись на опалювальне навантаження з урахуванням ГВП.

Для побудови опалювального графіка визначаю температуру теплоносія в подавальному трубопроводі теплової мережі τ_1 , при декількох значеннях температури зовнішнього повітря t_3 . Значеннями t_3 попередньо задаюь в діапазоні від +8 до t_{30}

$$\tau_1 = t_{\text{в}} + (\tau_{\text{нр.о}} - t_{\text{в}}) \cdot \overline{Q_o}^{0,8} + (\tau_{10} - \tau_{\text{нр.о}}) \cdot \overline{Q_o},$$

Паралельно визначаю і температуру в зворотному трубопроводі при температурі t_3

$$\tau_2 = \tau_1 - (\tau_{10} - \tau_{20}) \cdot \overline{Q_o},$$

де $t_{\text{в}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, °C;

τ_{10}, τ_{20} - температура теплоносія відповідно в подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі при t_{30} (згідно завдання);

$\tau_{\text{нр.о}}$ - середня температура теплоносія в нагрівальних приладах системи опалення, визначається за формулою, °C

$$\tau_{\text{нр.о}} = \frac{\tau_{\text{зм}} + \tau_{20}}{2},$$

$$\tau_{\text{нр.о}} = \frac{95 + 70}{2} = 82,5$$

$\tau_{\text{зм}}$ - температура теплоносія в подавальному трубопроводі системи опалення;

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

$$\overline{Q_o} = \frac{t_{\text{в}} - t_3}{t_{\text{в}} - t_{30}},$$

Розрахунок параметрів теплоносія при температурі зовнішнього повітря $+8^{\circ}\text{C}$:

$$\bar{Q}_o = \frac{20 - 8}{20 - (-18)} = 0,32;$$

$$\tau_1 = 20 + (82,5 - 20) \cdot 0,32^{0,8} + (130 - 82,5) \cdot 0,32 = 60^{\circ}\text{C};$$

$$\tau_2 = 60 - (130 - 70) \cdot 0,32 = 41^{\circ}\text{C};$$

Подальші розрахунки зводжу в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5. Розрахунок температур теплоносія

Температура $t_3, ^{\circ}\text{C}$	\bar{Q}_o	$\tau_1, ^{\circ}\text{C}$	$\tau_2, ^{\circ}\text{C}$
+8	0,32	60	41
+5	0,39	68	45
0	0,53	82	51
-5	0,66	96	56
-10	0,79	109	62
-15	0,92	122	67
-18	1,00	130	70

За результатами розрахунків будує опалювальний графік температур теплоносія (рис. 3).

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

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

2.6 Визначення розрахункових витрат теплоносія

Витрати теплоносія для окремих ділянок теплової мережі розраховую за допомогою формули

$$G_p = G_o + G_v + k_3 G_{г.в.}^{сер.},$$

де $G_o, G_v, G_{г.в.}^{сер.}$ – відповідно розрахункові витрати теплоносія на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання;

k_3 – коефіцієнт, що залежить від теплового навантаження на ділянку.

При загальному тепловому навантаженні 100 МВт і більше $k_3=1,0$; при тепловому навантаженні, меншому ніж 100 МВт, але більшому за 10 МВт $k_3=1,2$. Якщо теплове навантаження менше від 10 МВт, то у формулі замість $Q_{г.в.}^{ср}$ підставляють $Q_{г.в.}^{max}$, а $k_3=1,0$.

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

$$G_o = \frac{Q_{р.о.}}{c(\tau_{10} - \tau_{20})},$$

де $Q_{р.о.}$ - розрахункові витрати теплоти на опалення будинків, кВт;

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

c - теплоємність води, яка становить 4,187 кДж/кг°С.

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

$$G_v = \frac{Q_{р.в.}}{c(\tau_{10} - \tau_{20})},$$

де $Q_{р.в.}$ - розрахункові витрати теплоти на вентиляцію будинків, кВт.

На гаряче водопостачання, при регулюванні по опалювальному графіку та підключенню теплообмінників за паралельною схемою, розрахункові витрати теплоносія $G_{\text{ГВ}}^{\text{ср}}$ обчислюють за допомогою рівняння, кг/с

$$G_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}}}{c(\tau_1' - \tau_3')},$$

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

τ_1' - температура теплоносія в подавальному трубопроводі при температурі

$$t_3 = t_3';$$

τ_3' - температура теплоносія після теплообмінника в точці злому температурного графіка, $\tau_3' = 30^\circ \text{C}$.

Приклад розрахунку для школи на 920 учнів, кг/с:

$$G_o = \frac{328,7}{4,187(130 - 70)} = 1,31;$$

$$G_b = \frac{39,3}{4,187(130 - 70)} = 0,16;$$

$$G_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = \frac{141,2}{4,187(70 - 30)} = 0,84$$

Сумарна витрата

$$G_p = 1,31 + 0,16 + 0,84 = 2,31 \text{ кг/с.}$$

Результати розрахунку витрат теплоносія по окремим споживачам заношу в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 Витрати теплоносія споживачами

№ з/п	Призначення будівлі	Витрата теплоносія, кг/с			
		G ₀	G _в	G _в	ΣG
1	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
2	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
3	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
4	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
5	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
6	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
7	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
8	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
9	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
10	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
11	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
12	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
13	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
14	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
15	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
16	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
17	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
18	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
19	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
20	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
21	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
22	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
23	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
24	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
25	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
26	Житловий будинок	1,10	-	0,82	1,92
27	Житловий будинок	3,67	-	1,37	5,04
28	Житловий будинок	3,67	-	1,37	5,04
29	Житловий будинок	3,67	-	1,37	5,04
30	Житловий будинок	0,84	-	0,58	1,42
31	Житловий будинок	0,84	-	0,58	1,42

32	Магазин на 10 робочих місць і комбінат побутового обслуговування	0,25	0,00	0,04	0,29
33	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	0,49	0,08	0,37	0,95
34	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	0,49	0,08	0,37	0,95
35	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	0,49	0,08	0,37	0,95
36	Дитячий садок-ясла на 280 дітей	0,69	0,12	0,77	1,58
37	Дитячий садок-ясла на 280 дітей	0,69	0,12	0,77	1,58
38	Школа на 920 учнів	1,31	0,16	0,84	2,31
39	Школа на 960 учнів	1,38	0,16	0,88	2,42
40	Школа на 1496 учнів	1,91	0,23	1,37	3,51

2.7 Гідравлічний розрахунок

Гідравлічний розрахунок теплових мереж виконується з метою визначення діаметрів трубопроводів і втрат тиску в них. Результати гідравлічного розрахунку використовують для визначення капіталовкладень, підбору мережних і живильних насосів, вибору схеми приєднання абонентських установок до теплових мереж.

Послідовність гідравлічного розрахунку згідно [3]:

- 1) на трасі трубопроводів вибираю головну розрахункову магістраль, як правило, від джерела тепла (котельні) до найбільш віддаленого споживача;
- 2) визначаю розрахункові витрати теплоносія на ділянках і довжини ділянок;
- 3) на основі витрат теплоносія і орієнтуючись на питому втрату тиску до 80 Па/м, назначаю діаметри трубопроводів на ділянках, користуючись таблицями для гідравлічного розрахунку теплових мереж;

4) по таблицям визначаю питому втрату тиску і швидкість теплоносія, що не повинна перевищувати 1,5м/с;

5) на розрахунковій схемі розставляю відмикаючу арматуру, компенсатори, а на вводі до абонентів передбачаю установку грязьовиків і лічильників тепла;

6) на основі місцевих опорів визначаю еквівалентну довжину кожної ділянки згідно і обчислюю приведену довжину, м, по формулі:

$$l_{np} = l + l_{екв}$$

7) визначаю втрати тиску на ділянках з виразу $\Delta p = R \cdot l_{np}$ і втрати тиску на магістралі;

8) розраховую відгалуження по розрахунковому перепаду тиску, при цьому питома втрата тиску не повинна перевищувати 300Па/м.

Діаметри подавального і зворотного трубопроводів двотрубної водяної теплової мережі при сумісному подаванні теплової енергії на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання рекомендується приймати однаковими .

Найменший номінальний (умовний діаметр труб у тепловій мережі слід приймати не менше 32мм .

Гідравлічний розрахунок виконую у формі таблиці 2.7.

Таблиця 2.7- Гідравлічний розрахунок

№ діл.	G, кг/с	D _y , мм	D _{зх} S, мм	Довжина ділянки, м			V, м/с	R, Па/м	P, Па	H, м. вод.ст.
				за планом	еквівалентна	приведена				
Головна розрахункова магістраль										
0-1	82,42	300	325x8	31,6	31,97	63,57	1,14	44,8	2847,94	0,28
1-2	30,04	200	219x6	84,5	11,76	96,26	0,93	49,3	4745,62	0,47
2-3	26,2	175	194x5	35	11,76	46,76	1,02	68,9	3221,76	0,32
3-4	22,36	175	194x5	12,1	15,96	28,06	0,86	49,3	1383,36	0,14
4-5	14,68	150	159x4,5	94,5	25,44	119,94	0,86	63	7556,22	0,76
5-6	12,47	150	159x4,5	57,5	7,84	65,34	0,74	46,9	3064,45	0,31
6-7	9,13	125	133x4	45,7	6,60	52,30	0,77	63,7	3331,51	0,33
7-8	7,21	125	133x4	40	6,60	46,60	0,61	40,8	1901,28	0,19
8-9	5,29	100	108x4	40	4,95	44,95	0,69	69,4	3119,53	0,31
9-10	2,42	80	89x3,5	137	11,74	148,74	0,47	42,4	6306,58	0,63
Разом:										3,75
Відгалуження										
9-11	0,57	40	45x2,5	35,5	2,61	38,11	0,47	109,7	4180,67	0,42
9-12	1,92	70	76x3,5	7,2	4,00	11,20	0,53	66,5	744,80	0,07
8-13	1,92	70	76x3,5	7,2	4,00	11,20	0,53	66,5	744,80	0,07
7-14	1,92	70	76x3,5	7,2	4,00	11,20	0,53	66,5	744,80	0,07
6-15	1,92	70	76x3,5	20	4,00	24,00	0,53	66,5	1596,00	0,16
6-16	1,42	50	57x3,5	16,1	2,61	18,71	0,74	200,8	3756,97	0,38
5-17	0,29	32	38x2,5	70,6	3,78	74,38	0,35	79,6	5920,65	0,59

Продовження таблиці 2.7.1

№ діл.	G, кг/с	D _y , мм	D _{зх} S, мм	Довжина ділянки, м			V, м/с	R, Па/м	P, Па	H, м. вод.ст.
				за планом	еквівалентна	приведена				
5-18	1,92	70	76x3,5	66	3,78	69,78	0,53	66,5	4640,37	0,46
4-19	7,68	125	133x4	22,9	6,60	29,50	0,65	45,4	1339,30	0,13
19-20	3,84	80	89x3,5	35	6,38	41,38	0,75	106,2	4394,56	0,44
20-21	1,92	70	76x3,5	41,4	2,00	43,40	0,53	66,5	2886,10	0,29
20-22	1,92	70	76x3,5	9,4	1,00	10,40	0,53	66,5	691,60	0,07
19-23	1,92	70	76x3,5	41,4	5,00	46,40	0,53	66,5	3085,60	0,31
19-24	1,92	70	76x3,5	9,4	4,00	13,40	0,53	66,5	891,10	0,09
3-25	1,92	70	76x3,5	41,4	5,00	46,40	0,53	66,5	3085,60	0,31
3-26	1,92	70	76x3,5	9,4	4,00	13,40	0,53	66,5	891,10	0,09
2-27	1,92	70	76x3,5	41,4	5,00	46,40	0,53	66,5	3085,60	0,31
2-28	1,92	70	76x3,5	9,4	4,00	13,40	0,53	66,5	891,10	0,09
Розрахунковий напрямок										
1-29	52,38	250	273x7	21,4	25,43	46,83	1,03	45,5	2130,77	0,21
29-30	21,15	175	194x5	35,8	11,76	47,56	0,82	45	2140,20	0,21
30-31	19,23	175	194x5	35	11,76	46,76	0,77	38,8	1814,29	0,18
31-32	15,73	150	159x4,5	86,9	7,84	94,74	0,94	76,8	7276,03	0,73
32-33	11,89	150	159x4,5	40	7,84	47,84	0,71	43,2	2066,69	0,21
33-34	8,05	125	133x4	40	11,00	51,00	0,68	50,3	2565,30	0,26
34-35	3,26	80	89x3,5	106,2	14,28	120,48	0,63	75,3	9072,14	0,91
35-36	0,95	50	57x3,5	38,8	1,30	40,10	0,51	94,4	3785,44	0,38
Відгалуження										
35-37	2,31	70	76x3,5	24,9	1,00	25,90	0,64	97,4	2522,66	0,25
34-38	0,95	50	57x3,5	24,1	0,65	24,75	0,51	94,4	2336,40	0,23
34-39	1,92	70	76x3,5	20	4,00	24,00	0,53	66,5	1596,00	0,16
34-40	1,92	70	76x3,5	20	4,00	24,00	0,53	66,5	1596,00	0,16
33-41	1,92	70	76x3,5	20	4,00	24,00	0,53	66,5	1596,00	0,16
33-42	1,92	70	76x3,5	20	4,00	24,00	0,53	66,5	1596,00	0,16
32-43	1,92	70	76x3,5	20	4,00	24,00	0,53	66,5	1596,00	0,16
32-44	1,92	70	76x3,5	20	4,00	24,00	0,53	66,5	1596,00	0,16
31-45	1,92	70	76x3,5	20	4,00	24,00	0,53	66,5	1596,00	0,16
31-46	1,58	70	76x3,5	14,6	4,00	18,60	0,45	47,1	876,06	0,09

Продовження таблиці 2.7.

№ діл.	G, кг/с	D _y , мм	D _{зх} S, мм	Довжина ділянки, м			V, м/с	R, Па/м	P, Па	H, м. вод.ст.
				за планом	еквівалентна	приведена				
29-48	9,26	125	133x4	43,8	6,60	50,40	0,81	71	3578,40	0,36
48-49	7,68	125	133x4	58,9	6,60	65,50	0,66	47,9	3137,45	0,31
49-50	5,76	100	108x4	45,8	8,25	54,05	0,77	86,3	4664,52	0,47
50-51	3,84	80	89x3,5	16,6	4,58	21,18	0,75	106,2	2249,32	0,22
51-52	1,92	70	76x3,5	28,5	1,00	29,50	0,53	66,5	1961,75	0,20
51-53	1,92	70	76x3,5	3	4,00	7,00	0,53	66,5	465,50	0,05
50-54	1,92	70	76x3,5	9,9	1,00	10,90	0,53	66,5	724,85	0,07
49-55	1,92	70	76x3,5	46,2	5,00	51,20	0,53	66,5	3404,80	0,34
48-56	1,58	70	76x3,5	5,8	4,00	9,80	0,45	47,1	461,58	0,05
29-57	21,97	175	194x5	92,8	36,56	129,36	0,86	49,3	6377,45	0,64
57-58	18,46	150	159x4,5	75,3	13,44	88,74	1,09	102,6	9104,72	0,91
58-59	8,38	125	133x4	53,3	6,60	59,90	0,72	56,8	3402,32	0,34
59-60	1,42	70	76x3,5	135,1	9,80	144,90	0,39	36,1	5230,89	0,52
59-61	1,92	70	76x3,5	100,2	6,00	106,20	0,53	66,5	7062,30	0,71
59-62	5,04	80	89x3,5	10,1	5,10	15,20	0,99	183,8	2793,76	0,28
58-63	10,08	125	133x4	133,8	23,50	157,30	0,85	78,7	12379,51	1,24
63-64	5,04	80	89x3,5	21,2	1,28	22,48	0,99	183,8	4131,82	0,41
63-65	5,04	80	89x3,5	6,9	1,28	8,18	0,99	183,8	1503,48	0,15
57-66	3,51	80	89x3,5	13,8	5,10	18,90	0,71	95,3	1801,17	0,18

Таблиця 2.8 Розрахунок еквівалентної довжини

№ діл.	D _y , мм	Місцеві опори	Еквівалентні довжини місцевих опорів	Еквівалентна довжина ділянки
0-1	300	Засувка, трійник при потоці, що розділяється	4,17+27,8	31,97
1-2	200	Засувка, трійник на прохід	3,36+8,4	11,76
2-3	175	Засувка, трійник на прохід	3,36+8,4	11,76
3-4	175	Засувка, трійник на відгалуження	3,36+12,6	15,96
4-5	150	Засувка, трійник на прохід, П-подібний комп.	2,24+5,6+17,6	25,44

Продовження таблиці 2.8

№ діл.	Dу, мм	Місцеві опори	Еквівалентні довжини місцевих опорів	Еквівалентна довжина ділянки
6-7	125	Засувка, тріник на прохід	2,2+4,4	6,60
7-8	125	Засувка, тріник на прохід	2,2+4,4	6,60
8-9	100	Засувка, тріник на прохід	1,65+3,3	4,95
9-10	80	2 засувки, відвід 90, П-подібний компенсатор	2x1,28+1,28+7,9	11,74
9-11	40	Засувка, трійник на відгалуження	0,65+1,96	2,61
9-12	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
8-13	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
7-14	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
6-15	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
6-16	50	Засувка, трійник на відгалуження	0,65+1,96	2,61
5-17	32	2 засувки, трійник на відгалуження, відвід 90	2x0,65+1,96+0,52	3,78
5-18	70	2 засувки, трійник на відгалуження, відвід 90	2x0,65+1,96+0,52	3,78
4-19	125	Засувка, трійник на прохід	2,2+4,4	6,60
19-20	80	Засувка, трійник при потоці, що розділяється	1,28+5,1	6,38
20-21	70	2 засувки	2x1	2,00
20-22	70	Засувка	1	1,00
19-23	70	2 засувки, трійник на відгалуження	2x1+3	5,00
19-24	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
3-25	70	2 засувки, трійник на відгалуження	2x1+3	5,00
3-26	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
2-27	70	2 засувки, трійник на відгалуження	2x1+3	5,00
2-28	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
1-29	250	Засувка, трійник при потоці, що розділяється	3,33+22,2	25,43
29-30	175	Засувка, трійник на прохід	3,36+8,4	11,76
30-31	175	Засувка, трійник на прохід	3,36+8,4	11,76
31-32	150	Засувка, трійник на прохід	2,24+5,6	7,84
32-33	150	Засувка, трійник на прохід	2,24+5,6	7,84
33-34	125	Засувка, трійник при потоці, що розділяється	2,2+8,8	11,00
34-35	80	Засувка, трійник при потоці, що розділяється, П-подібний компенсатор	1,28+5,1+7,9	14,28
35-36	50	2 засувки	2x0,65	1,30

Продовження таблиці 2.8

№ діл.	Dу, мм	Місцеві опори	Еквівалентні довжини місцевих опорів	Еквівалентна довжина ділянки
34-38	50	Засувка	0,65	0,65
34-39	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
34-40	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
33-41	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
33-42	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
32-43	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
32-44	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
31-45	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
31-46	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
30-47	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
29-48	125	Засувка, трійник на прохід	2,2+4,4	6,60
48-49	125	Засувка, трійник на прохід	2,2+4,4	6,60
49-50	100	Засувка, при потоці, що розділяється	1,65+6,6	8,25
50-51	80	Засувка, трійник на прохід	1,28+3,3	4,58
51-52	70	Засувка	1	1,00
51-53	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
50-54	70	Засувка	1	1,00
49-55	70	2 засувки, трійник на відгалуження	2x1+3	5,00
48-56	70	Засувка, трійник на відгалуження	1+3	4,00
29-57	175	Засувка, трійник на прохід, П-подібний компенсатор	3,36+8,4+24,8	36,56
57-58	150	Засувка, трійник при потоці, що розділяється	2,24+11,2	13,44
58-59	125	Засувка, трійник на прохід	2,2+4,4	6,60
59-60	70	2 засувки, відвід 90, П-подібний компенсатор	2x1+1+6,8	9,80
59-61	70	2 засувки, трійник на відгалуження, відвід 90	2x1+3+1	6,00
59-62	80	Засувка, трійник на відгалуження	1,28+3,82	5,10
58-63	125	Засувка, трійник при потоці, що розділяється, П-подібний компенсатор	2,2+8,8+12,5	23,50
63-64	80	Засувка	1,28	1,28
63-65	80	Засувка	1,28	1,28
57-66	80	Засувка, трійник на відгалуження	1,28+3,82	5,10

2.8 Тепловий розрахунок

В даному проекті, як один із заходів енергозберігаючих технологій, використовують прокладку теплових мереж із застосуванням попередньо ізольованих трубопроводів.

Конструкція попередньо ізольованих теплопроводів.

Використання попередньо ізольованих трубопроводів повного заводського виготовлення при будівництві та реконструкції теплових мереж централізованих систем тепlopостачання набуло в наш час широкого розповсюдження. Особливості конструкцій цих трубопроводів дозволяють ефективно застосовувати їх при прогресивному способі підземного безканального прокладання.

Попередньо ізольована в заводських умовах секція (рис. 4) складається з внутрішньої провідної сталеві труби, зовнішньої захисної оболонки з поліетиленової труби і розміщеної між ними пінополіуретанової теплоізоляції. У верхній частині теплоізоляційного шару розміщені провідники системи контролю герметичності теплопроводів (аварійної сигналізації). Для забезпечення адгезії поліуретанової піни зовнішня поверхня сталеві труби і внутрішня поверхня поліетиленової труби спеціально обробляються. Для теплових мереж використовуються безшовні, електрозварні і електрозварні прямошовні сталеві труби, а також неметалеві труби із полімерних матеріалів.



Рисунок 2.4 - Конструкція попередньо ізольованих трубопроводів

Попередньо ізолювані труби застосовуються для транспортування теплоносія з такими робочими параметрами:

- максимальна робоча температура довготривала, $t_{\max}^{\text{д}} = 140^{\circ}\text{C}$ для сталевих труб та 95°C для полімерних труб;
- максимальна допустима (протягом 10 діб за рік) температура короткотривала, $t_{\max}^{\text{к}} = 150^{\circ}\text{C}$ для сталевих труб;
- умовний тиск, $P_y = 1,6$ МПа для сталевих труб та $P_y = 1,0$ МПа для полімерних труб.

Впровадження в практику будівництва трубопроводів теплових мереж у поліуретановій оболонці типу "труба в трубі", виготовлених в заводських умовах, забезпечує такі переваги у порівнянні з іншими способами прокладання теплових мереж:

- зниження теплових втрат через теплову ізоляцію;
- підвищення терміну безаварійної експлуатації теплових мереж;
- зниження експлуатаційних витрат;
- зниження витрат на ремонт теплових мереж.

Однією з найбільших переваг попередньо ізолюваних труб з пінополіурета-

новою ізоляцією є їх високий ККД, тобто малі питомі втрати теплоти при експлуатації. Завдяки герметичній гідроізоляції теплопроводів теплотехнічні якості теплоізоляції практично не змінюються при їх розміщенні у ґрунтах підвищеної вологості і ця особливність теплопроводів забезпечує підтримання високих теплозахисних характеристик теплоізоляції протягом всього опалювального періоду.

До недоліків використання попередньоізолюваних трубопроводів для безканального прокладання теплових мереж відносять:

- високу вартість трубопроводів, арматури та монтажу;

- складність технології монтажу;
- обмеження заглиблення трубопроводів (необхідність врахування впливу тиску ґрунту на захисну оболонку трубопроводу);
- обмеження за температурою теплоносія.

При підтримуванні температури теплоносія у подавальному теплопроводі мереж з пінополіуретановою ізоляцією у межах від 95 до 150°C ККД теплової ізоляції становить 90 - 95%, тобто; питомі втрати теплоти через ізоляцію підтримуються на рівні 5 -10%, що значно менше, ніж нормативні тепловтрати теплових мереж у непрохідних каналах з мінераловатною теплоізоляцією.

Не менш важливою якістю теплових мереж є термін їх безаварійної експлуатації та річні витрати на їх поточний ремонт. Досвід експлуатації теплових мереж безканального прокладання з пінополіуретановою ізоляцією у країнах Західної Європи свідчить, що термін їх безаварійної експлуатації становить у середньому 30 років, а у деяких випадках і перевищує цей термін.

Спінений пінополіуретан має низький коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,035 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, але він також має здатність до старіння при високих температурах. Реально в теплових мережах високі температури діють протягом нетривалого часу, тобто температурний графік $150 \sim 70^\circ\text{C}$ для сталевих трубопроводів з пінополіуретановою ізоляцією можна з деякою натяжкою враховувати таким, який можна вважати прийнятним.

Перевагою полімерних труб є стійкість проти корозії та висока компенсуюча здатність при нагріванні. Маючи малий діаметр та гофрований зовнішній кожух ізоляції, вони працюють як гнучкий шланг. Створення спеціальних кутів повороту та компенсаторів температурних подовжень не потрібне. Однак внаслідок обмежень за тиском, температурою та діаметром їх не можна розглядати як альтернативу сталевим трубам, особливо для магістральних теплових мереж. Галузь їх використання - низькотемпературні внутрішньо кварталні теплові мережі з температурним графіком $95 - 70^\circ\text{C}$.

Метою теплового розрахунку попередньо ізольованих трубопроводів є визначення питомих тепловтрат і теплової ефективності теплової ізоляції. Для цього:

Визначають загальний термічний опір 1 п.м ізольованого теплопроводу R_{Σ} , (м°С)/Вт.

Значення R_{Σ} складається з суми окремих термічних опорів складових теплоізоляційної конструкції (рис. 5). Так, для теплопроводів (подавального і зворотного), прокладених в ґрунті безканально, значення R_{Σ} визначається за співвідношенням

$$R_{\Sigma} = R_i + R_{ne} + R_r + R_o$$

де R_i , R_{ne} , R_r , R_o - термічні опори, (м°С)/Вт, теплоізоляції, захисної поліетиленової

труби, ґрунту, теплопередачі при взаємному тепловому впливі трубопроводів.

Термічний опір захисної труби R_{ne} визначаю за формулою

$$R_{ne} = \frac{\ln \frac{d_k}{d_{iz}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{ne}}$$

де d_k - зовнішній діаметр захисної труби, м;

d_{iz} - зовнішній діаметр теплоізоляційного шару, м;

λ . коефіцієнт теплопровідності захисного поліетиленового шару, Вт/(м-°С).

Термічний опір ґрунту R_r при глибині закладання труби $h/d_k > 1,25$ визначаю за формулою

$$R_r = \frac{\ln \frac{4 \cdot h}{d_k}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_2}$$

де λ_2 - коефіцієнт теплопровідності ґрунту, Вт/(м°C);

h - глибина закладання трубопроводу (від осі до поверхні землі), м;

d_k - зовнішній діаметр захисної труби, м.

Термічний опір теплопередачі при взаємному тепловому впливі теплопроводів при безканальному прокладанні визначаю за формулою

$$R_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_2} \cdot \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot h}{A_0}\right)^2}$$

де A_0 - відстань між осями труб, м.

Загальний термічний опір конструкції теплоізоляції, віднесений до 1 п.м, визначаю за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{\tau_{cp} - t_r}{q_{нор}}$$

де τ_{cp} - середньорічна температура теплоносія у тепловій мережі, °С;

t_r - середньорічна температура ґрунту, °С;

$q_{нор}$ - нормативні тепловтрати 1 п.м. довжини трубопроводу, Вт/м.

Термічний опір основного теплоізоляційного шару, R_i , визначаю за формулою

$$R_i = R_{\Sigma} - (R_{не} + R_r + R_0)$$

Товщину шару теплоізоляції визначаю за формулою

$$\delta_{i3} = d_3 \cdot \frac{e^{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{i3} \cdot R_{i3}} - 1}{2}$$

де d_3 - зовнішній діаметр металеві труби, м;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного шару, Вт/(м⁰С).

Питомі тепловтрати не теплоізолюваного теплопроводу, Вт/м, прокладеного в каналі:

- подавального:

$$q_n^{nod} = \frac{\tau_{cp} - t_2}{R_2}$$

- зворотного:

$$q_n^{36} = \frac{\tau_{cp} - t_2}{R_2}$$

Ефективність теплоізоляції, або її ККД, %:

- подавального трубопроводу:

$$\eta_{i3}^{nod} = \frac{q_n^{nod} - q_{нор}^{nod}}{q_n^{nod}}$$

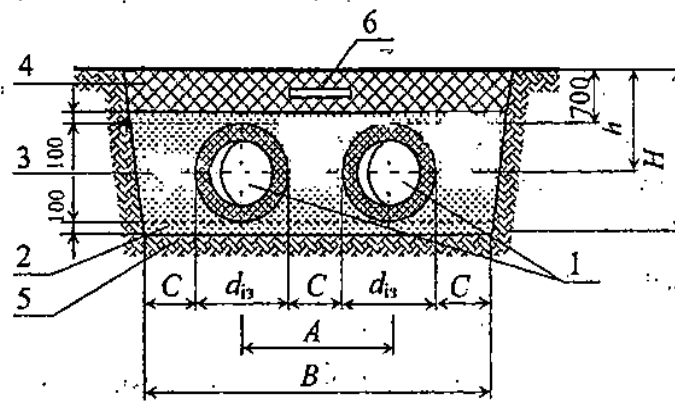
- зворотного трубопроводу:

$$\eta_{i3}^{36} = \frac{q_n^{36} - q_{нор}^{36}}{q_n^{36}}$$

Вихідні дані для розрахунку:

- розрахункові параметри теплоносія 130/70⁰С;
- середньорічна температури в подавальному трубопроводі 90⁰С;
- середньорічна температури в зворотному трубопроводі 50⁰С;
- коефіцієнт теплопровідності ґрунту $\lambda_2 = 3,0$ Вт/(м⁰С);

- захисна оболонка поліетиленова труба $\delta_{ne}=2,5\text{мм}$;
- коефіцієнт теплопровідності поліетиленової оболонки $\lambda_{ne}=0,43\text{Вт}/(\text{м}^0\text{С})$;
- коефіцієнт теплопровідності теплоізоляції пінополіуретанової $\lambda_i=0,035\text{Вт}/(\text{м}^0\text{С})$;
- температура ґрунту $t_r=+5^0\text{С}$;
- глибина закладання трубопроводу $h=1.4\text{ м}$.



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

Рисунок 2.5 - Мінімальні розміри траншеї

Мінімальні розміри траншеї (рис.5) визначаю згідно [2, додаток Б] та записую в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 Мінімальні відстані між трубами і мінімальні розміри траншеї

$d_y (d_{нIII})$	$D_{ПЕ}$	$A, \text{ min}$	$B, \text{ min}$	$C, \text{ min}$	$h_0, \text{ min}$	$H, \text{ мм}$
32	110	260	670	150	760	910
40	110	260	670	150	760	910
50	125	275	700	150	770	930
65	140	290	730	150	770	940
80	160	310	770	150	780	960
100	200	350	850	150	800	1000
125	225	425	1050	200	820	1025
150	250	450	1100	200	830	1050
200	315	515	1230	200	860	1115
250	400	600	1400	200	900	1200
300	450	650	1500	200	930	1250

Розрахунок товщини теплової ізоляції для трубопроводу $d_3 \times s = 325 \times 8 \text{ мм}$.

Задаюь товщиною ізоляції $\delta_{із} = 30 \text{ мм}$, тоді:

$$d_{із} = d_3 + 2 \cdot \delta_{із} = 325 + 2 \cdot 30 = 385 \text{ мм};$$

$$d_{\kappa} = d_{із} + 2 \cdot \delta_{не} = 385 + 2 \cdot 2,5 = 390 \text{ мм};$$

$$R_{не} = \frac{\ln \frac{d_{\kappa}}{d_{із}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{не}} = \frac{\ln \frac{390}{385}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,43} = 0,0048 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$\frac{h}{d_{\kappa}} = \frac{1,4}{0,39} = 3,6$$

$$R_2 = \frac{\ln \frac{4 \cdot h}{d_{\kappa}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_2} = \frac{\ln \frac{4 \cdot 1,4}{0,39}}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,0} = 0,141 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_2} \cdot \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot h}{A_0}\right)^2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,0} \cdot \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 1,4}{0,65}\right)^2} = 0,079 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_{\Sigma}^{нод} = \frac{\tau_{ср} - t_2}{q_{нор}} = \frac{90 - 5}{52,61} = 1,62 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_{\Sigma}^{36} = \frac{\tau_{cp} - t_2}{q_{нор}} = \frac{50 - 5}{26,05} = 1,72 \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm};$$

$$R_i^{nod} = R_{\Sigma}^{nod} - (R_{ne} + R_z + R_0) = 1,62 - (0,0048 + 0,141 + 0,079) = 1,395 M^2 \cdot ^\circ C / Bm;$$

$$R_i^{36} = R_{\Sigma}^{36} - (R_{ne} + R_z + R_0) = 1,72 - (0,0048 + 0,141 + 0,079) = 1,495 M^2 \cdot ^\circ C / Bm;$$

$$\delta_{i3}^{nod} = d_3 \cdot \frac{e^{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{i3} \cdot R_{i3}} - 1}{2} = 325 \cdot \frac{e^{2 \cdot 3,140,0351,395} - 1}{2} = 58,3 \text{ мм};$$

$$\delta_{i3}^{36} = d_3 \cdot \frac{e^{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{i3} \cdot R_{i3}} - 1}{2} = 159 \cdot \frac{e^{2 \cdot 3,140,0351,495} - 1}{2} = 63,2 \text{ мм};$$

Заводська товщина ізоляції 60 мм.

$$q_n^{nod} = \frac{\tau_{cp} - t_2}{R_z} = \frac{90 - 5}{0,141} = 602,8 \text{ Вт / м};$$

$$q_n^{36} = \frac{\tau_{cp} - t_2}{R_z} = \frac{50 - 5}{0,141} = 319,1 \text{ Вт / м};$$

$$\eta_{i3}^{nod} = \frac{q_n^{nod} - q_{нор}^{nod}}{q_n^{nod}} = \frac{602,8 - 52,61}{602,8} \cdot 100 = 91,3\% ;$$

$$\eta_{i3}^{36} = \frac{q_n^{36} - q_{нор}^{36}}{q_n^{36}} = \frac{319,1 - 26,05}{319,1} \cdot 100 = 91,8\%$$

Подальші розрахунки виконую у формі таблиць 2.8 та 2.9

Таблиця 2.9 - Розрахунок ефективності теплової ізоляції

$D_3, \text{мм}$	$Q_{\text{нор}}^{\text{под}}, \text{Вт/м}$	$Q_{\text{нор}}^{\text{зв}}, \text{Вт/м}$	$q_{\text{н}}^{\text{под}}, \text{Вт/м}$	$q_{\text{н}}^{\text{зв}}, \text{Вт/м}$	$\eta_{\text{із}}^{\text{под}}, \%$	$\eta_{\text{із}}^{\text{зв}}, \%$
325	52,61	26,05	601,0	318,2	91,2	91,8
273	45,14	22,61	570,4	302,0	92,1	92,5
219	46,57	23,33	537,1	284,3	91,3	91,8
159	37,7	19,13	497,5	263,4	92,4	92,7
133	32,71	16,7	479,1	253,7	93,2	93,4
108	28,16	14,6	460,5	243,8	93,9	94,0
89	29,49	15,13	445,6	235,9	93,4	93,6
76	28,48	14,63	435,0	230,3	93,5	93,6
57	22,36	11,57	418,5	221,6	94,7	94,8
32	16,81	8,75	394,8	209,0	95,7	95,8

2.9 Розрахунок і підбір допоміжного обладнання

До допоміжного обладнання тепломереж відносять:

- мережні насоси, призначені для створення циркуляції в тепловій мережі;
- живильні насоси – для компенсування втрат води в мережі;
- компенсатори температурних видовжень;
- обладнання теплових пунктів – теплообмінники ГВП, грязьовики, контрольно-вимірювальні прилади, змішувальні пристрої, лічильники тепла;

Підбір мережних та живильних насосів.

Згідно [1п.10.19] кількість насосів слід приймати:

- мережних – не менше двох, один з яких є резервним; резервний насос встановлюють не залежно від кількості робочих насосів;
- підживлювальних – у закритих системах теплопостачання не менше двох, один з яких є резервним.

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

Подача мережних насосів дорівнює розрахунковій витраті теплоносія на виході із джерела тепла (котельні) $G_{0-1}=82,42\text{кг/с}$ або $296,7\text{ м}^3/\text{год}$

Тиск мережних насосів визначають по формулі

$$P_{м.н} = \Delta p_k + \Delta p_{под} + \Delta p_{аб} + \Delta p_{зв}$$

де Δp_k - втрати тиску в котельні, приймаються 5-10м вод.ст.; $\Delta p_{под}$ - втрати тиску в подавальному трубопроводі теплової мережі (з гідравлічного розрахунку); $\Delta p_{аб}$ - втрати тиску у абонента, для опалювальних систем при залежному приєднанні приймаються 10-15 м вод. ст.; $\Delta p_{зв}$ - втрати тиску у зворотному трубопроводі теплової мережі ($\Delta p_{зв} = \Delta p_{под}$).

$$P_{м.н} = 10 + 3,75 + 15 + 3,75 = 32,5 \text{ мм. вод. ст.}$$

До установки приймаю 2 мережних насоси, один з яких резервний типу СЭ-500-70-16, що має наступні технічні характеристики:

- частота обертання – 3000 об/хв.;
- подача - $500\text{м}^3/\text{год}$;
- напір – 70 м;
- потужність двигуна -160кВт;

Розрахункова витрата води для живлення закритої теплової мережі, $\text{м}^3/\text{год}$, приймається рівною 0,5% об'єму води в системі тепlopостачання

$$G_{жив} = \frac{0.5 \cdot V}{100}$$

де V – об'єм води в системі тепlopостачання, м^3 . Орієнтовно приймається $45-50\text{ м}^3$ на 1Гкал/год сумарної розрахункової годинної витрати тепла.

$$G_{жив} = \frac{0,5 \cdot 572,8}{100} = 2,86 \text{ м}^3/\text{год}$$

Напір живильних насосів визначається при побудові графіку тисків, для даного приймаю $p_{жив} = 30 \text{ м вод. ст.}$

До установки приймаю два живильних насоси [10], один з яких резервний типу К 80-65-160, що має наступні технічні характеристики:

- подача: 50 м³/год;
- напір: 32 м;
- потужність: 7,5 кВт;
- кількість обертів: 3000 об/хв

Розрахунок компенсаторів.

При нагріванні ділянка трубопроводу теплової мережі видовжується. Для зменшення напруг та зусиль, що при цьому виникають передбачають компенсацію температурних видовжень – осьову та радіальну.

Осьову компенсацію виконують за допомогою осьових (сальникових чи лінзових) компенсаторів, радіальну – за допомогою П-подібних компенсаторів, кутів повороту трубопроводу, Z-подібних ділянок. Кути повороту рекомендується використовувати на самокомпенсацію при величині від 90 до 120°.

В даному проекті для компенсації температурних видовжень використовую кути повороту теплової мережі, а також П-подібні компенсатори оскільки вони не потребують обслуговування, а відповідно влаштування додаткових камер, компенсатори будуть не громіздкими, так як діаметри ділянок їх встановлення не великі.

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

Розрахунок П-подібного компенсатора полягає у визначенні його спинки B , м та вильоту H , м (рис.6).

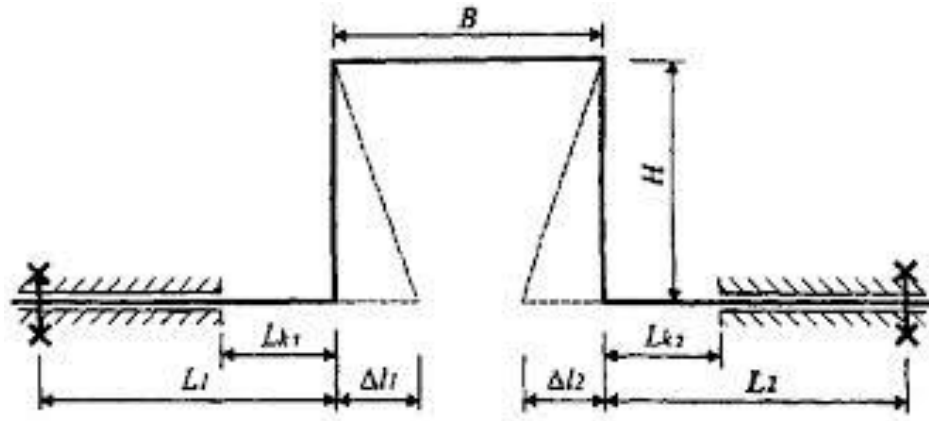


Рисунок 6 – Визначення розмірів П-подібного компенсатора
Повне теплове видовження ділянки на основі [5] станове, мм

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

де α - коефіцієнт лінійного розширення, що станове $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$; l – довжина ділянки (відстань між нерухомими опорами), м; τ - розрахункова температура теплоносія, $^\circ\text{C}$; $t_{3.0}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$.

Розрахункове видовження ділянки обчислюю по формулі, мм

$$\Delta l_p = \varepsilon \cdot \Delta l$$

де ε - коефіцієнт попереднього розтягування компенсатора, що залежить від розрахункової температури теплоносія τ ($\varepsilon=0,5$ при τ до $250 \text{ } ^\circ\text{C}$).

Розрахунок П- подібного компенсатора для ділянки 4-5, діаметр якої $d_{3xs} = 159 \times 4,5$ мм.

$$\Delta l = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 94500 \cdot (130 - (-18)) = 168 \text{ мм} ;$$

$$\Delta l = 168 \cdot 0,5 = 84 \text{ мм} .$$

Задавшись спинкою $V=5\text{м}$ по номограмі [6] визначаю, що вильот компенсатора $H=2\text{м}$.

Подальші розрахунки виконую у формі таблиці 2.9

Таблиця 2.9 - Розрахунок П-подібних компенсаторів

№ ділянки	Діаметр ділянки $D_3 \times s, \text{мм}$	Відстань між нерухомими опорами, м	$\Delta l, \text{мм}$	$\Delta l_p, \text{мм}$	Вильот $V, \text{м}$	Спинка $H, \text{м}$
4-5	159x4,5	94,5	167,83	83,92	5	2
9-10	89x3,5	68,5	121,66	60,83	1,7	1,6
34-35	89x3,5	106,2	188,61	94,31	4,2	1,8
29-57	194x5	92,8	164,81	82,41	5	2,5
59-60	76x3,5	67,6	120,06	60,03	1,7	1,5
58-63	133x4	133,8	237,63	118,81	5	2,5

Вибір обладнання індивідуального теплового пункту.

Відчутного ефекту економії теплової енергії в системах тепlopостачання (до 20-30%) можна досягти за рахунок автоматичного регулювання теплоспоживання. Найбільш повно і ефективно завдання автоматизації можуть бути реалізовані за допомогою індивідуальних теплових пунктів будівель (ІТП) з можливістю регулювання теплоспоживання за бажанням споживача в залежності від температури зовнішнього повітря, призначення об'єкта і т.д. Економія при установці таких ІТП досягається за рахунок компенсації інертності ЦТП або котельні в моменти зміни температури зовнішнього повітря (погодна компенсація), а також за рахунок можливості автоматичного зниження температури всередині будинку в нічний час та у вихідні дні (для адміністративних будівель, навчальних корпусів і т.п.).

Для захисту системи опалення і теплової мережі від часточок бруду на кожному вводі передбачаю установку грязьовиків конструкції Союзтехенерго (рис.7).

Принцип дії грязьовика полягає у різкому зниженні швидкості руху води, внаслідок чого сторонні частинки та домішки, які містяться у воді під дією гравітаційних сил осідають на дно.

Вибір грязьовиків залежить від діаметру ділянки, на якій він встановлюється. Основні розміри грязьовиків записую в таблицю 2.9.2

Таблиця 2.10 Основні розміри грязьовиків конструкції Союзтехенерго, мм

D_y	D_y	D_1	D_2	D_3	D_H	H	H_1	h	δ	δ_1	δ_2
32-40	44.5	133	210	245	219	310	350	100	15	28	10
50	57	133	210	245	273	340	400	125	15	28	10
70	80	133	210	245	325	370	450	125	18	28	10
80	108	133	210	245	377	410	500	125	20	28	10

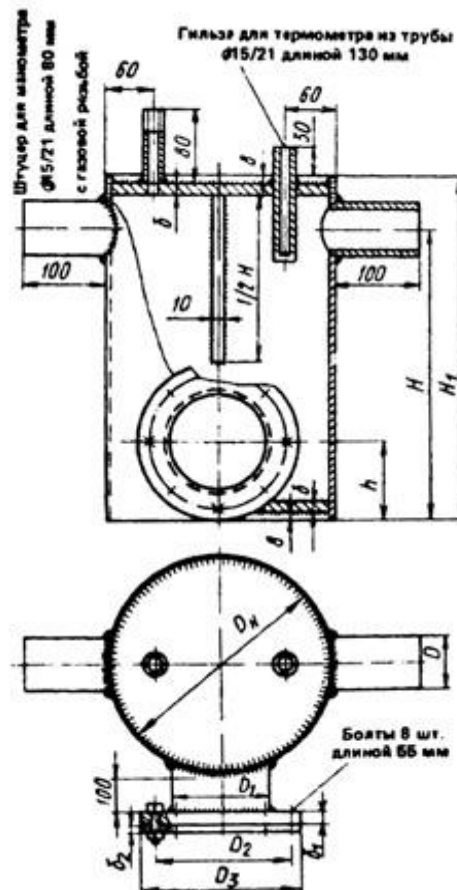


Рисунок 2.7 - Грязьовик конструкції Союзтехенерго

В даному проєкті передбачаю установку тепло лічильника типу ULTRANEAT UH50 (Німеччина).

Лічильники тепла ULTRANEAT UH50 (рис.8) оптимальні для використання на об'єктах бюджетної та житлово-комунальної сферах: школи, садачки, лікарні, офіси, житлові будинки, котеджі, індивідуальні теплові пункти, котельні і т.ін. Характеристики теплового лічильника наведені в таблиці 2.9.3 та 2.9.4.



Рисунок 2.8 – Лічильник тепла ULTRANEAT UH50

Таблиця 2.11 - Характеристика лічильника тепла ULTRAHEAT UH50

Найменування параметрів	Величини
Клас навколишнього середовища А(EN 1434)	для установки в приміщенні
Температура навколишнього повітря	-5 до +55°C
Місце установки	подаючий або зворотній трубопровід
Зони заспокоєння	не вимагаються
Клас захисту корпусу за EN 60529	IP 54
Поріг зрацьовування Δt	0,2°C
Температурні датчики за EN 60751	Pt 500 або Pt 1000
Номінальний тиск датчики за EN 60751	PN16 або PN25
Максимальна температура теплоносія тиск датчики за EN 60751	150°C
Рекомендований для температура теплоносія тиск датчики за EN 60751	обліку тепла 10...130°C; обліку холоду 5...50°C
Живлення теплообчислювача температура теплоносія тиск датчики за EN 60751	від вмонтованої літєвої батареї з напругою 3,65В термін служби батареї 6 або 11 років

Таблиця 2.12 - Характеристики фланцевих витратомірів теплотічильників

Діаметр, мм	Мін.витрат л/г	Номіна л.вitra та, м ³ /г	Максим .витрат а, м ³ /г	Поріг спрацю в.л/г	Витрат и тиску при Q нор. mb ar	Тиск PN	Монта жна довжин а в мм	Вага, кг
40	100	10,0	20,0	40,0	165	25	300	7,0
50	150	15,0	30,0	50,0	100	25	270	8,0
65	300	25,0	50,0	60,0	105	25	300	11,0
80	400	40,0	80,0	80,0	160	25	300	13,0

В даному проекті для приготування води на потреби гарячого водопостачання пропонуємо установку пластинчастих теплообмінників (рис. 9) розбірної конструкції.



Рисунок 2.9 – Пластинчастий теплообмінник

Незаперечною перевагою пластинчастих теплообмінників є їх значна поверхню нагріву при невеликих габаритах, у порівнянні з традиційними кожухотрубними, а також мала металоємність, а значить і мала вага теплообмінника, і малі розміри приміщення, необхідного для його установки.

Для зменшення утворення накипу і, відповідно, спрощення обслуговування сучасного теплообмінника його теплообмінну поверхню виготовляють спеціально профільованою для турбулізації потоків теплоносія в каналах. При правильно організованій експлуатації пластинчастих теплообмінників, найчастіше, достатньо направити потоки теплоносіїв у зворотному напрямку, щоб прибрати можливі відкладення.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 План по праці та заробітній платі

Таблиця 3.1 - План по праці та заробітній платі

Показники	Одиниці виміру	Кількість
1. Чисельність працюючих всього:	чол.	20
в т.ч. - робітників	чол.	19
- керівників	чол.	1
2. Фонд оплати всього:	грн.	537739,7
в т.ч. - робітників	грн.	498734,7
- керівників	грн.	39000
3. Середня зарплата одного працюючого в рік	грн.	26886,98
в місяць	грн.	2240,58
4. Виробіток на одного працюючого	ГДж	4339

Пояснення до табл.3.1: таблиця складається на основі табл. 3.4, 3.5, 3.6.

Середня заробітна плата одного працюючого в рік визначається діленням загального фонду оплати праці на загальну чисельність працюючих:
 $537739,7/20=26886,98$ грн.

Середня заробітна плата одного працюючого в місяць визначається діленням середньої заробітної плати одного працюючого в рік на 12 місяців:
 $26886,98/12=2240,58$ грн.

Виробіток на одного працюючого визначається діленням річної програми на кількість працюючих: $131273,93/20=4339$ ГДж

3.2 Баланс робочого часу основного робітника

Таблиця 3.2 - Баланс робочого часу основного робітника

Показники	Дні
1. Календарне число днів	365
2. Число днів відпочинку по графіку змінності	104
3. Номінальний фонд робочого часу	261
4. Планові невиходи:	33
- тарифна відпустка	24
- відпустки по хворобі	3
- відпустка по навчанню	2
- виконання державних обов'язків	4
5. Ефективний фонд робочого часу	228
6. Тривалість зміни, год.	8
7. Ефективний фонд робочого часу, год.	1824

Пояснення до табл. 3.2

Номінальний фонд робочого часу – це різниця між календарним фондом і числом днів відпочинку по графіку: $365-104=261$ день.

Ефективний фонд робочого часу знаходиться як різниця між номінальним фондом і плановими невиходами: $261-33=228$ днів.

Ефективний фонд робочого часу в годинах знаходиться множенням ефективного фонду робочого часу у днях на тривалість зміни: $228 \cdot 8=1824$ год.

Коефіцієнт спискового складу знаходиться діленням номінального фонду робочого часу на ефективний фонд робочого часу: $261/228=1,14$

3.3 Баланс робочого часу допоміжного робітника

Таблиця 3.3 - Баланс робочого часу допоміжного робітника

Показники	Дні
1. Календарне число днів	365
2. Неробочі дні, всього	114
3. а) святкові дні	10
б) вихідні дні	104
4. Номінальний фонд робочого часу	251
5. Планові невиходи:	28
- тарифна відпустка	24
- по хворобі	1
- відпуск по навчанню	1,5
- виконання державних обов'язків	1,5
6. Ефективний фонд робочого часу	223
7. Середня тривалість робочого дня, год	8
8. Ефективний фонд робочого часу, год	1784

Пояснення до табл. 3.1

Номінальний фонд робочого часу – це різниця між календарним числом днів та неробочих днів: $365-114=251$ день.

Ефективний фонд робочого часу – номінальний фонд робочого часу відняти планові невиходи: $251-28=223$ дні.

Ефективний фонд робочого часу в годинах – ефективний фонд робочого часу помножити на тривалість зміни: $223 \cdot 8=1784$ год.

Коефіцієнт спискового складу знаходиться діленням номінального фонду робочого часу на ефективний фонд робочого часу: $251/223=1,12$

3.4 Розрахунок чисельності робітників

Таблиця 3.4 -Розрахунок чисельності робітників

Назва професії	Розряд	Кількість обслуговуючих об'єктів	Норма обслуговування	Змінність	Число робітників, чол.		Спискова чисельність, чол.
					Явочна чисельність	К.сп. скл.	
1	2	3	4	5	6	7	8
Основні робітники							
Оператор	4	3	1/1	3	9	1,14	11
Лаборант ХВО	3	1	1/1	3	3	1,14	4
Всього:		4			12		15
Допоміжні робітники							
Електрик	4	-	-	2	2	1,12	2
Слюсар	4	-	-	2	2	1,12	2
Зварювальник	5	-	-	1	1	1,12	1
Всього:					5		5
Разом:					17		20

Пояснення до табл. 3.4

Чисельність працюючих в одну зміну розраховується по нормативах обслуговування обладнання;

- гр.6 визначається множенням гр.3·гр.5: $3 \cdot 3 = 9$ чол.
- гр.8 розраховуємо шляхом множення гр.6· гр.7: $9 \cdot 1,14 = 11$ чол.

3.5 Розрахунок фонду оплати праці робітників

Таблиця 3.5 - Розрахунок фонду оплати праці робітників

Назва професії	Розряд	Годинна тарифна ставка, год.	Корисний фонд робочого часу 1-го робітника	Кількість	Корисний фонд робочого часу	Зарплата по тарифу, грн.	Інші доплати 20% грн.	Фонд основної оплати, грн.	Додаткова оплата, 75% грн.	Загальний фонд оплати праці, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Основні робітники										
Оператор	4	9,82	1824	11	20064	197028,48	39405,69	200969,1	150726,8	351695,9
Лаборант	3	8,50	1824	4	7296	62016	12403,2	74419,2	55814,4	130233,6
Всього								275388,3	206541,2	481929,5
Допоміжні робітники										
Електрик	4	9,11	1784	2	3568	32504,48	6500,89	39005,37	29254,02	68259,39
Слюсар	4	9,63	1784	2	3568	34359,84	6871,96	41231,8	30923,85	72155,65
Зварюв.	5	13,45	1784	1	1784	23994,8	4798,96	28793,76	21595,32	50389,08
Всього								109030,9	81773,1	190800,4
Разом:								384419,2	288314,4	672733,6

Пояснення до табл. 3.5

Тарифна система оплати праці використовується для розподілу по розрядах тарифної сітки робіт залежно від їх складності, а працівників – залежно від їх кваліфікації і відповідальності. Вона є основою формування і диференціації розмірів заробітної платні.

Формування тарифної сітки здійснюється на основі тарифної ставки робочого першого розряду, встановлюваної в розмірі, що перевищує законодавчо встановлений розмір мінімальної заробітної плати, і міжкваліфікаційних

(міжпосадових) співвідношень розмірів тарифних ставок (посадових окладів) по розрядах тарифної сітки (посадам, групам схеми посадових окладів).

Тарифні ставки діючі на час розрахунку КР.

Корисний фонд робочого часу всіх робітників: $1824 \cdot 11 = 20064$ грн.

Зарплата по тарифу знаходиться множенням тарифної ставки на корисний фонд робочого часу всіх робітників: $9,82 \cdot 20064 = 197028,48$ грн.

Інші доплати 20% від тарифного фонду оплати: $(197028,48 \cdot 20) / 100 = 39405,69$ грн.

Фонд основної оплати гр.9= гр.7+гр.8: $197028,48 + 39405,69 = 200969,1$ грн.

Додаткова оплата праці становить 75% від фонду основної оплати: $(200969,1 \cdot 75) / 100 = 150726,8$ грн.

Загальний фонд оплати гр.11= гр.9+гр.10: $200969,1 + 150726,8 = 351695,9$ грн.

Нарахування єдиного соціального внеску 37,06%:

$(672733,6 \cdot 37,06) / 100 = 249315,07$ грн.

- для основних робітників: $(481929,5 \cdot 37,06) / 100 = 178603,07$ грн.
- для допоміжних робітників: $(1908004 \cdot 37,06) / 100 = 707106,28$ грн.

Єдиний соціальний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування - обов'язковий платіж до системи загальнообов'язкового державного соціального страхування, що передбачається в Україні з метою забезпечення страхових виплат за діючими видами загальнообов'язкового державного соціального страхування.

Для роботодавців ставки єдиного соціального внеску встановлюються у відсотках до бази нарахування цього внеску відповідно до класів професійного ризику виробництва, до яких віднесено платників єдиного соціального внеску за основними видами їх економічної діяльності.

3.6 Штатний розклад і річний фонд оплати цехового персоналу

Таблиця 3.6- Штатний розклад і річний фонд оплати цехового персоналу

Категорії та посади керівників	Чисельність,чол.	Місячний оклад, грн.	Місячний фонд оплати, грн.	Річний фонд оплати, грн.	Додаткова оплата 30%, грн.	Загальний фонд оплати, грн.
1	2	3	4	5	6	7
Керівник:						
Майстер	1	2700	2700	32400	9720	42120

Пояснення до таблиці 3.6

Схеми посадових окладів – основа оплати праці керівників, фахівців і службовців. Вони є угрупованнями посадових кваліфікацій працівників за розмірами оплати їх праці з урахуванням основних чинників, що визначають диференціацію заробітної плати. В першу чергу беруться до уваги складність і обсяг виконуваних робіт, умови, в яких вони здійснюються, а також рівень відповідальності.

Місячний фонд оплати знаходиться шляхом множення місячного окладу на чисельність працівників даної категорії: $2700 \cdot 1 = 2700$ грн.

Річний фонд оплати знаходиться шляхом множення місячного фонду оплати на 12 місяців: $2700 \cdot 12 = 32400$ грн.

Додаткова оплата праці становить 30% від річного фонду оплати:
 $(32400 \cdot 30) / 100 = 9720$ грн.

Загальний фонд оплати – гр.5+гр.6: $32400 + 9720 = 42120$ грн.

ЄСВ 37,06 % від загального фонду оплати: $(42120 \cdot 37,06) / 100 = 15609,67$ грн.

3.7 Розрахунок потреби вартості палива і води

Таблиця 3.7 - Розрахунок потреби вартості палива і води

Найменування	Одиниці виміру	Годинна витрата	Число годин роботи в рік	Загальна потреба	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4	5	6	7
Паливо	м ³	516,13	3888	2006713,44	9,6	19264449,02
Вода	м ³	43	3888	167184	6,62	1106758,08

Пояснення до табл. 3.7.

Ціни та тарифи для розрахунку собівартості одиниці тепла (з офіційного сайту Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики – www.nerc.gov.ua).

Годинна витрата води, палива фактичні дані (паспорт котлоагрегату).

Загальна потреба у паливі і воді знаходиться множенням годинної витрати на число годин використання на рік гр.3· гр.4: $516,13 \cdot 3888 = 2006713,44 \text{ м}^3$

Сума визначається множенням загальної потреби на ціну одиниці продукції:
 $2006713,44 \cdot 9,6 = 19264449,02 \text{ грн.}$

3.8 Розрахунок силової електроенергії

Таблиця 3.8 - Розрахунок силової електроенергії

Найменування обладнання	Кількість одиниць обладнання	Встановлена потужність одиниць обладнання, кВт	Встановлена потужність всього обладнання, кВт	ККД	Кількість споживаної потужності, кВт	Кількість годин роботи в рік	Загальна потреба в електроенергії. кВт.	Вартість 1 кВт/год. грн.	Сума грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вентилятор	3	4,6	13,8	65	8,97	3888	34875,36	1,47	51266,77
Димосос	3	7,3	21,9	73	15,99	3888	62169,12	1,47	91388,60
Насос	3	8,7	26,1	78	20,35	3888	79120,8	1,47	116307,57
Всього							176165,28		258962,94

Пояснення до табл. 3.8

Встановлена потужність одиниці обладнання та ККД фактичні дані обладнання.

Споживана потужність, визначається множенням потужності всього обладнання на ККД – гр.4·гр.5: $13,8 \cdot 0,65 = 8,97$ кВт.

Загальна потреба визначається множенням кількості споживаної потужності на кількість годин роботи на рік – гр.6·гр.7:

$$8,97 \cdot 3888 = 34875,36 \text{ кВт.}$$

Сума визначається множенням вартості одиниці електроенергії на загальну потребу гр.8·гр.9: $34875,36 \cdot 1,47 = 51266,77$ грн.

3.9 Розрахунок потреби та вартості освітлюваної електроенергії

Таблиця 3.9 - Розрахунок потреби та вартості освітлюваної електроенергії

Площа приміщення, м ²	Норма витрати електроенергії на м ² (кВт)	Загальна споживна потужність на всю площу (кВт)	Середнє число годин горіння на добу (год)	Кількість робочих днів на рік	Річна потреба електроенергії: кВт/год	Вартість одного кВт/год. (грн.).	Сума (грн.).
1	2	3	4	5	6	7	8
172	0,008	1,376	14	365	7000,7	1,47	10291,02

Пояснення до табл. 3.9

Площа визначається відповідно до кількості обладнання.

Норма витрати електроенергії на 1 м² приймається 0,008-0,010кВт

Загальна споживна потужність на всю площу визначається множенням гр.1 на гр.2: $172 \cdot 0,008 = 1,376$ кВт

Середнє число годин горіння приймається в залежності від кількості робочих годин на добу.

Кількість робочих днів на рік визначається виходячи із фонду робочого часу обладнання (Гр.).

- з безперервним процесом виробництва

-Гр – 365- ППР

Річна потреба в електроенергії визначається множенням гр.3·гр.4·гр.5: $1,37 \cdot 14 \cdot 365 = 7000,7$ кВт/год.

Сума на освітлювану електроенергію: $1,47 \cdot 7000,7 = 10291,09$ грн.

3.10 Розрахунок амортизації основних фондів

Таблиця 3.10 - Розрахунок амортизації основних фондів

Найменування основних фондів	Кількість одиниць	Первинна вартість		Строк корисного використання, років.	Сума амортизації, грн.
		За одиницю (грн.)	Всього (грн.)		
1	2	3	4	5	6
Будівля	1	130000	130000	20	6500
Технологічне обладнання					
Котел	3	210000	630000	5	126000
Вентилятор	3	12600	37800	5	7560
Димосос	3	15200	45600	5	9120
Насос	3	18700	56100	5	11220
Всього:			769500		153900

Пояснення до табл. 3.10

Строк корисного використання відповідно до класифікації груп основних засобів та інших необоротних активів і мінімально допустимих строків їх амортизації, згідно Податкового кодексу на 2015 рік:

- для приміщень 20 років (I група класифікації ОФ - будівлі);
- для обладнання 5 років (III група класифікації ОФ - машини та обладнання).

Сума амортизаційних нарахувань визначається шляхом ділення гр..4 на гр..5: $130000/20=6500$ грн.

$210000/5=126000$ грн.

3.11 Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

Таблиця 3.11 - Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

Найменування статей	Сума, грн.
1.Основна та додаткова заробітна плата ремонтних робітників	127114,6
2. Єдиного соціального внеску	47108,67
3.Амортизація обладнання	153900
4.Поточний ремонт обладнання	107730
5.Масильні та обтирочні матеріали	1692,9
6.Покриття зносу малоцінних та швидкозношуваних предметів	2308,5
Всього:	439854,67

Пояснення до табл. 3.11

ст.1. Таблиця 5.1: 127114,6 грн.;

ст.2. ЄСВ (таблиця 5.1): 47108,67 грн.;

ст.3. З таблиці 10.1;

ст.4. 70% від суми амортизації обладнання (табл.10.1):

$(153900 \cdot 70) / 100 = 107730$ грн.;

ст.5. 1.1% від суми амортизації обладнання (табл.10): $(153900 \cdot 1,1) / 100 = 1692,9$ грн.;

ст.6. 1.5% від суми амортизації обладнання (табл.10): $(153900 \cdot 1,5) / 100 = 2308,5$ грн.

3.12 Розрахунок цехових витрат

Таблиця 3.12 - Цехові витрати

Статті витрат	Сума, грн.
1.Заробітна плата цехового персоналу	39000
2.ЄСВ	14453,4
3.Утримання на поточний ремонт будівель	19500
4.Амортизація будівлі (табл.10.1)	6500
5.Витрати на охорону праці та техніку безпеки (16% від загального фонду оплати (табл.1.1))	86038,35
6.Витрати на раціоналізаторство та винахідництво (1% від фонду оплати робітників табл.1.1)	4987,39
7.Освітлювальна електроенергія (табл.9.1)	9800,98
8.Канцелярські витрати	560
9.Інші витрати (1% від попередніх статей витрат)	1808,4
Всього:	182648,52

Пояснення до табл. 3.12

ст. 1,2 береться із таблиці 6.1;

ст. 3 1,5% від вартості будівлі (табл.10.1): $(130000 \cdot 1,5) / 100 = 19500$ грн.;

ст. 4 таблиця 10.1: 6500 грн.;

ст.5 визначається у розмірі 16% від загального фонду оплати (табл.1.1):
 $(537739 \cdot 16) / 100 = 86038,35$ грн.;

ст. 6 береться у розмірі 1% від фонду оплати робітників (табл.1.1):
 $(498739,7 \cdot 1) / 100 = 4987,39$ грн.;

ст. 7 таблиця 4.9;

ст.8 приймається у розмірі – 560 грн.;

ст. 9 визначається у розмірі 1% від суми попередніх витрат:

$(180840,12 \cdot 1) / 100 = 1808,4$ грн.

3.13 Калькуляція собівартості одиниці тепла (ГДж)

Таблиця 3.13 -Калькуляція собівартості

	Одиниці виміру	Витрати			
		На річну програму		На калькуляційну одиницю	
		Кількість	Сума	Кількість	Сума
1.Паливо	м ³	2006713,44	19264449,02	17,45	221,98
2.Електроенергія	кВт/год.	176165,28	258962,94	1,53	2,98
3.Вода	м ³	167184	1106758,08	1,45	12,75
4.Оплата праці робітників	грн.	-	481929,5	-	5,55
5.ЄСВ	грн.	-	178603,07	-	2,05
6.Витрати на утримання і експлуатації обладнання	грн.	-	439854,67	-	5,06
7.Цехові витрати	грн.	-	182648,52	-	2,1
Цехова собівартість:			25860965,3		252,47

Пояснення до табл. 3.13

Таблиця розраховується на основі попередніх даних.

Собівартість одиниці тепла знаходжу шляхом ділення витрат на річний випуск тепла на програму виробітку тепла.

Витрати на калькуляційну одиницю: $19264449,02/86781=221,98$ грн.

Собівартість одиниці тепла (ГДж): 252,47грн.

3.14 Структура собівартості одиниці тепла (ГДж)

Таблиця 3.14 - Структура собівартості одиниці тепла

№з/п.	Статті витрат	Сума витрат на одиницю продукції, грн.	Питома вага, %
1	Паливо	221,98	87,92
2	Силова електроенергія	2,98	1,18
3	Вода	12,75	5,05
4	Оплата робітників	5,55	2,19
5	ЄСВ	2,05	0,81
6	Експлуатація обладнання	5,06	2
7	Цехові витрати	2,1	0,83
8	Всього:	252,47	99,98

Пояснення до табл.3.14

Сума витрат на одиницю продукції (таблиця 4.13).

Питома вага визначається діленням суми витрат на одиницю продукції на цехову собівартість, помножити на 100%.

Питома вага палива: $221,98/252,47 \cdot 100 = 87,92\%$

Отже, найбільшу питому вагу в структурі собівартості одиниці тепла займають витрати на паливо.

ВИСНОВОК

Завданням дипломного проекту було запроєктувати систему теплопостачання міста Ужгород та впровадити енергозберігаючі технології.

В житловому мікрорайоні я запроєктував двотрубну, закриту, тупикову теплову мережу. Прокладку передбачив безканалъну з використанням попередньо ізольованих трубопроводів.

Для міста Ужгород визначив основні кліматичні характеристики: розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення станове -18°C , для вентиляції - -6°C , тривалість опалювального періоду – 162дб.

Далі визначив теплові навантаження житлового мікрорайону на системи опалення – 12283,1кВт, вентиляції – 261,4кВт та гарячого водопостачання – 2258,4кВт. Побудував годинні графіки витрати тепла та річний графік теплоспоживання. Після цього, орієнтуючись на навантаження системи опалення та ГВП побудував графік регулювання температур теплоносія. Потім визначив розрахункові витрати теплоносія та виконав гідравлічний розрахунок системи теплопостачання, з метою визначення діаметрів трубопроводів та втрат тиску на ділянках теплової мережі. Одним із заходів по енергозбереженню в даному проекті є прокладка теплової мережі з попередньо ізольованих трубопроводів, для яких виконав тепловий розрахунок, метою якого є визначення товщини ізоляції. Ефективність теплової ізоляції склала від 91 до 95,8%.

Наступним етапом був підбір основного обладнання, до встановлення прийняв: 2 мережних насоси типу СЭ500-70-16, 2 живильних насоси типу К80-65-160, П-подібні компенсатори, грязьовики конструкції Союзтехенерго, лічильники тепла UltraHeat УН50.

Економія енергоресурсів досягається за рахунок інтенсифікації технологічних процесів і впровадження нової техніки і прогресивної технології, скорочення норм витрати на виробництво продукції, зменшення витрат енергії,

робота обладнання в економних режимах, використання вторинних енергоресурсів.

Резерви економії згідно [11] розподіляють:

- 60 – 70 % дає розробка і використання нової більш економного енергоспоживання обладнання, застосування менше енергомістких технологій, застосування засобів автоматизації і контролю;
- 20 – 25 % можна отримати шляхом зниження енергоресурсів на стадії споживання і при передачі, транспортуванні і зберіганні енергоресурсів;
- 10 – 15 % можуть давати організаційно – технічні міроприємства,

використання вторинних енергоресурсів. Оснащення систем тепlopостачання сучасними приладами обліку і регулювання дозволяють отримати значну економію енергоресурсів, покращити тепловий комфорт при відносно низьких капітальних вкладеннях і строках окупності. З метою забезпечення економного споживання тепла та води, налагодження прозорості системи постачання та споживання енергоресурсів, було прийнято цілий ряд постанов "Про програму виробництва засобів витрачання ПЕР і приладів регулювання систем електро-, тепло- та газопостачання".

В економічній частині проекту визначив собівартість 1 ГДж тепла, що склала 252,47грн.

В розділі «Охорона праці» враховані вимоги нормативно-правових актів з техніки безпеки при монтажі тепломережі, а також заходи протипожежного захисту та охорони навколишнього середовища

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Чейлитко А.О. Використання вторинних енергоресурсів: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА напрямку 6.050601 “Теплоенергетика” денної і заочної форми навчання. Запоріжжя: ЗДІА, 2014. 246 с.
2. Чейлитко, А.О. Герасимов, Ю.О. Каюков Ю.М. Теплотехнологічні процеси та установки: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів ЗДІА напрямку 6.050601 «Теплоенергетика» денної та заочної форми навчання; Запоріжжя, ЗДІА, 2014. 30 с.
3. Низькопотенційні та альтернативні джерела енергії. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА Енергетичного напрямку всіх форм навчання/ Уклали Бердишев М.Ю, Чейлитко А.О., Назаренко О.М. Запоріжжя: ЗДІА, 2015. – 270 с.
4. Чейлитко А. О. Проектування та оптимізація систем теплопостачання : навч.-метод. посіб. для студ. ЗДІА напрямку 144 «Теплоенергетика» денної і заочної форми навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 200 с.
5. Чейлитко А. О. Математичне моделювання та оптимізація процесів тепло масообміну : навч.-метод. посіб. для студ. ЗДІА спец. 144 «Теплоенергетика» денної та заочної форми навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 146 с.
6. Енергоаудит [Електронний ресурс] : навч.-метод. посібник для слухачів курсів підвищення кваліфікації центру безперервної освіти : навч.-метод. посібник / С. В. Ільїн, А. О. Чейлитко, І. М. Мних ; ЗДІА. - Запоріжжя : ЗДІА, 2018. - 130 с.
7. Ільїн С. В., Банах В. А., Чейлитко А. О., Лимаренко О. М. Енергоефективні технології будівництва : навч.-метод. посіб. для осіб, які проходять перепідготовку та соціальну адаптацію в рамках реалізації проекту «Норвегія–Україна», UKR-20/002 (NUPASS). Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 106 с.ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація

8. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина I «Теплові мережі та споруди») Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007, - 244с.
9. Справочник по теплоснабжению и вентиляции (издание 4-е, переработанное и дополненное). Книга 1-я. Р.В. Щекин и др. Киев: Будівельник, 1976, - 416с.
10. Ионин А.А. Теплоснабжение М. : Стройиздат,1982. – 336 с.
11. Проектирование теплоснабжения. Пешехонов Н.И. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 328с.
12. Справочник проектировщика. Отопление, водопровод, канализация.М.: Стройиздат, 1976.
13. Шубин Е.П. Основные вопросы проектирования систем теплоснабжения городов М. : Энергия,1986. – 360 с.
14. Голубков Б.Н. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий М. : Энергия,1979. - 544 с.
15. Ионин А.А. Теплоснабжение М. : Стройиздат,1982. – 336 с.
16. Б.Х. Драганов та ін. Теплотехніка: Підручник. – Київ; «ІНКОС», 2005 – 504с.
17. Умовні зображення і позначки трубопроводів та їх елементів. ДСТУ Б А.2.4 – 1:2009.
18. Економіка та організація виробництва: Бойко Л.Г. – Харків: ХНАМГ, 2008. 194 с.
19. Економіка енергетики: Федішин Б.П. Навчальний посібник для енергетичних спеціальностей. - Тернопіль: Астон, 2003. - 160 с.
20. Порядок погодження та видачі дозволів на спеціальне водокористування, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 13 березня 2002 року N 321 [321-2002-п].
21. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 року N 465 [465-99-п].

22. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджені наказом Міністерство палива та енергетики України №258 від 25.07.2006.

23. Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів. Затверджені наказом Міністерства палива та енергетики України № 258 від 25.07.2006.

24. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища , важкості та напруженості трудового процесу. Затверджено наказом МОВ України №248 від 08.04.2014.