

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА
І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплотехніки

Освітній ступінь: _____ магістр _____

Спеціальність _____ 192 «Будівництво та цивільна інженерія _____

Освітня програма: _____ «Теплогазопостачання і вентиляція» _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

_____ Приймак О.В. _____

„_____” _____ 20 24 року

З А В Д А Н Н Я

**ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА _____**

_____ Баранчук Олена Віталіївна _____

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи: «Теплопостачання житлового мікрорайону в м.Бородянка при зміні теплового навантаження за рахунок термомодернізації та зміни температурного графіку»
затверджена наказом ректора КНУБА № _____ від «__» _____ 20__ року
2. Керівник роботи
_____ Швачко Наталія Наталія Анатоліївна , к.т.н. , доцент _____
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання здобувачем роботи до захисту _____ 25.11.2024 _____
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
 - Р. 1. Характеристика району теплопостачання
 - Р. 2. Розрахунок теплових потоків
 - Р. 3. Визначення розрахункових витрат теплоносія
 - Р. 4. Гідравлічний розрахунок теплової мережі
 - Р. 5. Розрахунок та підбір живильних та мережних насосів
 - Р. 6. Техніко-економічний аналіз

5. Графічний матеріал за розділами

- Р. 1. Ситуаційний план житлового мікрорайону в м. Бородянка; повні теплові навантаження
- Р. 2. Схема генерального плану території; тепла камера; розріз 1-1
- Р. 3. Монтажна схема теплової мережі, поздовжній профіль, розріз 2-2
- Р. 4. П'єзометричний графік та гідравлічні розрахунки при повному тепловому навантаженні (сталеві трубопроводи). Температурний графік 150-70
- Р. 5. П'єзометричний графік та гідравлічні розрахунки при тепловому навантаженні без ГВ (сталеві трубопроводи). Температурний графік 130-70
- Р. 6. П'єзометричний графік та гідравлічні розрахунки при тепловому навантаженні без ГВ та частковим утепленням будинків(сталеві трубопроводи). Температурний графік 115-70
- Р. 7. П'єзометричний графік та гідравлічні розрахунки при тепловому навантаженні без ГВ та з повним утепленням будинків (сталеві трубопроводи). Температурний графік 95-65
- Р. 8. П'єзометричний графік, гідравлічні розрахунки таблиця вартості електроенергії при повному тепловому навантаженні (поліетиленові трубопроводи). Температурний графік 80-50
- Р.9. П'єзометричний графік, гідравлічні розрахунки, таблиця вартості електроенергії при тепловому навантаженні без ГВ(поліетиленові трубопроводи). Температурний графік 65-40
- Р.10. П'єзометричний графік, гідравлічні розрахунки, таблиця вартості електроенергії при тепловому навантаженні без ГВ та з частковим утепленням будинків(поліетиленові трубопроводи). Таблиця вартості теплової енергії у воєнний час
- Р.11. П'єзометричний графік, гідравлічні розрахунки, таблиця вартості електроенергії при тепловому навантаженні без ГВ та з повним утепленням будинків(поліетиленові трубопроводи). Таблиця вартості теплової енергії у позавоєнний час

Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	12.11.2023
Розділ 2.	10.12.2023
Розділ 3.	20.12.2023
Розділ 4.	25.03.2024
Розділ 5	15.06.2024
Розділ 6	11.10.2024
Остаточне оформлення роботи	10.11.2024
Направлення роботи для перевірки на плагіат	25.11.2024
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	27.11.2024
Направлення роботи на рецензування	02.12.2024

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 3.	Гламаздін П.М.		

Дата видачі завдання 11.11.2023

Зав. кафедри _____ Кириченко М.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник _____ Швачко Н.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Здобувач _____ Баранчук О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології
Теплотехніки

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

на тему:

«Теплопостачання житлового мікрорайону в м.Бородянка при зміні теплового навантаження за рахунок термомодернізації та зміни температурного графіку»

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

Київ 2024 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до атестаційної роботи бакалавра складається з 6 розділів, пояснювальна записка містить 98 сторінок основного тексту. В основному тексті роботи наведено 75 таблиць та 20 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Мета роботи – оцінити вплив зміни температурних графіків, типу трубопроводів та сценаріїв теплових навантажень на гідравлічний режим теплових мереж і роботу насосного обладнання. Економічний ефект від впровадження запропонованих проєктів є значний.

Ключові слова: термосанація, енергозбереження, теплове навантаження, втрати напору, гідравлічний розрахунок теплової мережі, економія, насоси, різний температурний режим, тепломережа з поліетилену.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma consists of 6 sections, explanatory memorandum has 98 pages the main text and two annexes. In the body of work are 75 tables and 20 items of bibliographical references.

The aim of the study is to assess the impact of changes in temperature schedules, types of pipelines, and scenarios of heat loads on the hydraulic regime of thermal networks and the operation of pumping equipment. The economic effect of implementing the proposed projects is significant.

Keywords: thermal insulation, energy saving, heat load, pressure loss, hydraulic calculation of thermal networks, cost savings, pumps, various temperature regimes, polyethylene-based thermal network.

Зміст

Вступ	7ст.
1. Характеристика району теплопостачання	10ст.
2. Розрахунок теплових потоків.....	12ст.
3. Визначення розрахункових витрат теплоносія.....	20ст.
4. Гідравлічний розрахунок теплової мережі	32ст.
5. Підбір живильних та мережних насосів.....	77ст.
6. Техніко-економічний аналіз.....	85ст.
Висновки.....	92ст.
Список використаної літератури	95ст.

ВСТУП

						Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вступ

Одним із ключових аспектів забезпечення енергоефективності систем теплопостачання є оптимізація їх гідравлічного режиму, що безпосередньо впливає на енергоспоживання мережних насосів, надійність роботи системи та витрати на її експлуатацію. У сучасних умовах, особливо для України, це питання набуває виняткової актуальності через зростання цін на енергоносії, необхідність скорочення залежності від імпортованих ресурсів, а також потребу зниження викидів парникових газів відповідно до європейських екологічних стандартів.

Зміна температурного графіка системи теплопостачання є одним із найбільш перспективних напрямів підвищення енергоефективності. Перехід на знижені температурні графіки дозволяє суттєво скоротити теплові втрати у трубопроводах, зменшити витрати на підігрів зворотної води та знизити експлуатаційні витрати. Проте такі зміни мають суттєвий вплив на гідравлічний режим системи, а отже, і на вибір та експлуатацію насосного обладнання. Це особливо важливо для теплових мереж, що працюють у різних режимах теплового навантаження: повному, без врахування гарячого водопостачання, або частковому – з урахуванням термомодернізації будівель.

Для забезпечення високої ефективності теплових мереж важливим є також вибір матеріалу трубопроводів. У сучасних проєктах поліетиленові труби все частіше розглядаються як альтернатива сталевим завдяки їхнім нижчим гідравлічним опорам, меншій схильності до корозії та значно тривалішому терміну експлуатації. Використання поліетиленових труб у системах з низькотемпературними графіками може додатково знизити гідравлічний опір, що сприятиме підвищенню загальної ефективності мережі.

У цій роботі проаналізовано вплив різних температурних графіків (150-70, 130-70, 115-70, 95-65, 80-50, 65-40) на гідравлічний розрахунок тепломережі та параметри роботи мережних насосів. Окрім цього, досліджено зміну теплових навантажень за різних сценаріїв: повне теплове навантаження, теплове навантаження без гарячого водопостачання, часткове утеплення будівель (11,5%) без ГВ, а також повне утеплення будівель (34%) без ГВ. Особлива увага приділена

порівнянню характеристик поліетиленових і сталевих трубопроводів при низькотемпературних графіках (95-65, 80-50, 65-40) для визначення ступеня зменшення напору через різницю у гідравлічному опорі.

Мета роботи – оцінити вплив зміни температурних графіків, типу трубопроводів та сценаріїв теплових навантажень на гідравлічний режим теплових мереж і роботу насосного обладнання. На основі результатів дослідження розроблено рекомендації щодо оптимізації теплових мереж з урахуванням сучасних викликів, таких як енергозбереження, термомодернізація будівель і адаптація до економічних реалій України.

Актуальність теми обумовлена гострою потребою модернізації систем теплопостачання України, які переважно експлуатуються на застарілому обладнанні з високими тепловими втратами. Інтеграція сучасних рішень, таких як знижені температурні графіки та поліетиленові трубопроводи, сприятиме зменшенню витрат енергії, підвищенню надійності роботи мереж та зниженню фінансових витрат на їх утримання, що є критично важливим у контексті енергетичної незалежності та сталого розвитку країни.

1.Характеристика району теплопостачання

						Арк
						11
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Да</i>		

1.1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРОЕКТУ

1.1.1 Данні для мікрорайону

Таблиця 1.1

Місто проектування	Бородянка
Розрахункова температура на опалення	-22 °С
Середня температура опалювального періоду	-0,1°С
Тривалість опалювального періоду	176 днів
Тип системи теплопостачання	Відкрита

1.2 Схема теплопостачання

У системі теплопостачання як теплоносії використовується вода, яка має розрахункові температури в межах 150-70°С, 130-70°С, 115-70°С, 95-65°С, 80-50°С і 65-40°С.

Джерелом тепла для житлового мікрорайону є існуюча котельня.

Система теплових мереж водяного типу, що забезпечує теплопостачання від міської котельні до житлових будівель, побудована за двотрубною схемою. Подаючий трубопровід позначається як Т1, а зворотний — як Т2.

Для проектування траси тепломережі використовуються попередньо ізольовані труби з теплоізоляцією з пінополіуретану, захищеною поліетиленовою оболонкою. Ці труби укладаються в непрохідних каналах теплових мереж, а на окремій ділянці застосовано безканальну прокладку.

Температурне розширення сталевих трубопроводів компенсується за допомогою П-подібних і сальникових компенсаторів, а також за рахунок кутів повороту траси.

2. Розрахунок теплових потоків

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

2.1. КЛІМАТИЧНІ ДАНІ

Кліматичні дані для міста Бородянки в Київській області були використані згідно з [1]:

- t_0 відповідає розрахунковій температурі на опалення і становить -22°C .
- $t_{\text{оп}}$ представляє собою середню температуру опалювального періоду і дорівнює $-0,1^{\circ}\text{C}$.
- n вказує на тривалість опалювального періоду, який складає 176 дні.

2.2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ НА ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЮ ТА ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Для початку розрахунку системи теплопостачання необхідно визначити кількість теплоти, що споживається за одиницю часу. Під час проектування теплових мереж розрахункові теплові потоки, необхідні для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання житлових, громадських і виробничих будівель, визначаються відповідно до спеціальних методик із застосуванням укрупнених показників [2].

Максимальний годинний тепловий потік на опалення:

$$Q'_{\text{оmax}} = (1+K_1) \cdot q_0 \cdot A, \text{ кВт} \quad (2.1)$$

де q_0 – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1 м^2 загальної площі житлових приміщень, $\text{Вт}/\text{м}^2$, (дод.5), [5];

$$1-2 \quad q_0 = 178 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

$$3-4 \quad q_0 = 112,2 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

$$5 \text{ і більше} \quad q_0 = 77,8 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

K_1 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських приміщень, $K_1=0,25$ [5]; A – загальна площа житлових споруд, яку визначають з рівності:

$$A = F_i f_1, \text{ м}^2 \quad (2.2)$$

де f_1 – щільність житлового фонду, $\text{м}^2/\text{га}$, визначається відповідно до поверховості забудови, (дод. 6) [2];

F_i – площа кварталу, га, приймається згідно з генеральним планом житлового мікрорайону у відповідності з завданням та з урахуванням масштабу.

Кількість мешканців визначаємо з умови заселеності: **1 меш. – 25 м^2**

Максимальний годинний тепловий потік на вентиляцію:

$$Q'_{\text{vmax}} = K_1 K_2 q_0 A, \text{ Вт} \quad (2.3)$$

де K_2 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських споруд.

Середній годинний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських споруд визначають за формулою:

$$Q_{\text{hm}} = q_h \cdot m, \text{ Вт} \quad (2.4)$$

q_h - узагальнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одного мешканця, $\text{Вт}/\text{меш.}$, (дод.3), [2]; m – кількість жителів, яку розраховують за формулою:

$$m = A_i / f_2 \quad (2.5)$$

де f_2 – норма загальної площі на одного мешканця, $f_2=25 \text{ м}^2/\text{меш}$ [2].

Максимальний годинний тепловий потік на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{hmax}} = 2,4 \cdot Q_{\text{hm}}, \text{ Вт} \quad (2.6)$$

Середній і максимальний годинні теплові потоки на гаряче водопостачання в неопалювальний період:

$$Q_{hm}^s = Q_{hm} \frac{t_h - t_c^s}{t_h - t_c} \beta, \text{ ВТ}; \quad Q_{hmax}^s = Q_{hmax} \frac{t_h - t_c^s}{t_h - t_c} \beta, \text{ ВТ}, \quad (2.7; 2.8)$$

t_c, t_c^s – температури водопровідної води, в опалювальний період ($t_c = +5^\circ\text{C}$), та в неопалювальний період ($t_c^s = +15^\circ\text{C}$); t_h – температура гарячої води в системі гарячого водопостачання, приймається рівною $+60^\circ\text{C}$;

Коефіцієнт β враховує зміну середньої витрати води на гаряче водопостачання в неопалювальний період порівняно з опалювальним. Для житлово-комунального сектора цей коефіцієнт становить $\beta = 0,8$, для курортних та південних міст — $\beta = 1,5$, а для промислових підприємств — $\beta = 1,0$. Результати розрахунків для кожного кварталу, а також для різних теплових навантажень, фіксуються в таблицях 2.1–2.4.

Середній і максимальний годинні теплові потоки на ГВП в неопалювальний період:

$$Q_h^s = Q_h^s * (t_h - t_c^s) / (t_h - t_c) * \beta \quad (2.9)$$

$$Q_{hmax}^s = Q_h^s * (t_h - t_c^s) / (t_h - t_c) * \beta \quad (2.10)$$

Температура гарячої води в системі гарячого водопостачання (t_h) приймається рівною $+60^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт β , який враховує зміну середнього споживання води для гарячого водопостачання в неопалювальний період порівняно з опалювальним, для житлово-комунального сектора має значення $\beta = 1,2$.

Значення розрахункових теплових потоків для повного навантаження системи тепlopостачання

Таблиця 2.1

№	Об'єм будівлі	Розрахункова температура	Питоме навантаження	Питоме навантаження	Питоме навантаження	Теплові потоки, кВт				
						Опалення	Вентиляція	Середнє	Максим.	Всього
1	5	6	7		9	10		12	13	14
1	41985	20	0,41		305	885,45		68,015	163,24	1048,69
2	51075	20	0,4		305	1050,88		82,655	198,37	1249,26
3	51075	20	0,4		305	1050,88		82,655	198,37	1249,26
4	78750	20	0,4		305	1620,30		127,19	305,24	1925,55
5	68580	20	0,4		305	1411,05		110,715	265,72	1676,77
6	34290	18	0,41	0,27	50	688,73	379,6	9,10	21,84	710,57
7	51480	20	0,4		305	1059,22		83,27	199,84	1259,05
8	51480	20	0,4		305	1059,22		83,27	199,84	1259,05
9	51480	20	0,4		305	1059,22		83,265	199,84	1259,05
10	47565	20	0,4		305	978,66		76,86	184,46	1163,13
11	51480	20	0,4		305	1059,22		83,265	199,84	1259,05
12	49860	20	0,4		305	1025,88		80,52	193,25	1219,13
13	33750	20	0,415		305	720,46		54,595	131,03	851,48
14	95580	20	0,4		305	1966,59		154,33	370,39	2336,98
15	27180	20	0,425		305	594,19		43,92	105,41	699,60
16	27383	20	0,425		305	598,62		44,23	106,14	704,76
17	9680	18	-	-	-	30,74	91,998	-	-	122,73
Всього						16859	471,6	1267,8	3042,8	19994,1

Значення розрахункових теплових потоків для навантаження системи тепlopостачання без гарячого водopостачання (далі ГВ)

Таблиця 2.2

№	Об'єм будівлі	Розрахункова температура	Питоме навантаження	Питоме навантаження	Питоме навантаження	Теплові потоки, кВт				
						Опалення	Вентиляція	Середнє	Максим.	Всього
1	5	6	7		9	10		12	13	14
1	41985	20	0,41		305	885,45		0	0,00	885,45
2	51075	20	0,4		305	1050,88		0	0,00	1050,88
3	51075	20	0,4		305	1050,88		0	0,00	1050,88
4	78750	20	0,4		305	1620,30		0	0,00	1620,30
5	68580	20	0,4		305	1411,05		0	0,00	1411,05
6	34290	18	0,41	0,27	50	688,73	379,6	0	0,00	688,73
7	51480	20	0,4		305	1059,22		0	0,00	1059,22
8	51480	20	0,4		305	1059,22		0	0,00	1059,22
9	51480	20	0,4		305	1059,22		0	0,00	1059,22
10	47565	20	0,4		305	978,66		0	0,00	978,66
11	51480	20	0,4		305	1059,22		0	0,00	1059,22
12	49860	20	0,4		305	1025,88		0	0,00	1025,88
13	33750	20	0,415		305	720,46		0	0,00	720,46
14	95580	20	0,4		305	1966,59		0	0,00	1966,59
15	27180	20	0,425		305	594,19		0	0,00	594,19
16	27383	20	0,425		305	598,62		0	0,00	598,62
17	9680	18	-	-	-	30,74	91,998	-	-	122,73
Всього						16859	471,6	0,0	0,0	16951,3

**Значення розрахункових теплових потоків для навантаження системи
телопостачання без ГВ та з частковим утепленням будинків**

Максимальний годинний тепловий потік на опалення зменшуємо на
11,8% [7].

Таблиця 2.3

№	Об'єм будівлі	Розрахункова температура	Питоме навантаження	Питоме навантаження	Питоме навантаження hm	Теплові потоки, кВт				
						Опалення	Вентиляція	Середнє	Максим.	Всього
1	5	6	7		9	10		12	13	14
1	41985	20	0,41		305	780,97		0	0,00	780,97
2	51075	20	0,4		305	926,88		0	0,00	926,88
3	51075	20	0,4		305	926,88		0	0,00	926,88
4	78750	20	0,4		305	1429,11		0	0,00	1429,11
5	68580	20	0,4		305	1244,55		0	0,00	1244,55
6	34290	18	0,41	0,27	50	607,46	379,6	0	0,00	987,05
7	51480	20	0,4		305	934,23		0	0,00	934,23
8	51480	20	0,4		305	934,23		0	0,00	934,23
9	51480	20	0,4		305	934,23		0	0,00	934,23
10	47565	20	0,4		305	863,18		0	0,00	863,18
11	51480	20	0,4		305	934,23		0	0,00	934,23
12	49860	20	0,4		305	904,83		0	0,00	904,83
13	33750	20	0,415		305	635,44		0	0,00	635,44
14	95580	20	0,4		305	1734,53		0	0,00	1734,53
15	27180	20	0,425		305	524,07		0	0,00	524,07
16	27383	20	0,425		305	527,98		0	0,00	527,98
17	9680	18	-	-	-	30,74	91,998	-	-	122,73
					Всього	14874	471,6	0,0	0,0	15345,1

Значення розрахункових теплових потоків для навантаження системи теплопостачання без ГВ та з повним утепленням будинків

Максимальний годинний тепловий потік на опалення зменшуємо на 34%[7].

Таблиця 2.4

№	Об'єм будівлі	Розрахункова температура	Питоме навантаження	Питоме навантаження	Питоме навантаження hm	Теплові потоки, кВт				
						Опалення	Вентиляція	Середнє	Максим.	Всього
1	5	6	7		9	10		12	13	14
1	41985	20	0,41		305	584,40		0	0,00	584,40
2	51075	20	0,4		305	693,58		0	0,00	693,58
3	51075	20	0,4		305	693,58		0	0,00	693,58
4	78750	20	0,4		305	1069,40		0	0,00	1069,40
5	68580	20	0,4		305	931,30		0	0,00	931,30
6	34290	18	0,41	0,27	50	454,56	379,6	0	0,00	834,15
7	51480	20	0,4		305	699,08		0	0,00	699,08
8	51480	20	0,4		305	699,08		0	0,00	699,08
9	51480	20	0,4		305	699,08		0	0,00	699,08
10	47565	20	0,4		305	645,92		0	0,00	645,92
11	51480	20	0,4		305	699,08		0	0,00	699,08
12	49860	20	0,4		305	677,08		0	0,00	677,08
13	33750	20	0,415		305	475,50		0	0,00	475,50
14	95580	20	0,4		305	1297,95		0	0,00	1297,95
15	27180	20	0,425		305	392,16		0	0,00	392,16
16	27383	20	0,425		305	395,09		0	0,00	395,09
17	9680	18	-	-	-	30,74	91,998	-	-	122,73
					Всього	11138	471,6	0,0	0,0	11609,18

Річні витрати теплоти на опалення визначають за формулою:

$$Q_O^p = k \cdot Q'_{O \max} \cdot \frac{t_i - t_{оп}}{t_i - t'_o} \cdot n_o, \text{ГДж}, \quad (2.9)$$

t_i – нормативна температура повітря всередині приміщення, °С;

$t_{оп}$, t_o – середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального сезону, °С;

n_o – тривалість опалювального періоду, год.: $176 \cdot 24 = 4224$;

k – коефіцієнт переведення одиниць, $k = 3,6$.

$$Q_O^p = 3,6 \cdot 16,86 \cdot (20+0,1)/(20-(-22)) \cdot 4224 = 122696 \text{ ГДж}$$

Річні витрати теплоти на вентиляцію визначають за формулою:

$$Q_V^p = k \cdot Q'_{V \max} \cdot \frac{t_i - t_{оп}}{t_i - t'_o} \cdot n_o \cdot Z/24, \text{ГДж}, \quad (2.10)$$

Z – тривалість роботи системи вентиляції на протязі доби, год., Z=16 год.;

$$Q_{o}^p = 3,6 * 0,47 * (20+0,1)/(20-(-22)) * 4 224 * 16/24 = 2280 \text{ ГДж}$$

Річні витрати теплоти на гаряче водопостачання визначають за формулою:

$$Q_{hm}^p = \kappa (Q_{hm} \cdot n_o + Q_{hm}^s \cdot (8400 - n_o)), \text{ ГДж}$$

8400 – кількість годин роботи системи теплопостачання за рік.

Сумарна річна витрата теплоти складає:

$$Q_{o}^p = 3,6 * (3,05 * 4 224 + 1,27 (8400 - 4 224)) = 65472 \text{ ГДж}$$

$$Q^{\Sigma p} = Q_o^p + Q_v^p + Q_{hm}^p, \text{ ГДж}$$

$$Q^p = 122696 + 2280 + 65472 = 190 448 \text{ ГДж}$$

3. Розрахунок теплових потоків

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

3.1 Визначення розрахункових витрат теплоносія

Розрахунок витрати мережної води, необхідної для визначення діаметрів трубопроводів у водяних теплових мережах із якісним регулюванням теплопостачання, здійснюється окремо для систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання [5].

Визначаємо розрахункові витрати води, кг/с:

1) на опалення
$$G_{0\max} = \frac{Q'_{0\max}}{c(\tau'_{1,0} - \tau'_{2,0})};$$
 (3.1)

2) на вентиляцію
$$G_{v\max} = \frac{Q'_{v\max}}{c(\tau'_{1,0} - \tau'_{2,0})};$$
 (3.2)

3) на гаряче водопостачання в закритих системах теплопостачання:

- середня при паралельній схемі приєднання підігрівачів:

$$G_{hm} = \frac{Q_{hm}}{c(\tau_{1,0} - 30)};$$
 (3.3)

- максимальна при паралельній схемі приєднання підігрівачів:

$$G_{h\max} = \frac{Q_{h\max}}{c(\tau_{1,0} - 30)};$$
 (3.4)

У споживачів, в яких відношення $Q_{h\max}/Q_{0\max} > 1$, за відсутності баків-акумуляторів та при тепловому навантаженні 10 МВт і менше, сумарна розрахункова витрата води, кг/с:

$$G_d = G_{O_{\max}} + G_{V_{\max}} + G_{h_{\max}} \cdot \quad (3.5)$$

У двотрубних водяних теплових мережах в опалювальний період розрахункова витрата води, кг/с:

$$G_d^s = \beta G_{h_{\max}} \cdot \quad (3.6)$$

Результати розрахунків при різних температурних режимах та теплових навантаженнях заносимо в таблиці 3.1-3.21.

Розрахункові витрати теплоносія в тепловій мережі при повному навантаженні

150-70

Таблиця 3.1

№	$G_{O_{\max}}$	$G_{V_{\max}}$	$G_{h_{\max}}$	G_d	G_d^s
1	2,6	0	1,0	3,6	1,2
2	3,1	0	1,2	4,3	1,4
3	3,1	0	1,2	4,3	1,4
4	4,8	0	1,8	6,7	2,2
5	4,2	0	1,6	5,8	1,9
6	2,1	1,1	0,1	3,3	0,2
7	3,2	0	1,2	4,4	1,4
8	3,2	0	1,2	4,4	1,4
9	3,2	0	1,2	4,4	1,4
10	2,9	0	1,1	4,0	1,3
11	3,2	0	1,2	4,4	1,4
12	3,1	0	1,2	4,2	1,4
13	2,1	0	0,8	2,9	0,9
14	5,9	0	2,2	8,1	2,7
15	1,8	0	0,6	2,4	0,8
16	1,8	0	0,6	2,4	0,8
17	0,09	0,3	-	0,4	-
	50,3	1,4	18,2	69,9	21,8

130-70

Таблиця 3.2

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_{hmax}	G_d	G_d^s
1	3,5	0	1,0	4,5	1,2
2	4,2	0	1,2	5,4	1,4
3	4,2	0	1,2	5,4	1,4
4	6,4	0	1,8	8,3	2,2
5	5,6	0	1,6	7,2	1,9
6	2,7	1,5	0,1	4,4	0,2
7	4,2	0	1,2	5,4	1,4
8	4,2	0	1,2	5,4	1,4
9	4,2	0	1,2	5,4	1,4
10	3,9	0	1,1	5,0	1,3
11	4,2	0	1,2	5,4	1,4
12	4,1	0	1,2	5,2	1,4
13	2,9	0	0,8	3,6	0,9
14	7,8	0	2,2	10,0	2,7
15	2,4	0	0,6	3,0	0,8
16	2,4	0	0,6	3,0	0,8
17	0,12	0,4	-	0,5	-
	67,1	1,9	18,2	87,1	21,8

115-70

Таблиця 3.3

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_{hmax}	G_d	G_d^s
1	4,7	0	1,0	5,7	1,2
2	5,6	0	1,2	6,8	1,4
3	5,6	0	1,2	6,8	1,4
4	8,6	0	1,8	10,4	2,2
5	7,5	0	1,6	9,1	1,9
6	3,7	2,0	0,1	5,8	0,2
7	5,6	0	1,2	6,8	1,4
8	5,6	0	1,2	6,8	1,4
9	5,6	0	1,2	6,8	1,4
10	5,2	0	1,1	6,3	1,3
11	5,6	0	1,2	6,8	1,4
12	5,4	0	1,2	6,6	1,4
13	3,8	0	0,8	4,6	0,9
14	10,4	0	2,2	12,6	2,7
15	3,2	0	0,6	3,8	0,8
16	3,2	0	0,6	3,8	0,8
17	0,16	0,5	-	0,7	-
	89,4	2,5	18,2	110,1	21,8

95-65

Таблиця 3.4

№	$G_{\text{отак}}$	$G_{\text{втак}}$	$G_{\text{штак}}$	G_d	G_d^s
1	7,0	0	1,0	8,0	1,2
2	8,4	0	1,2	9,5	1,4
3	8,4	0	1,2	9,5	1,4
4	12,9	0	1,8	14,7	2,2
5	11,2	0	1,6	12,8	1,9
6	5,5	3,0	0,1	8,6	0,2
7	8,4	0	1,2	9,6	1,4
8	8,4	0	1,2	9,6	1,4
9	8,4	0	1,2	9,6	1,4
10	7,8	0	1,1	8,9	1,3
11	8,4	0	1,2	9,6	1,4
12	8,2	0	1,2	9,3	1,4
13	5,7	0	0,8	6,5	0,9
14	15,6	0	2,2	17,9	2,7
15	4,7	0	0,6	5,4	0,8
16	4,8	0	0,6	5,4	0,8
17	0,24	0,73	-	1,0	-
	134,1	3,8	18,2	156,0	21,8

80-50

Таблиця 3.5

№	$G_{\text{отак}}$	$G_{\text{втак}}$	$G_{\text{штак}}$	G_d	G_d^s
1	7,0	0	1,0	8,0	1,2
2	8,4	0	1,2	9,5	1,4
3	8,4	0	1,2	9,5	1,4
4	12,9	0	1,8	14,7	2,2
5	11,2	0	1,6	12,8	1,9
6	5,5	3,0	0,1	8,6	0,2
7	8,4	0	1,2	9,6	1,4
8	8,4	0	1,2	9,6	1,4
9	8,4	0	1,2	9,6	1,4
10	7,8	0	1,1	8,9	1,3
11	8,4	0	1,2	9,6	1,4
12	8,2	0	1,2	9,3	1,4
13	5,7	0	0,8	6,5	0,9
14	15,6	0	2,2	17,9	2,7
15	4,7	0	0,6	5,4	0,8
16	4,8	0	0,6	5,4	0,8
17,0	0,2	0,7	-	1,0	-
	134,1	3,8	0,0	156,0	21,8

65-50

Таблиця 3.6

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_{hmax}	G_d	G_d^s
1	14,1	0	1,0	15,1	1,2
2	16,7	0	1,2	17,9	1,4
3	16,7	0	1,2	17,9	1,4
4	25,8	0	1,8	27,6	2,2
5	22,5	0	1,6	24,0	1,9
6	11,0	6,0	0,1	17,1	0,2
7	16,9	0	1,2	18,0	1,4
8	16,9	0	1,2	18,0	1,4
9	16,9	0	1,2	18,0	1,4
10	15,6	0	1,1	16,7	1,3
11	16,9	0	1,2	18,0	1,4
12	16,3	0	1,2	17,5	1,4
13	11,5	0	0,8	12,2	0,9
14	31,3	0	2,2	33,5	2,7
15	9,5	0	0,6	10,1	0,8
16	9,5	0	0,6	10,2	0,8
17	0,49	1,46	-	2,0	-
	268,2	7,5	18,2	293,9	21,8

65-40

Таблиця 3.7

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_{hmax}	G_d	G_d^s
1	8,5	0	1,0	9,4	1,2
2	10,0	0	1,2	11,2	1,4
3	10,0	0	1,2	11,2	1,4
4	15,5	0	1,8	17,3	2,2
5	13,5	0	1,6	15,1	1,9
6	6,6	3,6	0,1	10,3	0,2
7	10,1	0	1,2	11,3	1,4
8	10,1	0	1,2	11,3	1,4
9	10,1	0	1,2	11,3	1,4
10	9,3	0	1,1	10,4	1,3
11	10,1	0	1,2	11,3	1,4
12	9,8	0	1,2	10,9	1,4
13	6,9	0	0,8	7,7	0,9
14	18,8	0	2,2	21,0	2,7
15	5,7	0	0,6	6,3	0,8
16	5,7	0	0,6	6,3	0,8
17	0,3	0,88	-	1,2	-
	160,9	4,5	18,2	183,6	21,8

Розрахункові витрати теплоносія в тепловій мережі при частковому утепленні будинків

150-70

Таблиця 3.8

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	2,3	0	2,3
2	2,8	0	2,8
3	2,8	0	2,8
4	4,3	0	4,3
5	3,7	0	3,7
6	1,8	1,1	2,9
7	2,8	0	2,8
8	2,8	0	2,8
9	2,8	0	2,8
10	2,6	0	2,6
11	2,8	0	2,8
12	2,7	0	2,7
13	1,9	0	1,9
14	5,2	0	5,2
15	1,6	0	1,6
16	1,6	0	1,6
17	0,09	0,3	0,4
	44,4	1,4	45,8

130-70

Таблиця 3.9

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	3,1	0	3,1
2	3,7	0	3,7
3	3,7	0	3,7
4	5,7	0	5,7
5	5,0	0	5,0
6	2,4	1,5	3,9
7	3,7	0	3,7
8	3,7	0	3,7
9	3,7	0	3,7
10	3,4	0	3,4
11	3,7	0	3,7
12	3,6	0	3,6
13	2,5	0	2,5
14	6,9	0	6,9
15	2,1	0	2,1
16	2,1	0	2,1
17	0,12	0,4	0,5
	59,2	1,9	60,6

115-70

Таблиця 3.10

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	4,1	0	4,1
2	4,9	0	4,9
3	4,9	0	4,9
4	7,6	0	7,6
5	6,6	0	6,6
6	3,2	2,0	5,2
7	5,0	0	5,0
8	5,0	0	5,0
9	5,0	0	5,0
10	4,6	0	4,6
11	5,0	0	5,0
12	4,8	0	4,8
13	3,4	0	3,4
14	9,2	0	9,2
15	2,8	0	2,8
16	2,8	0	2,8
17	0,16	0,5	0,7
	78,9	2,5	81,4

95-65

Таблиця 3.11

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	6,2	0	6,2
2	7,4	0	7,4
3	7,4	0	7,4
4	11,4	0	11,4
5	9,9	0	9,9
6	4,8	3,0	7,9
7	7,4	0	7,4
8	7,4	0	7,4
9	7,4	0	7,4
10	6,9	0	6,9
11	7,4	0	7,4
12	7,2	0	7,2
13	5,1	0	5,1
14	13,8	0	13,8
15	4,2	0	4,2
16	4,2	0	4,2
17	0,24	0,73	1,0
	118,3	3,8	122,1

80-50

Таблиця 3.12

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	6,2	0	6,2
2	7,4	0	7,4
3	7,4	0	7,4
4	11,4	0	11,4
5	9,9	0	9,9
6	4,8	3,0	7,9
7	7,4	0	7,4
8	7,4	0	7,4
9	7,4	0	7,4
10	6,9	0	6,9
11	7,4	0	7,4
12	7,2	0	7,2
13	5,1	0	5,1
14	13,8	0	13,8
15	4,2	0	4,2
16	4,2	0	4,2
17,0	0,2	0,7	1,0
	118,3	3,8	121,1

65-50

Таблиця 3.13

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	12,4	0	12,4
2	14,7	0	14,7
3	14,7	0	14,7
4	22,7	0	22,7
5	19,8	0	19,8
6	9,7	6,0	15,7
7	14,9	0	14,9
8	14,9	0	14,9
9	14,9	0	14,9
10	13,7	0	13,7
11	14,9	0	14,9
12	14,4	0	14,4
13	10,1	0	10,1
14	27,6	0	27,6
15	8,3	0	8,3
16	8,4	0	8,4
17	0,49	1,46	2,0
	236,7	7,5	244,2

**Розрахункові витрати теплоносія в тепловій мережі при повному утепленні
будинків**

150-70

Таблиця 3.14

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	1,7	0	1,7
2	2,1	0	2,1
3	2,1	0	2,1
4	3,2	0	3,2
5	2,8	0	2,8
6	1,4	1,1	2,5
7	2,1	0	2,1
8	2,1	0	2,1
9	2,1	0	2,1
10	1,9	0	1,9
11	2,1	0	2,1
12	2,0	0	2,0
13	1,4	0	1,4
14	3,9	0	3,9
15	1,2	0	1,2
16	1,2	0	1,2
17	0,09	0,3	0,4
	33,2	1,4	34,6

130-70

Таблиця 3.15

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	2,3	0	2,3
2	2,8	0	2,8
3	2,8	0	2,8
4	4,3	0	4,3
5	3,7	0	3,7
6	1,8	1,5	3,3
7	2,8	0	2,8
8	2,8	0	2,8
9	2,8	0	2,8
10	2,6	0	2,6
11	2,8	0	2,8
12	2,7	0	2,7
13	1,9	0	1,9
14	5,2	0	5,2
15	1,6	0	1,6
16	1,6	0	1,6
17	0,12	0,4	0,5
	44,3	1,9	46,2

115-70

Таблиця 3.16

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	3,1	0	3,1
2	3,7	0	3,7
3	3,7	0	3,7
4	5,7	0	5,7
5	4,9	0	4,9
6	2,4	2,0	4,4
7	3,7	0	3,7
8	3,7	0	3,7
9	3,7	0	3,7
10	3,4	0	3,4
11	3,7	0	3,7
12	3,6	0	3,6
13	2,5	0	2,5
14	6,9	0	6,9
15	2,1	0	2,1
16	2,1	0	2,1
17	0,16	0,5	0,7
	59,1	2,5	61,6

95-65

Таблиця 3.17

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	4,6	0	4,6
2	5,5	0	5,5
3	5,5	0	5,5
4	8,5	0	8,5
5	7,4	0	7,4
6	3,6	3,0	6,6
7	5,6	0	5,6
8	5,6	0	5,6
9	5,6	0	5,6
10	5,1	0	5,1
11	5,6	0	5,6
12	5,4	0	5,4
13	3,8	0	3,8
14	10,3	0	10,3
15	3,1	0	3,1
16	3,1	0	3,1
17	0,24	0,73	1,0
	88,6	3,8	92,4

80-50

Таблиця 3.18

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	4,6	0	4,6
2	5,5	0	5,5
3	5,5	0	5,5
4	8,5	0	8,5
5	7,4	0	7,4
6	3,6	3,0	6,6
7	5,6	0	5,6
8	5,6	0	5,6
9	5,6	0	5,6
10	5,1	0	5,1
11	5,6	0	5,6
12	5,4	0	5,4
13	3,8	0	3,8
14	10,3	0	10,3
15	3,1	0	3,1
16	3,1	0	3,1
17,0	0,2	0,7	1,0
	88,6	3,8	92,4

65-50

Таблиця 3.19

№	$G_{отax}$	G_{vmax}	G_d
1	9,3	0	9,3
2	11,0	0	11,0
3	11,0	0	11,0
4	17,0	0	17,0
5	14,8	0	14,8
6	7,2	6,0	13,3
7	11,1	0	11,1
8	11,1	0	11,1
9	11,1	0	11,1
10	10,3	0	10,3
11	11,1	0	11,1
12	10,8	0	10,8
13	7,6	0	7,6
14	20,7	0	20,7
15	6,2	0	6,2
16	6,3	0	6,3
17	0,49	1,46	2,0
	177,2	7,5	184,7

4. Гідравлічний розрахунок теплової мережі

						Арк.
						33
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4.1 Гідравлічний розрахунок теплової мережі

Основна мета гідравлічного розрахунку трубопроводів теплових мереж полягає у визначенні їх діаметрів, розрахункових витрат тиску при заданих витратах теплоносія, напорів у будь-якій точці мережі, а також у місцях підключення споживачів, і продуктивності та напору мережних насосів.

У рамках проекту необхідно виконати гідравлічний розрахунок магістралі та трьох характерних відгалужень, які працюють тільки в умовах опалювального періоду, при різних температурних графіках, теплових навантаженнях та матеріалів трубопроводів. При цьому діаметри трубопроводів обираються відповідно до найбільшого розрахункового режиму роботи мережі під час опалювального періоду при найбільшому тепловому режимі, а саме 150-70°C.

Розрахунок теплової мережі проводиться за методом еквівалентних довжин, а значення коефіцієнта місцевих витрат α визначаються відповідно до [2].

Еквівалентні довжини ділянок визначають за формулою:

$$l_e = \alpha l \quad (4.1)$$

де l – довжина ділянки по плану.

Приведена довжина розраховується за: $l_{пр} = l_e + l$ (4.2)

Питомі втрати тиску на тертя визначаються на основі техніко-економічних розрахунків. У разі відсутності таких даних їх рекомендується приймати у таких межах:

- для магістральних трубопроводів — від 40 до 80 Па/м;
- для відгалужень — відповідно до наявного тиску, забезпечуючи умову рівності витрат тиску на ділянках від джерела тепла до кінцевих споживачів магістралі та відгалужень. При цьому швидкість руху теплоносія має бути не більше 3,5 м/с.

Мінімальний діаметр трубопроводів теплових мереж, незалежно від розрахункових витрат теплоносія, становить 32 мм. Для подаючого і зворотного трубопроводів у двотрубних системах теплопостачання, які забезпечують тепло

для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, зазвичай використовують однакові діаметри.

Після прокладення траси теплової мережі визначають основну магістраль, яка має найбільшу довжину від джерела тепла до споживача. Усі ділянки магістралі та відгалужень нумерують.

Розрахунок витрати теплоносія виконується для кожної ділянки шляхом послідовного додавання витрат споживачів, починаючи від кінцевих кварталів у напрямку до джерела тепла. Виходячи з розрахункових витрат теплоносія, за додатком 9 [2] підбираються відповідні діаметри трубопроводів, а також визначаються питомі втрати тиску та швидкість руху теплоносія.

Втрати тиску на ділянці 1-2 :

$$\Delta P_i = R_i \cdot (l + l_e) \quad (4.3)$$

R_i – питома втрата тиску.

Для визначення сумарних втрат тиску, потрібно у зростаючому порядку підсумувати їх від джерела теплоти до кінцевого споживача: (4.4)

$$\Delta P_{\text{tot}} = \frac{\Delta P_i}{p * g * 1000}$$

де, ΔP_i – втрати тиску на i – й ділянці.

Далі ув'язуємо відгалуження:

$$H = (\Delta P_{\text{маг}} - \Delta P_{\text{від}} / \Delta P_{\text{маг}}) * 100 \quad (4.5)$$

Результати розрахунків при різних температурних режимах, теплових навантаженнях та матеріалів тепломережі заносять до таблиць і в подальшому використовують при побудові п'єзометричних графіків тисків в теплових мережах. Результати розрахунків заносять до таблиць 4.1-4.41.

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
повне теплове навантаження (сталеві трубопроводи)**

150-70

Таблиця 4.1

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кг/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^{\text{с}}, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{м}$	Геометрична довжина, $l, \text{м}$	Еквівалентна довжина $l_e, \text{м}$	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	69,5	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,023083	1,280	70,87	0,67	0,67	0,07	0,07
ТК1-ТК2	57,2	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,023083	1,054	48,08	1,24	1,91	0,13	0,19
ТК2-ТК3	40,8	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,024549	1,189	81,86	4,04	5,95	0,41	0,61
ТК3-ТК4	37,5	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,024549	1,092	69,08	5,30	11,25	0,54	1,15
ТК4-ТК5	33,1	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,024549	0,965	53,96	1,98	13,23	0,20	1,35
ТК5-ТК6	28,7	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,024549	0,838	40,70	3,14	16,37	0,32	1,67
ТК6-ТК7	17,1	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,024549	0,499	14,42	2,02	18,39	0,21	1,87
ТК7-ТК8	12,9	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,026977	0,740	48,89	6,72	25,11	0,69	2,56
ТК8-ТК9	4,8	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,030238	0,602	53,49	9,07	34,18	0,92	3,48
ТК9-№16	2,4	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,032114	0,447	38,17	1,55	35,73	0,16	3,64

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кг/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^{\text{с}}, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{м}$	Геометрична довжина, $l, \text{м}$	Еквівалентна довжина $l_e, \text{м}$	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	12,25	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,028381	0,999	111,70	5,36	5,358	0,55	0,55
ТК13-ТК14	8,64	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,028381	0,704	55,51	4,52	9,883	0,46	1,01
ТК14-№3	4,32	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,032114	0,799	121,65	6,75	16,636	0,69	1,70

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кг/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^{\text{с}}, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{м}$	Геометрична довжина, $l, \text{м}$	Еквівалентна довжина $l_e, \text{м}$	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	12,82	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,026977	0,735	48,27	4,81	4,813	0,49	0,49
ТК11-ТК12	7,02	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,028381	0,572	36,68	2,07	6,887	0,21	0,70
ТК12-ТК15	4,39	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,032114	0,811	125,50	13,25	18,061	1,35	1,84
ТК15-№17	0,37	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,040875	0,292	42,81	7,07	13,956	0,72	1,42

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кг/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^{\text{с}}, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{м}$	Геометрична довжина, $l, \text{м}$	Еквівалентна довжина $l_e, \text{м}$	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	7,28	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,030238	0,910	122,10	12,97	12,969	1,32	1,32
ТК10-№13	2,93	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,034044	0,784	149,61	9,20	22,168	0,94	2,26

**Гідравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
повне теплове навантаження (сталеві трубопроводи)**

130-70

Таблиця 4.2

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $к\text{з}/\text{с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^* S$, $мм$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}$, $м$	Геометрична довжина, l , $м$	Еквівалентна довжина l_e , $м$	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}$, $м$	Еквівалентна шершавість труб Кека, $мм$	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, $м/с$	Питомі втрати тиску, R_p , $Па/м$	Втрати тиску на ділянці, $кПа$	Сумар. втрати тиску, $кПа$	Втрати напору на ділянці, $м$	Сумар. втрати напору, $м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	86,6	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	1,59	110,08	1,04	1,0	0,11	0,11
ТК1-ТК2	71,4	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,31	74,78	1,92	3,0	0,20	0,30
ТК2-ТК3	50,9	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	1,49	127,71	6,31	9,3	0,64	0,95
ТК3-ТК4	46,5	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,36	106,69	8,18	17,5	0,83	1,78
ТК4-ТК5	41,1	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,20	83,35	3,06	20,5	0,31	2,09
ТК5-ТК6	35,7	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,04	62,88	4,86	25,4	0,49	2,59
ТК6-ТК7	21,3	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	0,62	22,29	3,11	28,5	0,32	2,90
ТК7-ТК8	16,0	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	0,92	75,60	10,40	38,9	1,06	3,96
ТК8-ТК9	6,0	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	0,75	83,05	14,08	53,0	1,44	5,40
ТК9-№16	3,0	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,56	59,27	2,40	55,4	0,25	5,64
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	12,85	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	1,048	122,90	5,90	5,895	0,60	0,60
ТК13-ТК14	8,36	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	0,681	51,95	4,23	10,130	0,43	1,03
ТК13-№3	5,36	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	0,992	187,65	10,42	20,546	1,06	2,09
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	15,95	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	0,915	74,79	7,46	7,457	0,76	0,76
ТК11-ТК12	8,75	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	0,714	57,02	3,22	10,682	0,33	1,09
ТК12-ТК15	5,48	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	1,014	195,99	20,69	28,146	2,11	2,87
ТК15-№17	0,49	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,389	76,12	12,57	23,249	1,28	2,37
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	9,05	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	1,131	188,65	20,04	20,037	2,04	2,04
ТК10-№13	3,65	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	0,976	231,69	14,25	34,283	1,45	3,49

**Гідравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
повне теплове навантаження (сталеві трубопроводи)**

115-70

Таблиця 4.3

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{ен}^*s$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{ен}$, м	Геометрична довжина, I , м	Еквівалентна довжина I_e , м	Приведена довжина, $I_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	109,4	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,0231	2,02	175,72	1,67	1,7	0,17	0,17
ТК1-ТК2	90,2	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,0231	1,66	119,50	3,08	4,7	0,31	0,48
ТК2-ТК3	64,5	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,0245	1,88	204,65	10,11	14,9	1,03	1,51
ТК3-ТК4	58,7	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,0245	1,71	169,50	13,00	27,9	1,33	2,84
ТК4-ТК5	51,9	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,0245	1,51	132,43	4,86	32,7	0,49	3,33
ТК5-ТК6	45,0	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,0245	1,31	99,93	7,72	40,4	0,79	4,12
ТК6-ТК7	26,8	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,0245	0,78	35,43	4,95	45,4	0,50	4,63
ТК7-ТК8	20,2	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,027	1,16	120,25	16,54	61,9	1,69	6,31
ТК8-ТК9	7,6	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,0302	0,95	132,54	22,47	84,4	2,29	8,60
ТК9-№16	3,8	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,0321	0,70	94,59	3,84	88,2	0,39	8,99

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{ен}^*s$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{ен}$, м	Геометрична довжина, I , м	Еквівалентна довжина I_e , м	Приведена довжина, $I_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	16,21	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,0284	1,321	195,44	9,38	9,375	0,96	0,96
ТК13-ТК14	10,54	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,0284	0,859	82,61	6,73	16,109	0,69	1,64
ТК13-№3	6,76	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,0321	1,249	297,81	16,53	32,641	1,69	3,33

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{ен}^*s$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{ен}$, м	Геометрична довжина, I , м	Еквівалентна довжина I_e , м	Приведена довжина, $I_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	20,13	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,027	1,155	119,14	11,88	11,880	1,21	1,21
ТК11-ТК12	11,07	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,0284	0,902	91,11	5,15	17,032	0,53	1,74
ТК12-ТК15	6,94	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,0321	1,284	314,33	33,18	45,060	3,38	4,59
ТК15-№17	0,65	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,0409	0,518	135,32	22,34	39,372	2,28	4,01

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{ен}^*s$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{ен}$, м	Геометрична довжина, I , м	Еквівалентна довжина I_e , м	Приведена довжина, $I_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	11,41	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,0302	1,425	299,81	31,84	31,843	3,25	3,25
ТК10-№13	4,60	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,034	1,232	368,94	22,69	54,529	2,31	5,56

**Гідравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
повне теплове навантаження (сталеві трубопроводи)**

95-65

Таблиця 4.4

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{вн}^*$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, м	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекев, мм	Коефіцієнт гідрравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	155,1	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,0231	2,86	352,84	3,35	3,3	0,34	0,34
ТК1-ТК2	127,9	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,0231	2,36	240,26	6,18	9,5	0,63	0,97
ТК2-ТК3	91,5	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,0245	2,67	412,69	20,39	29,9	2,08	3,05
ТК3-ТК4	82,9	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,0245	2,42	338,55	25,97	55,9	2,65	5,70
ТК4-ТК5	73,3	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,0245	2,14	264,55	9,70	65,6	0,99	6,69
ТК5-ТК6	63,7	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,0245	1,86	199,67	15,42	81,0	1,57	8,26
ТК6-ТК7	37,9	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,0245	1,11	70,82	9,90	90,9	1,01	9,27
ТК7-ТК8	28,6	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,027	1,64	240,49	33,08	124,0	3,37	12,64
ТК8-ТК9	10,8	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,0302	1,34	266,07	45,10	169,1	4,60	17,24
ТК9-№16	5,4	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,0321	1,00	189,88	7,70	176,8	0,79	18,02
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	22,92	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,0284	1,868	390,79	18,75	18,746	1,91	1,91
ТК13-ТК14	14,90	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,0284	1,215	165,18	13,46	32,210	1,37	3,28
ТК13-№3	9,54	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,0321	1,765	594,10	32,98	65,188	3,36	6,65
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	28,50	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,027	1,635	238,68	23,80	23,799	2,43	2,43
ТК11-ТК12	15,69	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,0284	1,279	183,11	10,36	34,154	1,06	3,48
ТК12-ТК15	9,86	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,0321	1,824	634,47	66,97	90,774	6,83	9,25
ТК15-№17	0,98	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,0409	0,777	304,46	50,27	84,421	5,12	8,61
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	16,13	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,0302	2,015	599,03	63,62	63,623	6,49	6,49
ТК10-№13	6,51	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,034	1,743	738,77	45,43	109,050	4,63	11,12

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
повне теплове навантаження (сталеві трубопроводи)**

80-50

Таблиця 4.5

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{шт}^*s$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{шт}$, м	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_b , Па/м	Втрати тиску на ділянці, $\kappaПа$	Сумар. втрати тиску, $\kappaПа$	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1*	155,1	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,023083	2,856	352,84	3,35	3,35	0,34	0,34
ТК1-ТК2	127,9	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,023083	2,356	240,26	6,18	9,53	0,63	0,97
ТК2-ТК3	91,5	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,024549	2,670	412,69	20,39	29,92	2,08	3,05
ТК3-ТК4	82,9	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,024549	2,418	338,55	25,97	55,89	2,65	5,70
ТК4-ТК5	73,3	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,024549	2,137	264,55	9,70	65,59	0,99	6,69
ТК5-ТК6	63,7	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,024549	1,857	199,67	15,42	81,00	1,57	8,26
ТК6-ТК7	37,9	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,024549	1,106	70,82	9,90	90,90	1,01	9,27
ТК7-ТК8	28,6	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,026977	1,641	240,49	33,08	123,98	3,37	12,64
ТК8-ТК9	10,8	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,030238	1,343	266,07	45,10	169,08	4,60	17,24
ТК9-№16	5,4	89*3	83	102,2	30,66	132,86	0,5	0,032114	0,998	189,88	25,23	194,31	2,57	19,81
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	27,11	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,028381	2,210	546,65	26,22	26,223	2,67	2,67
ТК13-ТК14	19,09	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,028381	1,556	271,08	22,10	48,319	2,25	4,93
ТК14-№3	9,54	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,032114	1,765	594,10	32,98	81,297	3,36	8,29
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	28,50	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,026977	1,635	238,68	23,80	23,799	2,43	2,43
ТК11-ТК12	15,69	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,028381	1,279	183,11	10,36	34,154	1,06	3,48
ТК12-ТК15	9,86	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,032114	1,824	634,47	66,97	90,774	6,83	9,25
ТК15-№17	0,98	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,040875	0,777	304,46	50,27	84,421	5,12	8,61
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	16,13	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,030238	2,015	599,03	63,62	63,623	6,49	6,49
ТК10-№13	6,51	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,034044	1,743	738,77	45,43	109,050	4,63	11,12

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
повне теплове навантаження (сталеві трубопроводи)**

65-50

Таблиця 4.6

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{вн}^*s$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, мм	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труби Кекв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питома втрата тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрата тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрата напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	292,0	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	5,38	1250,953	11,87	11,9	1,21	1,21
ТК1-ТК2	241,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	4,44	852,99	21,96	33,8	2,24	3,45
ТК2-ТК3	172,8	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	5,04	1470,14	72,62	106,5	7,40	10,85
ТК3-ТК4	155,6	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	4,54	1193,10	91,51	198,0	9,33	20,18
ТК4-ТК5	137,6	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	4,01	932,48	34,18	232,1	3,48	23,66
ТК5-ТК6	119,6	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	3,49	703,93	54,36	286,5	5,54	29,21
ТК6-ТК7	71,2	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	2,08	249,79	34,91	321,4	3,56	32,76
ТК7-ТК8*	53,7	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	3,08	848,74	116,74	438,1	11,90	44,66
ТК8-ТК9	20,2	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	2,53	943,01	159,86	598,0	16,30	60,96
ТК9-№16	10,2	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	1,88	673,00	27,30	625,3	2,78	63,74
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13*	43,05	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	3,510	1378,86	66,14	66,144	6,74	6,74
ТК13-ТК14	27,99	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	2,282	582,78	47,50	113,6463	4,84	11,58
ТК13-№3	17,90	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	3,311	2090,84	116,06	229,709	11,83	23,42
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	53,59	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	3,075	844,02	84,16	84,157	8,58	8,58
ТК11-ТК12*	29,55	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	2,410	649,89	36,75	120,908	3,75	12,32
ТК12-ТК15	18,62	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	3,444	2262,57	238,84	322,993	24,35	32,92
ТК15-№17	1,95	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	1,555	1217,85	201,07	321,975	20,50	32,82
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	30,29	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	3,783	2111,87	224,30	224,302	22,86	22,86
ТК10-№13	12,24	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	3,276	2611,04	160,55	384,854	16,37	39,23

Оскільки при температурному графіку 65-50 швидкість в трубопроводах перевищує допустиму норму 3,5 м/с, далі будемо розглядати графік 65-40.

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
повне теплове навантаження (сталеві трубопроводи)**

65-40

Таблиця 4.7

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^* S$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}$, м	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекев, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	192,7	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,0231	3,5	545,238	5,17	5,2	0,53	0,53
ТК1-ТК2	160,9	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,0231	2,96	379,89	9,78	15,0	1,00	1,52
ТК2-ТК3	107,8	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,0245	3,14	572,18	28,27	43,2	2,88	4,41
ТК3-ТК4	97,5	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,0245	2,84	467,77	35,88	79,1	3,66	8,06
ТК4-ТК5	86,2	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,0245	2,51	365,55	13,40	92,5	1,37	9,43
ТК5-ТК6	74,8	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,0245	2,18	275,92	21,31	113,8	2,17	11,60
ТК6-ТК7	44,6	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,0245	1,30	97,88	13,68	127,5	1,39	13,00
ТК7-ТК8*	33,6	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,027	1,93	332,44	45,72	173,2	4,66	17,66
ТК8-ТК9	12,6	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,0302	1,58	368,30	62,43	235,6	6,36	24,02
ТК9-№16	6,3	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,0321	1,17	262,84	10,66	246,3	1,09	25,11
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13*	26,94	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,0284	2,197	540,16	25,91	25,911	2,64	2,64
ТК13-ТК14	17,52	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,0284	1,428	228,31	18,61	44,5206	1,90	4,54
ТК13-№3	11,22	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,0321	2,074	820,51	45,55	90,067	4,64	9,18
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	33,52	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,027	1,923	330,15	32,92	32,919	3,36	3,36
ТК11-ТК12	18,46	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,0284	1,505	253,58	14,34	47,259	1,46	4,82
ТК12-ТК15	11,62	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,0321	2,148	879,97	92,89	125,808	9,47	12,82
ТК15-№17	1,17	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,0409	0,933	438,42	72,38	119,642	7,38	12,20
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	18,96	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,0302	2,368	827,77	87,92	87,918	8,96	8,96
ТК10-№13	7,66	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,034	2,049	1021,70	62,82	150,742	6,40	15,37

При проведенні гідравлічного розрахунку для пластикових труб було враховано, що еквівалентна шорсткість трубопроводів зменшиться до 0,007. До ТК6 та на відгалуженнях були застосовані пластикові труби з каталогу продукції ТзОВ "ТЕРМО - ІЗОЛ" для труб з РЕ-RT. Після ТК6 продовжили прокладати сталеві трубопроводи, адже за розрахунком діаметр потрібно було збільшувати, а на ділянці ТК6-ТК7 вже був застосований найбільший діаметр з каталогу. В таблиці ділянки з пластиковими трубопроводами позначені сірим кольором.

**Гідравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
повне теплове навантаження (пластикові трубопроводи)**

95-65

Таблиця 4.8

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{вн}^*$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, мм	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питома втрата тиску, R_b , Па/м	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрата тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрата напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	155,1	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,86	352,84	3,35	3,3	0,34	0,34
ТК1-ТК2	127,9	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	2,36	240,26	6,18	9,5	0,63	0,97
ТК2-ТК3	91,5	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,67	412,69	20,39	29,9	2,08	3,05
ТК3-ТК4	82,9	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	2,42	338,55	25,97	55,9	2,65	5,70
ТК4-ТК5	73,3	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	2,14	264,55	9,70	65,6	0,99	6,69
ТК5-ТК6	63,7	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,86	199,67	15,42	81,0	1,57	8,26
ТК6*-ТК7	37,9	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01004	1,43	54,77	7,65	88,7	0,78	9,04
ТК7-ТК8	28,6	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01004	1,08	31,17	4,29	92,9	0,44	9,47
ТК8-ТК9	10,8	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,01092	1,04	51,11	8,66	101,6	0,88	10,36
ТК9-№16	5,4	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,01142	0,85	45,04	1,83	103,4	0,19	10,54
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	22,92	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,01044	1,347	63,50	3,05	3,046	0,31	0,31
ТК13-ТК14	14,90	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,01067	1,109	49,48	4,03	7,079	0,41	0,72
ТК13-№3	9,54	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,01092	0,926	40,27	2,24	9,314	0,23	0,95
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	28,50	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01004	1,072	30,94	3,08	3,085	0,31	0,31
ТК11-ТК12	15,69	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,01044	0,922	29,75	1,68	4,767	0,17	0,49
ТК12-ТК15	9,86	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,01092	0,957	43,01	4,54	7,624	0,46	0,78
ТК15-№17	0,98	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,01335	0,777	99,46	16,42	21,188	1,67	2,16
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	16,13	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,01067	1,201	58,00	6,16	6,160	0,63	0,63
ТК10-№13	6,51	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,01115	0,794	33,95	2,09	8,248	0,21	0,84

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
повне теплове навантаження (пластикові трубопроводи)**

80-50

Таблиця 4.9

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^* S$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}$, м	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекув, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, κPa	Сумар. втрати тиску, κPa	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	155,1	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,86	352,84	3,35	3,3	0,34	0,34
ТК1-ТК2	127,9	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	2,36	240,26	6,18	9,5	0,63	0,97
ТК2-ТК3	91,5	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,67	412,69	20,39	29,9	2,08	3,05
ТК3-ТК4	82,9	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	2,42	338,55	25,97	55,9	2,65	5,70
ТК4-ТК5	73,3	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	2,14	264,55	9,70	65,6	0,99	6,69
ТК5-ТК6	63,7	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,86	199,67	15,42	81,0	1,57	8,26
ТК6-ТК7	37,9	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01004	1,43	54,77	7,65	88,7	0,78	9,04
ТК7-ТК8*	28,6	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01004	1,08	31,17	4,29	92,9	0,44	9,47
ТК8-ТК9	10,8	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,01092	1,04	51,11	8,66	101,6	0,88	10,36
ТК9-№16	5,4	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,01142	0,85	45,04	1,83	103,4	0,19	10,54
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	27,11	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,01044	1,594	88,82	4,26	4,261	0,43	0,43
ТК13-ТК14	19,09	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,01067	1,421	81,20	6,62	10,879	0,67	1,11
ТК13-№3	9,54	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,01092	0,926	40,27	2,24	13,115	0,23	1,34
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11*	28,50	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01004	1,072	30,94	3,08	3,085	0,31	0,31
ТК11-ТК12	15,69	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,01044	0,922	29,75	1,68	4,767	0,17	0,49
ТК12-ТК15	9,86	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,01092	0,957	43,01	4,54	7,624	0,46	0,78
ТК15-№17	0,98	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,01335	0,777	99,46	16,42	21,188	1,67	2,16
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	16,13	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,01067	1,201	58,00	6,16	6,160	0,63	0,63
ТК10-№13	6,51	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,01115	0,794	33,95	2,09	8,248	0,21	0,84

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
повне теплове навантаження (пластикові трубопроводи)**

65-40

Таблиця 4.10

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кг/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{ен}}^*, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{ен}}, \text{м}$	Геометрична довжина, $I, \text{м}$	Еквівалентна довжина $I_e, \text{м}$	Приведена довжина, $I_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	192,7	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,0231	3,55	545,24	5,17	5,2	0,53	0,53
ТК1-ТК2	160,9	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,0231	2,96	379,89	9,78	15,0	1,00	1,52
ТК2-ТК3	107,8	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,0245	3,14	572,18	28,27	43,2	2,88	4,41
ТК3-ТК4	97,5	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,0245	2,84	467,77	35,88	79,1	3,66	8,06
ТК4-ТК5	86,2	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,0245	2,51	365,55	13,40	92,5	1,37	9,43
ТК5-ТК6	74,8	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,0245	2,18	275,92	21,31	113,8	2,17	11,60
ТК6-ТК7	44,6	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01	1,68	75,70	10,58	124,4	1,08	12,68
ТК7-ТК8*	33,6	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01	1,27	43,09	5,93	130,3	0,60	13,28
ТК8-ТК9	12,6	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,0109	1,23	70,74	11,99	142,3	1,22	14,51
ТК9-№16	6,3	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,0114	1,00	62,34	2,53	144,8	0,26	14,76
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13*	26,94	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,0104	1,584	87,77	4,21	4,210	0,43	0,43
ТК13-ТК14	17,52	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,0107	1,304	68,39	5,57	9,784	0,57	1,00
ТК13-№3	11,22	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,0109	1,088	55,62	3,09	12,872	0,31	1,31
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	33,52	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01	1,261	42,79	4,27	4,267	0,43	0,43
ТК11-ТК12*	18,46	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,0104	1,085	41,20	2,33	6,597	0,24	0,67
ТК12-ТК15	11,62	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,0109	1,127	59,65	6,30	10,563	0,64	1,08
ТК15-№17	1,17	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,0134	0,933	143,22	23,65	30,242	2,41	3,08
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	18,96	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,0107	1,412	80,15	8,51	8,513	0,87	0,87
ТК10-№13	7,66	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,0112	0,934	46,96	2,89	11,400	0,29	1,16

**Гідравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ (сталеві трубопроводи)**

150-70

Таблиця 4.11

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $кг/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{вт}^*, мм$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вт}, м$	Геометрична довжина, $L, м$	Еквівалентна довжина $L_e, м$	Приведена довжина, $L_{пр}, м$	Еквівалентна шершавість труби Кекв, мм	Коефіцієнт гідрравлічного тертя, λ	Швидкість, $м/с$	Питома втрата тиску, $R_p, Па/м$	Втрати тиску на ділянці, $кПа$	Сумар. втрати тиску, $кПа$	Втрати напору на ділянці, $м$	Сумар. втрати напору, $м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	51,3	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,023083	0,945	38,68	0,37	0,37	0,04	0,04
ТК1-ТК2	42,4	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,023083	0,781	26,42	0,68	1,05	0,07	0,11
ТК2-ТК3	30,5	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,024549	0,888	45,70	2,26	3,30	0,23	0,34
ТК3-ТК4	27,3	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,024549	0,795	36,64	2,81	6,11	0,29	0,62
ТК4-ТК5	24,1	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,024549	0,703	28,64	1,05	7,16	0,11	0,73
ТК5-ТК6	21,0	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,024549	0,611	21,63	1,67	8,83	0,17	0,90
ТК6-ТК7	12,5	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,024549	0,364	7,68	1,07	9,91	0,11	1,01
ТК7-ТК8	9,4	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,026977	0,541	26,11	3,59	13,50	0,37	1,38
ТК8-ТК9	3,6	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,030238	0,444	29,15	4,94	18,44	0,50	1,88
ТК9-№16	1,8	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,032114	0,330	20,80	0,84	19,28	0,09	1,97
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	8,91	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,028381	0,727	59,09	2,83	2,835	0,29	0,29
ТК13-ТК14	6,27	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,028381	0,511	29,25	2,38	5,219	0,24	0,53
ТК14-№3	3,14	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,032114	0,580	64,11	3,56	8,777	0,36	0,89
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	9,41	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,026977	0,540	26,02	2,59	2,594	0,26	0,26
ТК11-ТК12	5,20	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,028381	0,424	20,12	1,14	3,732	0,12	0,38
ТК12-ТК15	3,29	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,032114	0,608	70,42	7,43	10,028	0,76	1,02
ТК15-№17	0,37	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,040875	0,292	42,81	7,07	10,801	0,72	1,10
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	5,31	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,030238	0,663	64,88	6,89	6,891	0,70	0,70
ТК10-№13	2,15	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,034044	0,575	80,45	4,95	11,838	0,50	1,21

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ (сталеві трубопроводи)**

130-70

Таблиця 4.12

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кг/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^*, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{мм}$	Геометрична довжина, $l, \text{м}$	Еквівалентна довжина $l_e, \text{м}$	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	68,4	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	1,26	68,76	0,65	0,7	0,07	0,07
ТК1-ТК2	56,6	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,04	46,96	1,21	1,9	0,12	0,19
ТК2-ТК3	40,6	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	1,18	81,25	4,01	5,9	0,41	0,60
ТК3-ТК4	36,4	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,06	65,14	5,00	10,9	0,51	1,11
ТК4-ТК5	32,2	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	0,94	50,92	1,87	12,7	0,19	1,30
ТК5-ТК6	27,9	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	0,81	38,45	2,97	15,7	0,30	1,60
ТК6-ТК7	16,6	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	0,49	13,65	1,91	17,6	0,19	1,80
ТК7-ТК8	12,6	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	0,72	46,41	6,38	24,0	0,65	2,45
ТК8-ТК9	4,7	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	0,59	51,82	8,78	32,8	0,90	3,34
ТК9-№16	2,4	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,44	36,98	1,50	34,3	0,15	3,49
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	10,07	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	0,821	75,38	3,62	3,616	0,37	0,37
ТК13-ТК14	6,54	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	0,533	31,86	2,60	6,213	0,26	0,63
ТК13-№3	4,18	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	0,773	113,97	6,33	12,539	0,64	1,28
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	12,50	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	0,717	45,94	4,58	4,581	0,47	0,47
ТК11-ТК12	6,89	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	0,562	35,33	2,00	6,579	0,20	0,67
ТК12-ТК15	4,34	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	0,802	122,76	12,96	17,540	1,32	1,79
ТК15-№17	0,45	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,355	63,38	10,46	17,043	1,07	1,74
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	7,08	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	0,884	115,35	12,25	12,251	1,25	1,25
ТК10-№13	2,87	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	0,767	143,02	8,79	21,045	0,90	2,15

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ (сталеві трубопроводи)**

115-70

Таблиця 4.13

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $кг/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{вн}^* S$, $мм$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, $м$	Геометрична довжина, l , $м$	Еквівалентна довжина l_e , $м$	Приведена довжина, $l_{пр}$, $м$	Еквівалентна шершавість труби Кекв, $мм$	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, $м/с$	Питомі втрати тиску, R_p $Па/м$	Втрати тиску на ділянці, $кПа$	Сумар. втрати тиску, $кПа$	Втрати напору на ділянці, $м$	Сумар. втрати напору, $м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	91,3	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	1,68	122,25	1,16	1,2	0,12	0,12
ТК1-ТК2	75,4	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,39	83,49	2,15	3,3	0,22	0,34
ТК2-ТК3	54,2	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	1,58	144,44	7,14	10,4	0,73	1,06
ТК3-ТК4	48,5	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,41	115,80	8,88	19,3	0,91	1,97
ТК4-ТК5	42,9	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,25	90,52	3,32	22,6	0,34	2,31
ТК5-ТК6	37,3	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,09	68,35	5,28	27,9	0,54	2,85
ТК6-ТК7	22,2	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	0,65	24,27	3,39	31,3	0,35	3,19
ТК7-ТК8	16,8	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	0,96	82,51	11,35	42,7	1,16	4,35
ТК8-ТК9	6,3	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	0,79	92,12	15,62	58,3	1,59	5,94
ТК9-№16	3,2	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,59	65,74	2,67	60,9	0,27	6,21
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	13,42	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	1,094	134,02	6,43	6,429	0,66	0,66
ТК13-ТК14	8,72	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	0,711	56,64	4,62	11,045	0,47	1,13
ТК13-№3	5,57	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	1,031	202,61	11,25	22,292	1,15	2,27
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	16,73	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	0,960	82,24	8,20	8,200	0,84	0,84
ТК11-ТК12	9,24	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	0,754	63,58	3,60	11,795	0,37	1,20
ТК12-ТК15	5,84	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	1,080	222,56	23,49	31,693	2,39	3,23
ТК15-№17	0,65	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,518	135,32	22,34	34,136	2,28	3,48
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	9,44	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	1,179	205,06	21,78	21,780	2,22	2,22
ТК10-№13	3,82	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	1,022	254,25	15,63	37,414	1,59	3,81

**Гідравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ (сталеві трубопроводи)**

95-65

Таблиця 4.14

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кВт/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^*, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{м}$	Геометрична довжина, $l, \text{м}$	Еквівалентна довжина $l_e, \text{м}$	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	136,9	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,52	275,05	2,61	2,6	0,27	0,27
ТК1-ТК2	113,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	2,08	187,85	4,84	7,4	0,49	0,76
ТК2-ТК3	81,2	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,37	324,99	16,05	23,5	1,64	2,40
ТК3-ТК4	72,7	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	2,12	260,55	19,98	43,5	2,04	4,43
ТК4-ТК5	64,3	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,88	203,67	7,47	51,0	0,76	5,19
ТК5-ТК6	55,9	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,63	153,79	11,88	62,8	1,21	6,40
ТК6-ТК7	33,3	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	0,97	54,60	7,63	70,5	0,78	7,18
ТК7-ТК8	25,1	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	1,44	185,65	25,53	96,0	2,60	9,79
ТК8-ТК9	9,5	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	1,19	207,27	35,14	131,1	3,58	13,37
ТК9-№16	4,8	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,88	147,92	6,00	137,1	0,61	13,98
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	20,13	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	1,641	301,53	14,46	14,465	1,47	1,47
ТК13-ТК14	13,09	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	1,067	127,43	10,39	24,852	1,06	2,53
ТК13-№3	8,36	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	1,546	455,88	25,31	50,158	2,58	5,11
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	25,09	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	1,440	185,03	18,45	18,449	1,88	1,88
ТК11-ТК12	13,87	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	1,131	143,06	8,09	26,540	0,82	2,71
ТК12-ТК15	8,76	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	1,620	500,76	52,86	71,310	5,39	7,27
ТК15-№17	0,98	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,777	304,46	50,27	76,806	5,12	7,83
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	14,16	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	1,768	461,39	49,00	49,004	5,00	5,00
ТК10-№13	5,73	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	1,534	572,07	35,18	84,181	3,59	8,58

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ (сталеві трубопроводи)**

80-50

Таблиця 4.15

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $кг/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{вт}^* S$, $мм$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вт}$, $м$	Геометрична довжина, l , $м$	Еквівалентна довжина l_e , $м$	Приведена довжина, $l_{пр}$, $м$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, $мм$	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, $м/с$	Питомі втрати тиску, R_p , $Па/м$	Втрати тиску на ділянці, $кПа$	Сумар. втрати тиску, $кПа$	Втрати напору на ділянці, $м$	Сумар. втрати напору, $м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1*	136,9	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,023083	2,521	275,05	2,61	2,61	0,27	0,27
ТК1-ТК2	113,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,023083	2,084	187,85	4,84	7,45	0,49	0,76
ТК2-ТК3	81,2	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,024549	2,369	324,99	16,05	23,50	1,64	2,40
ТК3-ТК4	72,7	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,024549	2,121	260,55	19,98	43,48	2,04	4,43
ТК4-ТК5	64,3	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,024549	1,875	203,67	7,47	50,95	0,76	5,19
ТК5-ТК6	55,9	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,024549	1,630	153,79	11,88	62,83	1,21	6,40
ТК6-ТК7*	33,3	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,024549	0,971	54,60	7,63	70,46	0,78	7,18
ТК7-ТК8	25,1	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,026977	1,442	185,65	25,53	95,99	2,60	9,79
ТК8-ТК9	9,5	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,030238	1,185	207,27	35,14	131,13	3,58	13,37
ТК9-№16	4,8	89*3	83	102,2	30,66	132,86	0,5	0,032114	0,881	147,92	19,65	150,78	2,00	15,37
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	23,76	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,028381	1,938	420,19	20,16	20,157	2,05	2,05
ТК13-ТК14	16,72	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,028381	1,363	208,01	16,95	37,112	1,73	3,78
ТК14-№3	8,36	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,032114	1,546	455,88	25,31	62,418	2,58	6,36
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	25,09	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,026977	1,440	185,03	18,45	18,449	1,88	1,88
ТК11-ТК12	13,87	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,028381	1,131	143,06	8,09	26,540	0,82	2,71
ТК12-ТК15	8,76	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,032114	1,620	500,76	52,86	71,310	5,39	7,27
ТК15-№17	0,98	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,040875	0,777	304,46	50,27	76,806	5,12	7,83
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	14,16	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,030238	1,768	461,39	49,00	49,004	5,00	5,00
ТК10-№13	5,73	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,034044	1,534	572,07	35,18	84,181	3,59	8,58

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ (сталеві трубопроводи)**

65-40

Таблиця 4.16

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^* S$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}$, м	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кеєв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_b , Па/м	Втрати тиску на ділянці, κPa	Сумар. втрати тиску, κPa	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	174,6	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	3,22	447,36	4,25	4,2	0,43	0,43
ТК1-ТК2	146,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	2,69	313,15	8,06	12,3	0,82	1,25
ТК2-ТК3	97,5	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,84	467,99	23,12	35,4	2,36	3,61
ТК3-ТК4	87,3	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	2,55	375,19	28,78	64,2	2,93	6,54
ТК4-ТК5	77,2	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	2,25	293,29	10,75	75,0	1,10	7,64
ТК5-ТК6	67,1	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,96	221,46	17,10	92,1	1,74	9,38
ТК6-ТК7	40,0	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	1,17	78,62	10,99	103,0	1,12	10,50
ТК7-ТК8*	30,2	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	1,73	267,34	36,77	139,8	3,75	14,25
ТК8-ТК9	11,4	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	1,42	298,46	50,60	190,4	5,16	19,41
ТК9-№16	5,7	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	1,06	213,01	8,64	199,0	0,88	20,29
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13*	24,16	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	1,970	434,21	20,83	20,829	2,12	2,12
ТК13-ТК14	15,70	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	1,280	183,51	14,96	35,7866	1,52	3,65
ТК13-№3	10,03	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	1,855	656,47	36,44	72,227	3,71	7,36
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	30,11	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	1,728	266,44	26,57	26,567	2,71	2,71
ТК11-ТК12*	16,64	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	1,357	206,01	11,65	38,217	1,19	3,90
ТК12-ТК15	10,51	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	1,944	721,10	76,12	102,687	7,76	10,47
ТК15-№17	1,17	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,933	438,42	72,38	110,601	7,38	11,27
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	16,99	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	2,122	664,40	70,57	70,566	7,19	7,19
ТК10-№13	6,88	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	1,840	823,78	50,65	121,220	5,16	12,36

При проведенні гідравлічного розрахунку для пластикових труб було враховано, що еквівалентна шорсткість трубопроводів зменшиться до 0,007. До ТК6 та на відгалуженнях були застосовані пластикові труби з каталогу продукції ТзОВ "ТЕРМО - ІЗОЛ" для труб з РЕ-RT. Після ТК6 продовжили прокладати сталеві трубопроводи, адже за розрахунком діаметр потрібно було збільшувати, а на ділянці ТК6-ТК7 вже був застосований найбільший діаметр з каталогу. В таблиці ділянки з пластиковими трубопроводами позначені сірим кольором.

**Гідравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ (пластикові трубопроводи)**

95-65

Таблиця 4.17

№ п/п	Розрахункова виграга теплоносія, $G, \text{кВт/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^*, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{мм}$	Геометрична довжина, $L, \text{м}$	Еквівалентна довжина $L_e, \text{м}$	Приведена довжина, $L_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кеєв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	136,9	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,52	275,05	2,61	2,6	0,27	0,27
ТК1-ТК2	113,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	2,08	187,85	4,84	7,4	0,49	0,76
ТК2-ТК3	81,2	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,37	324,99	16,05	23,5	1,64	2,40
ТК3-ТК4	72,7	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	2,12	260,55	19,98	43,5	2,04	4,43
ТК4-ТК5	64,3	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,88	203,67	7,47	51,0	0,76	5,19
ТК5-ТК6	55,9	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,63	153,79	11,88	62,8	1,21	6,40
ТК6*-ТК7	33,3	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01004	1,25	42,23	5,90	68,7	0,60	7,01
ТК7-ТК8	25,1	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01004	0,95	24,06	3,31	72,0	0,34	7,34
ТК8-ТК9	9,5	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,01092	0,92	39,81	6,75	78,8	0,69	8,03
ТК9-№16	4,8	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,01142	0,75	35,09	1,42	80,2	0,15	8,18
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	20,13	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,01044	1,184	48,99	2,35	2,350	0,24	0,24
ТК13-ТК14	13,09	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,01067	0,974	38,17	3,11	5,462	0,32	0,56
ТК13-№3	8,36	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,01092	0,811	30,90	1,72	7,177	0,17	0,73
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	25,09	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01004	0,944	23,98	2,39	2,391	0,24	0,24
ТК11-ТК12	13,87	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,01044	0,815	23,25	1,31	3,706	0,13	0,38
ТК12-ТК15	8,76	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,01092	0,850	33,94	3,58	5,974	0,37	0,61
ТК15-№17	0,98	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,01335	0,777	99,46	16,42	20,127	1,67	2,05
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	14,16	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,01067	1,054	44,67	4,74	4,745	0,48	0,48
ТК10-№13	5,73	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,01115	0,699	26,29	1,62	6,362	0,16	0,65

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ (пластикові трубопроводи)**

80-50

Таблиця 4.18

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^* S$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}$, м	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, κPa	Сумар. втрати тиску, κPa	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	136,9	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,52	275,05	2,61	2,6	0,27	0,27
ТК1-ТК2	113,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	2,08	187,85	4,84	7,4	0,49	0,76
ТК2-ТК3	81,2	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,37	324,99	16,05	23,5	1,64	2,40
ТК3-ТК4	72,7	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	2,12	260,55	19,98	43,5	2,04	4,43
ТК4-ТК5	64,3	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,88	203,67	7,47	51,0	0,76	5,19
ТК5-ТК6	55,9	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,63	153,79	11,88	62,8	1,21	6,40
ТК6-ТК7	33,3	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01004	1,25	42,23	5,90	68,7	0,60	7,01
ТК7-ТК8*	25,1	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01004	0,95	24,06	3,31	72,0	0,34	7,34
ТК8-ТК9	9,5	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,01092	0,92	39,81	6,75	78,8	0,69	8,03
ТК9-№16	4,8	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,01142	0,75	35,09	1,42	80,2	0,15	8,18
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	23,76	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,01044	1,397	68,27	3,28	3,275	0,33	0,33
ТК13-ТК14	16,72	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,01067	1,245	62,31	5,08	8,354	0,52	0,85
ТК13-№3	8,36	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,01092	0,811	30,90	1,72	10,069	0,17	1,03
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11*	25,09	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01004	0,944	23,98	2,39	2,391	0,24	0,24
ТК11-ТК12	13,87	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,01044	0,815	23,25	1,31	3,706	0,13	0,38
ТК12-ТК15	8,76	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,01092	0,850	33,94	3,58	5,974	0,37	0,61
ТК15-№17	0,98	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,01335	0,777	99,46	16,42	20,127	1,67	2,05
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	14,16	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,01067	1,054	44,67	4,74	4,745	0,48	0,48
ТК10-№13	5,73	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,01115	0,699	26,29	1,62	6,362	0,16	0,65

**Гідрравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ (пластикові трубопроводи)**

65-40

Таблиця 4.19

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{вт}^* S$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вт}$, м	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p Па/м	Втрати тиску на ділянці, κPa	Сумар. втрати тиску, κPa	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	174,6	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	3,22	447,36	4,25	4,2	0,43	0,43
ТК1-ТК2	146,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	2,69	313,15	8,06	12,3	0,82	1,25
ТК2-ТК3	97,5	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,84	467,99	23,12	35,4	2,36	3,61
ТК3-ТК4	87,3	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	2,55	375,19	28,78	64,2	2,93	6,54
ТК4-ТК5	77,2	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	2,25	293,29	10,75	75,0	1,10	7,64
ТК5-ТК6	67,1	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,96	221,46	17,10	92,1	1,74	9,38
ТК6-ТК7	40,0	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01004	1,50	60,81	8,50	100,6	0,87	10,25
ТК7-ТК8*	30,2	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01004	1,13	34,65	4,77	105,3	0,49	10,74
ТК8-ТК9	11,4	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,01092	1,10	57,33	9,72	115,0	0,99	11,73
ТК9-№16	5,7	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,01142	0,90	50,52	2,05	117,1	0,21	11,94
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13*	24,16	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,01044	1,420	70,55	3,38	3,384	0,34	0,34
ТК13-ТК14	15,70	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,01067	1,169	54,97	4,48	7,865	0,46	0,80
ТК13-№3	10,03	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,01092	0,973	44,50	2,47	10,335	0,25	1,05
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	30,11	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01004	1,133	34,53	3,44	3,443	0,35	0,35
ТК11-ТК12*	16,64	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,01044	0,978	33,47	1,89	5,336	0,19	0,54
ТК12-ТК15	10,51	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,01092	1,020	48,88	5,16	8,603	0,53	0,88
ТК15-№17	1,17	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,01335	0,933	143,22	23,65	28,982	2,41	2,95
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	16,99	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,01067	1,265	64,33	6,83	6,833	0,70	0,70
ТК10-№13	6,88	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,01115	0,839	37,86	2,33	9,161	0,24	0,93

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

150-70

Таблиця 4.20

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $кг/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{вт}^* S$, $мм$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вт}$, $м$	Геометрична довжина, l , $м$	Еквівалентна довжина l_e , $м$	Приведена довжина, $l_{пр}$, $м$	Еквівалентна шершавість труб Кевк, $мм$	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, $м/с$	Питомі втрати тиску, R_p , $Па/м$	Втрати тиску на ділянці, $кПа$	Сумар. втрати тиску, $кПа$	Втрати напору на ділянці, $м$	Сумар. втрати напору, $м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	45,4	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,023083	0,836	30,27	0,29	0,29	0,03	0,03
ТК1-ТК2	37,6	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,023083	0,692	20,70	0,53	0,82	0,05	0,08
ТК2-ТК3	27,0	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,024549	0,787	35,91	1,77	2,59	0,18	0,26
ТК3-ТК4	24,1	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,024549	0,702	28,50	2,19	4,78	0,22	0,49
ТК4-ТК5	21,3	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,024549	0,620	22,28	0,82	5,60	0,08	0,57
ТК5-ТК6	18,5	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,024549	0,539	16,82	1,30	6,90	0,13	0,70
ТК6-ТК7	11,0	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,024549	0,321	5,97	0,83	7,73	0,09	0,79
ТК7-ТК8	8,3	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,026977	0,477	20,31	2,79	10,52	0,28	1,07
ТК8-ТК9	3,1	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,030238	0,392	22,67	3,84	14,37	0,39	1,46
ТК9-№16	1,6	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,032114	0,291	16,18	0,66	15,02	0,07	1,53
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	7,86	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,028381	0,641	45,97	2,21	2,205	0,22	0,22
ТК13-ТК14	5,53	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,028381	0,451	22,76	1,85	4,060	0,19	0,41
ТК14-№3	2,77	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,032114	0,511	49,87	2,77	6,828	0,28	0,70
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	8,34	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,026977	0,479	20,45	2,04	2,039	0,21	0,21
ТК11-ТК12	4,63	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,028381	0,377	15,95	0,90	2,941	0,09	0,30
ТК12-ТК15	2,94	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,032114	0,544	56,43	5,96	7,996	0,61	0,82
ТК15-№17	0,37	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,040875	0,292	42,81	7,07	10,010	0,72	1,02
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	4,68	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,030238	0,585	50,47	5,36	5,361	0,55	0,55
ТК10-№13	1,90	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,034044	0,507	62,58	3,85	9,209	0,39	0,94

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

115-70

Таблиця 4.21

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^* S$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}$, м	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}$, м	Еквівалентна шершавість труби Кекв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, κPa	Сумар. втрати тиску, κPa	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	80,7	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	1,49	95,66	0,91	0,9	0,09	0,09
ТК1-ТК2	66,8	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,23	65,41	1,68	2,6	0,17	0,26
ТК2-ТК3	48,0	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	1,40	113,48	5,61	8,2	0,57	0,84
ТК3-ТК4	42,8	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,25	90,08	6,91	15,1	0,70	1,54
ТК4-ТК5	37,8	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,10	70,42	2,58	17,7	0,26	1,80
ТК5-ТК6	32,9	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	0,96	53,17	4,11	21,8	0,42	2,22
ТК6-ТК7	19,6	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	0,57	18,88	2,64	24,4	0,27	2,49
ТК7-ТК8	14,8	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	0,85	64,19	8,83	33,3	0,90	3,39
ТК8-ТК9	5,6	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	0,70	71,66	12,15	45,4	1,24	4,63
ТК9-№16	2,8	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,52	51,14	2,07	47,5	0,21	4,84
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	11,84	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	0,965	104,25	5,00	5,001	0,51	0,51
ТК13-ТК14	7,70	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	0,627	44,06	3,59	8,592	0,37	0,88
ТК13-№3	4,92	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	0,909	157,62	8,75	17,342	0,89	1,77
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	14,83	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	0,851	64,64	6,45	6,445	0,66	0,66
ТК11-ТК12	8,23	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	0,671	50,40	2,85	9,295	0,29	0,95
ТК12-ТК15	5,23	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	0,967	178,34	18,83	25,271	1,92	2,58
ТК15-№17	0,65	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,518	135,32	22,34	31,636	2,28	3,22
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	8,32	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	1,040	159,52	16,94	16,943	1,73	1,73
ТК10-№13	3,37	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	0,902	197,79	12,16	29,105	1,24	2,97

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

130-70

Таблиця 4.22

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кз/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^*, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{м}$	Геометрична довжина, $l, \text{м}$	Еквівалентна довжина $l_e, \text{м}$	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	60,6	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	1,12	53,81	0,51	0,5	0,05	0,05
ТК1-ТК2	50,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	0,92	36,79	0,95	1,5	0,10	0,15
ТК2-ТК3	36,0	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	1,05	63,84	3,15	4,6	0,32	0,47
ТК3-ТК4	32,1	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	0,94	50,67	3,89	8,5	0,40	0,87
ТК4-ТК5	28,4	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	0,83	39,61	1,45	9,9	0,15	1,01
ТК5-ТК6	24,6	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	0,72	29,91	2,31	12,3	0,24	1,25
ТК6-ТК7	14,7	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	0,43	10,62	1,48	13,7	0,15	1,40
ТК7-ТК8	11,1	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	0,64	36,11	4,97	18,7	0,51	1,91
ТК8-ТК9	4,2	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	0,52	40,31	6,83	25,5	0,70	2,60
ТК9-№16	2,1	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,39	28,77	1,17	26,7	0,12	2,72
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	8,88	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	0,724	58,64	2,81	2,813	0,29	0,29
ТК13-ТК14	5,77	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	0,471	24,78	2,02	4,833	0,21	0,49
ТК13-№3	3,69	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	0,682	88,66	4,92	9,755	0,50	0,99
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	11,12	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	0,638	36,36	3,63	3,626	0,37	0,37
ТК11-ТК12	6,17	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	0,503	28,35	1,60	5,229	0,16	0,53
ТК12-ТК15	3,92	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	0,725	100,31	10,59	14,215	1,08	1,45
ТК15-№17	0,49	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,389	76,12	12,57	17,795	1,28	1,81
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	6,24	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	0,780	89,73	9,53	9,530	0,97	0,97
ТК10-№13	2,53	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	0,676	111,26	6,84	16,372	0,70	1,67

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

95-65

Таблиця 4.23

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кг/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^*, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{м}$	Геометрична довжина, $l, \text{м}$	Еквівалентна довжина $l_e, \text{м}$	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, $\kappa\text{Па}$	Сумар. втрати тиску, $\kappa\text{Па}$	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	121,1	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,23	215,23	2,04	2,0	0,21	0,21
ТК1-ТК2	100,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,84	147,18	3,79	5,8	0,39	0,59
ТК2-ТК3	72,0	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,10	255,34	12,61	18,4	1,29	1,88
ТК3-ТК4	64,2	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,87	202,68	15,55	34,0	1,58	3,46
ТК4-ТК5	56,7	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,65	158,44	5,81	39,8	0,59	4,06
ТК5-ТК6	49,3	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,44	119,64	9,24	49,0	0,94	5,00
ТК6-ТК7	29,4	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	0,86	42,47	5,94	55,0	0,61	5,60
ТК7-ТК8	22,2	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	1,27	144,42	19,86	74,8	2,02	7,63
ТК8-ТК9	8,4	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	1,05	161,24	27,33	102,2	2,79	10,41
ТК9-№16	4,2	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,78	115,07	4,67	106,8	0,48	10,89
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	17,76	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	1,448	234,57	11,25	11,252	1,15	1,15
ТК13-ТК14	11,54	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	0,941	99,13	8,08	19,333	0,82	1,97
ТК13-№3	7,37	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	1,364	354,64	19,69	39,019	2,01	3,98
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	22,25	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	1,276	145,44	14,50	14,502	1,48	1,48
ТК11-ТК12	12,35	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	1,007	113,40	6,41	20,915	0,65	2,13
ТК12-ТК15	7,84	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	1,450	401,26	42,36	56,859	4,32	5,80
ТК15-№17	0,98	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,777	304,46	50,27	71,181	5,12	7,26
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	12,49	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	1,559	358,93	38,12	38,122	3,89	3,89
ТК10-№13	5,06	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	1,353	445,03	27,36	65,486	2,79	6,68

**Гідравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

Таблиця 4.24

80-50

№ п/п	Розрахункова виграга теплоносія, G , $кг/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{шт}^* S$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{шт}$, м	Геометрична довжина, L , м	Еквівалентна довжина L_e , м	Приведена довжина, $L_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кека, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_b , Па/м	Втрати тиску на ділянці, $кПа$	Сумар. втрати тиску, $кПа$	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1*	121,1	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,023083	2,230	215,23	2,04	2,04	0,21	0,21
ТК1-ТК2	100,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,023083	1,844	147,18	3,79	5,83	0,39	0,59
ТК2-ТК3	72,0	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,024549	2,100	255,34	12,61	18,44	1,29	1,88
ТК3-ТК4	64,2	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,024549	1,871	202,68	15,55	33,99	1,58	3,46
ТК4-ТК5	56,7	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,024549	1,654	158,44	5,81	39,80	0,59	4,06
ТК5-ТК6	49,3	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,024549	1,437	119,64	9,24	49,04	0,94	5,00
ТК6-ТК7*	29,4	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,024549	0,856	42,47	5,94	54,97	0,61	5,60
ТК7-ТК8	22,2	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,026977	1,272	144,42	19,86	74,84	2,02	7,63
ТК8-ТК9	8,4	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,030238	1,045	161,24	27,33	102,17	2,79	10,41
ТК9-№16	4,2	89*3	83	102,2	30,66	132,86	0,5	0,032114	0,777	115,07	15,29	117,46	1,56	11,97
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	20,96	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,028381	1,709	326,88	15,68	15,680	1,60	1,60
ТК13-ТК14	14,75	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,028381	1,202	161,82	13,19	28,870	1,34	2,94
ТК14-№3	7,37	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,032114	1,364	354,64	19,69	48,556	2,01	4,95
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	22,25	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,026977	1,276	145,44	14,50	14,502	1,48	1,48
ТК11-ТК12	12,35	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,028381	1,007	113,40	6,41	20,915	0,65	2,13
ТК12-ТК15	7,84	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,032114	1,450	401,26	42,36	56,859	4,32	5,80
ТК15-№17	0,98	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,040875	0,777	304,46	50,27	71,181	5,12	7,26
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	12,49	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,030238	1,559	358,93	38,12	38,122	3,89	3,89
ТК10-№13	5,06	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,034044	1,353	445,03	27,36	65,486	2,79	6,68

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

65-40

Таблиця 4.25

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $кг/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{вн}^*s$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, м	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, $\kappaПа$	Сумар. втрати тиску, $\kappaПа$	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	154,4	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,84	349,948	3,32	3,3	0,34	0,34
ТК1-ТК2	129,3	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	2,38	245,23	6,31	9,6	0,64	0,98
ТК2-ТК3	86,4	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,52	367,69	18,16	27,8	1,85	2,83
ТК3-ТК4	77,0	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	2,25	291,87	22,39	50,2	2,28	5,12
ТК4-ТК5	68,1	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,98	228,15	8,36	58,5	0,85	5,97
ТК5-ТК6	59,1	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,72	172,28	13,30	71,9	1,36	7,32
ТК6-ТК7	35,2	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	1,03	61,16	8,55	80,4	0,87	8,20
ТК7-ТК8*	26,6	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	1,53	207,97	28,60	109,0	2,92	11,11
ТК8-ТК9	10,0	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	1,25	232,18	39,36	148,4	4,01	15,12
ТК9-№16	5,0	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,93	165,71	6,72	155,1	0,69	15,81
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13*	21,31	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	1,737	337,78	16,20	16,203	1,65	1,65
ТК13-ТК14	13,85	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	1,129	142,75	11,64	27,8392	1,19	2,84
ТК13-№3	8,85	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	1,636	510,69	28,35	56,187	2,89	5,73
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	26,70	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	1,532	209,44	20,88	20,883	2,13	2,13
ТК11-ТК12*	14,81	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	1,208	163,30	9,23	30,117	0,94	3,07
ТК12-ТК15	9,41	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	1,740	577,81	60,99	81,877	6,22	8,35
ТК15-№17	1,17	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,933	438,42	72,38	102,501	7,38	10,45
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	14,98	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	1,871	516,85	54,90	54,895	5,60	5,60
ТК10-№13	6,07	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	1,623	640,84	39,41	94,300	4,02	9,61

При проведенні гідравлічного розрахунку для пластикових труб було враховано, що еквівалентна шорсткість трубопроводів зменшиться до 0,007. До ТК6 та на відгалуженнях були застосовані пластикові труби з каталогу продукції ТзОВ "ТЕРМО - ІЗОЛ" для труб з РЕ-RT. Після ТК6 продовжили прокладати сталеві трубопроводи, адже за розрахунком діаметр потрібно було збільшувати, а на ділянці ТК6-ТК7 вже був застосований найбільший діаметр з каталогу. В таблиці ділянки з пластиковими трубопроводами позначені сірим кольором.

**Гідравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків (пластикові трубопроводи)**

95-65

Таблиця 4.26

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кз/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{м}$	Геометрична довжина, $L, \text{м}$	Еквівалентна довжина $L_e, \text{м}$	Приведена довжина, $L_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	121,1	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,23	215,23	2,04	2,0	0,21	0,21
ТК1-ТК2	100,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,84	147,18	3,79	5,8	0,39	0,59
ТК2-ТК3	72,0	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,10	255,34	12,61	18,4	1,29	1,88
ТК3-ТК4	64,2	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,87	202,68	15,55	34,0	1,58	3,46
ТК4-ТК5	56,7	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,65	158,44	5,81	39,8	0,59	4,06
ТК5-ТК6	49,3	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,44	119,64	9,24	49,0	0,94	5,00
ТК6*-ТК7	29,4	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01004	1,10	32,85	4,59	53,6	0,47	5,47
ТК7-ТК8	22,2	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01004	0,83	18,72	2,57	56,2	0,26	5,73
ТК8-ТК9	8,4	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,01092	0,81	30,97	5,25	61,5	0,54	6,26
ТК9-№16	4,2	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,01142	0,66	27,29	1,11	62,6	0,11	6,38
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	17,76	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,01044	1,044	38,11	1,83	1,828	0,19	0,19
ТК13-ТК14	11,54	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,01067	0,859	29,70	2,42	4,249	0,25	0,43
ТК13-№3	7,37	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,01092	0,715	24,04	1,33	5,583	0,14	0,57
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	22,25	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01004	0,837	18,85	1,88	1,880	0,19	0,19
ТК11-ТК12	12,35	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,01044	0,726	18,43	1,04	2,922	0,11	0,30
ТК12-ТК15	7,84	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,01092	0,761	27,20	2,87	4,751	0,29	0,48
ТК15-№17	0,98	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,01335	0,777	99,46	16,42	19,342	1,67	1,97
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	12,49	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,01067	0,930	34,75	3,69	3,691	0,38	0,38
ТК10-№13	5,06	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,01115	0,617	20,45	1,26	4,949	0,13	0,50

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків (пластикові трубопроводи)**

80-50

Таблиця 4.27

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $кг/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{вн}^* S$, $мм$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, $м$	Геометрична довжина, l , $м$	Еквівалентна довжина l_e , $м$	Приведена довжина, $l_{пр}$, $м$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, $мм$	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, $м/с$	Питомі втрати тиску, R_p , $Па/м$	Втрати тиску на ділянці, $кПа$	Сумар. втрати тиску, $кПа$	Втрати напору на ділянці, $м$	Сумар. втрати напору, $м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	121,1	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,23	215,23	2,04	2,0	0,21	0,21
ТК1-ТК2	100,1	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,84	147,18	3,79	5,8	0,39	0,59
ТК2-ТК3	72,0	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,10	255,34	12,61	18,4	1,29	1,88
ТК3-ТК4	64,2	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,87	202,68	15,55	34,0	1,58	3,46
ТК4-ТК5	56,7	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,65	158,44	5,81	39,8	0,59	4,06
ТК5-ТК6	49,3	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,44	119,64	9,24	49,0	0,94	5,00
ТК6-ТК7	29,4	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01004	1,10	32,85	4,59	53,6	0,47	5,47
ТК7-ТК8*	22,2	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01004	0,83	18,72	2,57	56,2	0,26	5,73
ТК8-ТК9	8,4	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,01092	0,81	30,97	5,25	61,5	0,54	6,26
ТК9-№16	4,2	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,01142	0,66	27,29	1,11	62,6	0,11	6,38
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	20,96	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,01044	1,232	53,11	2,55	2,548	0,26	0,26
ТК13-ТК14	14,75	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,01067	1,098	48,47	3,95	6,499	0,40	0,66
ТК13-№3	7,37	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,01092	0,715	24,04	1,33	7,833	0,14	0,80
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11*	22,25	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01004	0,837	18,85	1,88	1,880	0,19	0,19
ТК11-ТК12	12,35	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,01044	0,726	18,43	1,04	2,922	0,11	0,30
ТК12-ТК15	7,84	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,01092	0,761	27,20	2,87	4,751	0,29	0,48
ТК15-№17	0,98	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,01335	0,777	99,46	16,42	19,342	1,67	1,97
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	12,49	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,01067	0,930	34,75	3,69	3,691	0,38	0,38
ТК10-№13	5,06	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,01115	0,617	20,45	1,26	4,949	0,13	0,50

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків (пластикові трубопроводи)**

65-40

Таблиця 4.28

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $кг/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{вн}^* S$, $мм$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, $м$	Геометрична довжина, l , $м$	Еквівалентна довжина l_e , $м$	Приведена довжина, $l_{пр}$, $м$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, $мм$	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, $м/с$	Питомі втрати тиску, R_p , $Па/м$	Втрати тиску на ділянці, $кПа$	Сумар. втрати тиску, $кПа$	Втрати напору на ділянці, $м$	Сумар. втрати напору, $м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	154,4	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,84	349,95	3,32	3,3	0,34	0,34
ТК1-ТК2	129,3	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	2,38	245,23	6,31	9,6	0,64	0,98
ТК2-ТК3	86,4	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	2,52	367,69	18,16	27,8	1,85	2,83
ТК3-ТК4	77,0	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	2,25	291,87	22,39	50,2	2,28	5,12
ТК4-ТК5	68,1	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,98	228,15	8,36	58,5	0,85	5,97
ТК5-ТК6	59,1	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,72	172,28	13,30	71,9	1,36	7,32
ТК6-ТК7	35,2	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01004	1,33	47,30	6,61	78,5	0,67	8,00
ТК7-ТК8*	26,6	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01004	1,00	26,96	3,71	82,2	0,38	8,38
ТК8-ТК9	10,0	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,01092	0,97	44,60	7,56	89,7	0,77	9,15
ТК9-№16	5,0	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,01142	0,79	39,30	1,59	91,3	0,16	9,31
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13*	21,31	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,01044	1,253	54,88	2,63	2,633	0,27	0,27
ТК13-ТК14	13,85	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,01067	1,031	42,76	3,49	6,118	0,36	0,62
ТК13-№3	8,85	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,01092	0,858	34,62	1,92	8,040	0,20	0,82
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	26,70	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01004	1,004	27,15	2,71	2,707	0,28	0,28
ТК11-ТК12*	14,81	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,01044	0,871	26,53	1,50	4,207	0,15	0,43
ТК12-ТК15	9,41	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,01092	0,913	39,17	4,13	6,841	0,42	0,70
ТК15-№17	1,17	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,01335	0,933	143,22	23,65	27,853	2,41	2,84
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	14,98	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,01067	1,116	50,04	5,32	5,315	0,54	0,54
ТК10-№13	6,07	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,01115	0,740	29,45	1,81	7,126	0,18	0,73

**Гідравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

150-70

Таблиця 4.29

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $кг/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{шт}^*s$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, м	Геометрична довжина, L , м	Еквівалентна довжина L_e , м	Приведена довжина, $L_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідрравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питома втрата тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, $\kappaПа$	Сумар. втрата тиску, $\kappaПа$	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрата напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	34,3	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,023083	0,631	17,23	0,16	0,16	0,02	0,02
ТК1-ТК2	28,4	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,023083	0,523	11,83	0,30	0,47	0,03	0,05
ТК2-ТК3	20,5	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,024549	0,598	20,68	1,02	1,49	0,10	0,15
ТК3-ТК4	18,0	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,024549	0,525	15,96	1,22	2,71	0,12	0,28
ТК4-ТК5	15,9	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,024549	0,464	12,48	0,46	3,17	0,05	0,32
ТК5-ТК6	13,8	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,024549	0,403	9,42	0,73	3,90	0,07	0,40
ТК6-ТК7	8,2	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,024549	0,240	3,34	0,47	4,37	0,05	0,45
ТК7-ТК8	6,2	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,026977	0,357	11,37	1,56	5,93	0,16	0,60
ТК8-ТК9	2,3	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,030238	0,293	12,70	2,15	8,08	0,22	0,82
ТК9-№16	1,2	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,032114	0,218	9,06	0,37	8,45	0,04	0,86
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	5,88	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,028381	0,480	25,74	1,23	1,235	0,13	0,13
ТК13-ТК14	4,14	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,028381	0,337	12,74	1,04	2,273	0,11	0,23
ТК14-№3	2,07	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,032114	0,383	27,93	1,55	3,823	0,16	0,39
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	6,33	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,026977	0,363	11,79	1,18	1,176	0,12	0,12
ТК11-ТК12	3,56	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,028381	0,290	9,41	0,53	1,708	0,05	0,17
ТК12-ТК15	2,29	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,032114	0,424	34,30	3,62	4,796	0,37	0,49
ТК15-№17	0,37	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,040875	0,292	42,81	7,07	8,777	0,72	0,89
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	3,50	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,030238	0,438	28,26	3,00	3,002	0,31	0,31
ТК10-№13	1,42	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,034044	0,380	35,04	2,15	5,157	0,22	0,53

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

130-70

Таблиця 4.30

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кВт/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^* \text{, мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{м}$	Геометрична довжина, $l, \text{м}$	Еквівалентна довжина $l_e, \text{м}$	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекев, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	45,7	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	0,84	30,64	0,29	0,3	0,03	0,03
ТК1-ТК2	37,8	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	0,70	21,02	0,54	0,8	0,06	0,08
ТК2-ТК3	27,3	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	0,80	36,76	1,82	2,6	0,19	0,27
ТК3-ТК4	24,0	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	0,70	28,37	2,18	4,8	0,22	0,49
ТК4-ТК5	21,2	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	0,62	22,18	0,81	5,6	0,08	0,57
ТК5-ТК6	18,4	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	0,54	16,75	1,29	6,9	0,13	0,71
ТК6-ТК7	11,0	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	0,32	5,95	0,83	7,8	0,08	0,79
ТК7-ТК8	8,3	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	0,48	20,22	2,78	10,5	0,28	1,07
ТК8-ТК9	3,1	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	0,39	22,57	3,83	14,4	0,39	1,46
ТК9-№16	1,6	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,29	16,11	0,65	15,0	0,07	1,53
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	6,64	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	0,542	32,84	1,58	1,575	0,16	0,16
ТК13-ТК14	4,32	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	0,352	13,88	1,13	2,706	0,12	0,28
ТК13-№3	2,76	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	0,510	49,65	2,76	5,462	0,28	0,56
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	8,45	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	0,485	20,97	2,09	2,090	0,21	0,21
ТК11-ТК12	4,74	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	0,387	16,73	0,95	3,037	0,10	0,31
ТК12-ТК15	3,06	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	0,565	60,97	6,44	8,527	0,66	0,87
ТК15-№17	0,49	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,389	76,12	12,57	15,603	1,28	1,59
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	4,67	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	0,583	50,25	5,34	5,337	0,54	0,54
ТК10-№13	1,89	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	0,506	62,30	3,83	9,167	0,39	0,93

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

115-70

Таблиця 4.31

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $кг/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{вн}^* S$, $мм$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, $м$	Геометрична довжина, l , $м$	Еквівалентна довжина l_e , $м$	Приведена довжина, $l_{пр}$, $м$	Еквівалентна шершавість труби Кекв, $мм$	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, $м/с$	Питомі втрати тиску, R_p , $Па/м$	Втрати тиску на ділянці, $кПа$	Сумар. втрати тиску, $кПа$	Втрати напору на ділянці, $м$	Сумар. втрати напору, $м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	60,9	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	1,12	54,47	0,52	0,5	0,05	0,05
ТК1-ТК2	50,5	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	0,93	37,37	0,96	1,5	0,10	0,15
ТК2-ТК3	36,4	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	1,06	65,35	3,23	4,7	0,33	0,48
ТК3-ТК4	32,0	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	0,93	50,44	3,87	8,6	0,39	0,87
ТК4-ТК5	28,3	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	0,83	39,43	1,45	10,0	0,15	1,02
ТК5-ТК6	24,6	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	0,72	29,77	2,30	12,3	0,23	1,26
ТК6-ТК7	14,7	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	0,43	10,57	1,48	13,8	0,15	1,41
ТК7-ТК8	11,1	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	0,63	35,94	4,94	18,7	0,50	1,91
ТК8-ТК9	4,2	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	0,52	40,13	6,80	25,5	0,69	2,60
ТК9-№16	2,1	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,39	28,64	1,16	26,7	0,12	2,72
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	8,86	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	0,722	58,38	2,80	2,800	0,29	0,29
ТК13-ТК14	5,76	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	0,469	24,67	2,01	4,811	0,20	0,49
ТК13-№3	3,68	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	0,680	88,26	4,90	9,711	0,50	0,99
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	11,26	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	0,646	37,27	3,72	3,716	0,38	0,38
ТК11-ТК12	6,32	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	0,515	29,74	1,68	5,398	0,17	0,55
ТК12-ТК15	4,08	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	0,754	108,40	11,44	15,159	1,17	1,55
ТК15-№17	0,65	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,518	135,32	22,34	27,739	2,28	2,83
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	6,23	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	0,778	89,33	9,49	9,487	0,97	0,97
ТК10-№13	2,52	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	0,675	110,75	6,81	16,297	0,69	1,66

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

95-65

Таблиця 4.32

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{вн}^{*s}$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, м	Геометрична довжина, L , м	Еквівалентна довжина L_e , м	Приведена довжина, $L_{пр}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, $\kappaПа$	Сумар. втрати тиску, $\kappaПа$	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	91,4	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	1,68	122,55	1,16	1,2	0,12	0,12
ТК1-ТК2	75,7	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,39	84,09	2,16	3,3	0,22	0,34
ТК2-ТК3	54,6	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	1,59	147,04	7,26	10,6	0,74	1,08
ТК3-ТК4	48,0	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,40	113,49	8,70	19,3	0,89	1,97
ТК4-ТК5	42,4	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,24	88,72	3,25	22,5	0,33	2,30
ТК5-ТК6	36,9	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,08	66,99	5,17	27,7	0,53	2,83
ТК6-ТК7	22,0	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	0,64	23,78	3,32	31,0	0,34	3,16
ТК7-ТК8	16,6	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	0,95	80,87	11,12	42,2	1,13	4,30
ТК8-ТК9	6,3	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	0,78	90,28	15,31	57,5	1,56	5,86
ТК9-№16	3,1	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,58	64,44	2,61	60,1	0,27	6,13
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	13,29	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	1,083	131,35	6,30	6,301	0,64	0,64
ТК13-ТК14	8,64	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	0,704	55,51	4,52	10,825	0,46	1,10
ТК13-№3	5,52	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	1,020	198,58	11,02	21,849	1,12	2,23
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	16,89	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	0,969	83,86	8,36	8,362	0,85	0,85
ТК11-ТК12	9,48	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	0,773	66,92	3,78	12,146	0,39	1,24
ТК12-ТК15	6,11	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	1,131	243,90	25,75	34,108	2,62	3,48
ТК15-№17	0,98	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,777	304,46	50,27	62,413	5,12	6,36
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	9,34	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	1,167	200,98	21,35	21,346	2,18	2,18
ТК10-№13	3,78	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	1,012	249,19	15,32	36,669	1,56	3,74

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

80-50

Таблиця 4.33

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^* S$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}$, м	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кеєв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, κPa	Сумар. втрати тиску, κPa	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1*	91,4	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,023083	1,683	122,55	1,16	1,16	0,12	0,12
ТК1-ТК2	75,7	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,023083	1,394	84,09	2,16	3,33	0,22	0,34
ТК2-ТК3	54,6	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,024549	1,593	147,04	7,26	10,59	0,74	1,08
ТК3-ТК4	48,0	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,024549	1,400	113,49	8,70	19,30	0,89	1,97
ТК4-ТК5	42,4	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,024549	1,238	88,72	3,25	22,55	0,33	2,30
ТК5-ТК6	36,9	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,024549	1,076	66,99	5,17	27,72	0,53	2,83
ТК6-ТК7*	22,0	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,024549	0,641	23,78	3,32	31,05	0,34	3,16
ТК7-ТК8	16,6	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,026977	0,952	80,87	11,12	42,17	1,13	4,30
ТК8-ТК9	6,3	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,030238	0,782	90,28	15,31	57,47	1,56	5,86
ТК9-№16	3,1	89*3	83	102,2	30,66	132,86	0,5	0,032114	0,581	64,44	8,56	66,03	0,87	6,73
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	15,68	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,028381	1,279	183,04	8,78	8,780	0,90	0,90
ТК13-ТК14	11,04	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,028381	0,900	90,61	7,39	16,166	0,75	1,65
ТК14-№3	5,52	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,032114	1,020	198,58	11,02	27,189	1,12	2,77
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	16,89	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,026977	0,969	83,86	8,36	8,362	0,85	0,85
ТК11-ТК12	9,48	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,028381	0,773	66,92	3,78	12,146	0,39	1,24
ТК12-ТК15	6,11	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,032114	1,131	243,90	25,75	34,108	2,62	3,48
ТК15-№17	0,98	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,040875	0,777	304,46	50,27	62,413	5,12	6,36
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	9,34	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,030238	1,167	200,98	21,35	21,346	2,18	2,18
ТК10-№13	3,78	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,034044	1,012	249,19	15,32	36,669	1,56	3,74

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків (сталеві трубопроводи)**

65-40

Таблиця 4.34

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G, \text{кг/с}$	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^*s, \text{мм}$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}, \text{м}$	Геометрична довжина, $l, \text{м}$	Еквівалентна довжина $l_e, \text{м}$	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}, \text{м}$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, $R_p, \text{Па/м}$	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумар. втрати тиску, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	116,5	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,14	199,06	1,89	1,9	0,19	0,19
ТК1-ТК2	97,6	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,80	139,92	3,60	5,5	0,37	0,56
ТК2-ТК3	65,6	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	1,91	211,74	10,46	16,0	1,07	1,63
ТК3-ТК4	57,6	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,68	163,43	12,54	28,5	1,28	2,90
ТК4-ТК5	50,9	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,49	127,76	4,68	33,2	0,48	3,38
ТК5-ТК6	44,3	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,29	96,47	7,45	40,6	0,76	4,14
ТК6-ТК7	26,4	219*5	209	107,5	32,25	139,75	0,5	0,02455	0,77	34,25	4,79	45,4	0,49	4,63
ТК7-ТК8*	19,9	159*5	149	105,8	31,74	137,54	0,5	0,02698	1,14	116,45	16,02	61,4	1,63	6,26
ТК8-ТК9	7,5	108*3,5	101	130,4	39,12	169,52	0,5	0,03024	0,94	130,01	22,04	83,5	2,25	8,51
ТК9-№16	3,8	89*3	83	31,2	9,36	40,56	0,5	0,03211	0,70	92,79	3,76	87,2	0,38	8,89
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13*	15,94	133*4	125	36,9	11,07	47,97	0,5	0,02838	1,300	189,14	9,07	9,073	0,92	0,92
ТК13-ТК14	10,37	133*4	125	62,7	18,81	81,51	0,5	0,02838	0,845	79,94	6,52	15,5886	0,66	1,59
ТК13-№3	6,62	89*3	83	42,7	12,81	55,51	0,5	0,03211	1,224	285,96	15,87	31,462	1,62	3,21
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	20,27	159*5	149	76,7	23,01	99,71	0,5	0,02698	1,163	120,76	12,04	12,041	1,23	1,23
ТК11-ТК12*	11,38	133*4	125	43,5	13,05	56,55	0,5	0,02838	0,928	96,37	5,45	17,491	0,56	1,78
ТК12-ТК15	7,34	89*3	83	81,2	24,36	105,56	0,5	0,03211	1,357	351,21	37,07	49,115	3,78	5,01
ТК15-№17	1,17	45*2,5	40	127	38,1	165,1	0,5	0,04088	0,933	438,42	72,38	89,875	7,38	9,16
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	11,21	108*3,5	101	81,7	24,51	106,21	0,5	0,03024	1,400	289,41	30,74	30,739	3,13	3,13
ТК10-№13	4,54	76*3,5	69	47,3	14,19	61,49	0,5	0,03404	1,215	358,84	22,06	52,804	2,25	5,38

При проведенні гідравлічного розрахунку для пластикових труб було враховано, що еквівалентна шорсткість трубопроводів зменшиться до 0,007. До ТК6 та на відгалуженнях були застосовані пластикові труби з каталогу продукції ТЗОВ "ТЕРМО - ІЗОЛ" для труб з РЕ-RT. Після ТК6 продовжили прокладати сталеві трубопроводи, адже за розрахунком діаметр потрібно було збільшувати, а на ділянці ТК6-ТК7 вже був застосований найбільший діаметр з каталогу. В таблиці ділянки з пластиковими трубопроводами позначені сірим кольором.

**Гідравлічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків (пластикові трубопроводи)**

95-65

Таблиця 4.35

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $кг/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{вн}^{*s}$, $мм$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, $м$	Геометрична довжина, l , $м$	Еквівалентна довжина l_e , $м$	Приведена довжина, $l_{пр}$, $м$	Еквівалентна шершавість труб Кекв, $мм$	Коефіцієнт гідравлічного тертя, λ	Швидкість, $м/с$	Питомі втрати тиску, R_p , $Па/м$	Втрати тиску на ділянці, $кПа$	Сумар. втрати тиску, $кПа$	Втрати напору на ділянці, $м$	Сумар. втрати напору, $м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	91,4	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	1,68	122,55	1,16	1,2	0,12	0,12
ТК1-ТК2	75,7	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,39	84,09	2,16	3,3	0,22	0,34
ТК2-ТК3	54,6	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	1,59	147,04	7,26	10,6	0,74	1,08
ТК3-ТК4	48,0	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,40	113,49	8,70	19,3	0,89	1,97
ТК4*-ТК5	42,4	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,007	0,00982	1,24	35,50	1,30	20,6	0,13	2,10
ТК5-ТК6	36,9	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,007	0,00982	1,08	26,80	2,07	22,7	0,21	2,31
ТК6*-ТК7	22,0	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01004	0,83	18,39	2,57	25,2	0,26	2,57
ТК7-ТК8	16,6	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01004	0,62	10,48	1,44	26,7	0,15	2,72
ТК8-ТК9	6,3	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,01092	0,61	17,34	2,94	29,6	0,30	3,02
ТК9-№16	3,1	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,01142	0,49	15,28	0,62	30,2	0,06	3,08
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	13,29	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,01044	0,781	21,34	1,02	1,024	0,10	0,10
ТК13-ТК14	8,64	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,01067	0,643	16,63	1,36	2,379	0,14	0,24
ТК13-№3	5,52	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,01092	0,535	13,46	0,75	3,126	0,08	0,32
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	16,89	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01004	0,636	10,87	1,08	1,084	0,11	0,11
ТК11-ТК12	9,48	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,01044	0,558	10,87	0,61	1,699	0,06	0,17
ТК12-ТК15	6,11	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,01092	0,593	16,53	1,75	2,829	0,18	0,29
ТК15-№17	0,98	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,01335	0,777	99,46	16,42	18,119	1,67	1,85
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	9,34	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,01067	0,696	19,46	2,07	2,067	0,21	0,21
ТК10-№13	3,78	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,01115	0,461	11,45	0,70	2,771	0,07	0,28

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків (пластикові трубопроводи)**

80-50

Таблиця 4.36

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}^*s$, мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{\text{вн}}$, м	Геометрична довжина, l , м	Еквівалентна довжина l_e , м	Приведена довжина, $l_{\text{пр}}$, м	Еквівалентна шершавість труб Кекв, мм	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску, R_p , Па/м	Втрати тиску на ділянці, $\kappaПа$	Сумар. втрати тиску, $\kappaПа$	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	91,4	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	1,68	122,55	1,16	1,2	0,12	0,12
ТК1-ТК2	75,7	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,39	84,09	2,16	3,3	0,22	0,34
ТК2-ТК3	54,6	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	1,59	147,04	7,26	10,6	0,74	1,08
ТК3-ТК4	48,0	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,40	113,49	8,70	19,3	0,89	1,97
ТК4-ТК5	42,4	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,24	88,72	3,25	22,5	0,33	2,30
ТК5-ТК6	36,9	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,08	66,99	5,17	27,7	0,53	2,83
ТК6-ТК7	22,0	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01004	0,83	18,39	2,57	30,3	0,26	3,09
ТК7-ТК8*	16,6	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01004	0,62	10,48	1,44	31,7	0,15	3,23
ТК8-ТК9	6,3	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,01092	0,61	17,34	2,94	34,7	0,30	3,53
ТК9-№16	3,1	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,01142	0,49	15,28	0,62	35,3	0,06	3,60
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13	15,68	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,01044	0,922	29,74	1,43	1,427	0,15	0,15
ТК13-ТК14	11,04	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,01067	0,822	27,14	2,21	3,639	0,23	0,37
ТК13-№3	5,52	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,01092	0,535	13,46	0,75	4,386	0,08	0,45
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11*	16,89	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01004	0,636	10,87	1,08	1,084	0,11	0,11
ТК11-ТК12	9,48	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,01044	0,558	10,87	0,61	1,699	0,06	0,17
ТК12-ТК15	6,11	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,01092	0,593	16,53	1,75	2,829	0,18	0,29
ТК15-№17	0,98	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,01335	0,777	99,46	16,42	18,119	1,67	1,85
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	9,34	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,01067	0,696	19,46	2,07	2,067	0,21	0,21
ТК10-№13	3,78	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,01115	0,461	11,45	0,70	2,771	0,07	0,28

**Гідралічний розрахунок в опалювальний період для теплової мережі
теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків (пластикові трубопроводи)**

65-40

Таблиця 4.37

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G , $кз/с$	Діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, $мм$	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{вн}$, $м$	Геометрична довжина, l , $м$	Еквівалентна довжина l_e , $м$	Приведена довжина, $l_{пр}$, $м$	Еквівалентна шершавість труб Кеков, $мм$	Коефіцієнт гідралічного тертя, λ	Швидкість, $м/с$	Питомі втрати тиску, R_b , $Па/м$	Втрати тиску на ділянці, $кПа$	Сумар. втрати тиску, $кПа$	Втрати напору на ділянці, $м$	Сумар. втрати напору, $м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль														
Котельня-ТК1	116,5	273*5	263	7,3	2,19	9,49	0,5	0,02308	2,14	199,06	1,89	1,9	0,19	0,19
ТК1-ТК2	97,6	273*5	263	19,8	5,94	25,74	0,5	0,02308	1,80	139,92	3,60	5,5	0,37	0,56
ТК2-ТК3	65,6	219*5	209	38	11,4	49,4	0,5	0,02455	1,91	211,74	10,46	16,0	1,07	1,63
ТК3-ТК4	57,6	219*5	209	59	17,7	76,7	0,5	0,02455	1,68	163,43	12,54	28,5	1,28	2,90
ТК4-ТК5	50,9	219*5	209	28,2	8,46	36,66	0,5	0,02455	1,49	127,76	4,68	33,2	0,48	3,38
ТК5-ТК6	44,3	219*5	209	59,4	17,82	77,22	0,5	0,02455	1,29	96,47	7,45	40,6	0,76	4,14
ТК6-ТК7	26,4	225*20,5	184	107,5	32,25	139,75	0,007	0,01004	0,99	26,49	3,70	44,3	0,38	4,52
ТК7-ТК8*	19,9	225*20,5	184	105,8	31,74	137,54	0,007	0,01004	0,75	15,09	2,08	46,4	0,21	4,73
ТК8-ТК9	7,5	140*12,7	114,6	130,4	39,12	169,52	0,007	0,01092	0,73	24,97	4,23	50,6	0,43	5,16
ТК9-№16	3,8	110*10	90	31,2	9,36	40,56	0,007	0,01142	0,59	22,01	0,89	51,5	0,09	5,25
Відгалуження 1														
ТК1-ТК13*	15,94	180*16,4	147,2	36,9	11,07	47,97	0,007	0,01044	0,937	30,73	1,47	1,474	0,15	0,15
ТК13-ТК14	10,37	160*14,7	130,8	62,7	18,81	81,51	0,007	0,01067	0,772	23,94	1,95	3,426	0,20	0,35
ТК13-№3	6,62	140*12,7	114,6	42,7	12,81	55,51	0,007	0,01092	0,642	19,38	1,08	4,502	0,11	0,46
Відгалуження 2														
ТК2-ТК11	20,27	225*20,5	184	76,7	23,01	99,71	0,007	0,01004	0,763	15,65	1,56	1,561	0,16	0,16
ТК11-ТК12*	11,38	180*16,4	147,2	43,5	13,05	56,55	0,007	0,01044	0,669	15,66	0,89	2,446	0,09	0,25
ТК12-ТК15	7,34	140*12,7	114,6	81,2	24,36	105,56	0,007	0,01092	0,712	23,81	2,51	4,074	0,26	0,42
ТК15-№17	1,17	48*4	40	127	38,1	165,1	0,007	0,01335	0,933	143,22	23,65	26,092	2,41	2,66
Відгалуження 3														
ТК-6-ТК10	11,21	160*14,7	130,8	81,7	24,51	106,21	0,007	0,01067	0,835	28,02	2,98	2,976	0,30	0,30
ТК10-№13	4,54	125*11,4	102,2	47,3	14,19	61,49	0,007	0,01115	0,554	16,49	1,01	3,990	0,10	0,41

Таблиця 4.38

Зведена таблиця гідравлічних розрахунків в опалювальний період для теплової мережі повне теплове навантаження (сталеві трубопроводи)														Зведена таблиця гідравлічних розрахунків в опалювальний період для теплової мережі повне теплове навантаження (пластикові трубопроводи)											
№ п/п	Діаметр трубопроводу, $D_{ст}, мм$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	№ п/п	Діаметр трубопроводу, $D_{ст}, мм$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$				
магістраль														магістраль											
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)					
Котельня-ТК1	273*5	69,5	0,07	86,6	0,11	109,4	0,17	155,1	0,34	155,1	0,34	192,7	0,53	Котельня-ТК1	273*5	155,05	0,34	155,1	0,34	192,7	0,53				
ТК1-ТК2	273*5	57,2	0,19	71,4	0,30	90,2	0,48	127,95	0,97	127,9	0,97	160,9	1,52	ТК1-ТК2	273*5	127,95	0,97	127,9	0,97	160,9	1,52				
ТК2-ТК3	219*5	40,8	0,61	50,9	0,95	64,5	1,51	91,54	3,05	91,5	3,05	107,8	4,41	ТК2-ТК3	219*5	91,54	3,05	91,5	3,05	107,8	4,41				
ТК3-ТК4	219*5	37,5	1,15	46,5	1,78	58,7	2,84	82,91	5,70	82,9	5,70	97,5	8,06	ТК3-ТК4	219*5	82,91	5,70	82,9	5,70	97,5	8,06				
ТК4-ТК5	219*5	33,1	1,35	41,1	2,09	51,9	3,33	73,29	6,69	73,3	6,69	86,2	9,43	ТК4-ТК5	219*5	73,29	6,69	73,3	6,69	86,2	9,43				
ТК5-ТК6	219*5	28,7	1,67	35,7	2,59	45,0	4,12	63,67	8,26	63,7	8,26	74,8	11,60	ТК5-ТК6	219*5	63,67	8,26	63,7	8,26	74,8	11,60				
ТК6-ТК7	219*5	17,1	1,87	21,3	2,90	26,8	4,63	37,92	9,27	37,9	9,27	44,6	13,00	ТК6-ТК7	225*20,5	37,92	9,04	37,92	9,04	44,58	12,68				
ТК7-ТК8	159*5	12,9	2,56	16,0	3,96	20,2	6,31	28,61	12,64	28,6	12,64	33,6	17,66	ТК7-ТК8	225*20,5	28,61	9,47	28,61	9,47	33,63	13,28				
ТК8-ТК9	108*3,5	4,8	3,48	6,0	5,40	7,6	8,60	10,75	17,24	10,8	17,24	12,6	24,02	ТК8-ТК9	140*12,7	10,75	10,36	10,75	10,36	12,65	14,51				
ТК9-№16	89*3	2,4	3,64	3,0	5,64	3,8	8,99	5,4	18,02	5,4	19,81	6,3	25,11	ТК9-№16	110*10	5,40	10,54	5,40	10,54	6,35	14,76				
На скільки % відрізняються		0%		0%		20		35		36		60		55		80		55		82		85			
														На скільки % менші від сталевих						41		47		41	
Відгалуження 1														Відгалуження 1											
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)					
ТК1-ТК13	133*4	12,25	0,55	12,85	0,60	16,21	0,96	22,92	1,91	27,11	2,67	26,94	2,64	ТК1-ТК13	180*16,4	22,92	0,31	27,11	0,43	26,94	0,43				
ТК13-ТК14	133*4	8,64	1,01	8,36	1,03	10,54	1,64	14,90	3,28	19,09	4,93	17,52	4,54	ТК13-ТК14	160*14,7	14,90	0,72	19,09	1,11	17,52	1,00				
ТК14-№3	89*3	4,32	1,70	5,36	2,09	6,76	3,33	9,54	6,65	9,54	8,29	11,22	9,18	ТК14-№3	140*12,7	9,54	0,95	9,54	1,34	11,22	1,31				
На скільки % відрізняються		0%		0%		19		19		36		49		55		74		55		80		82			
														На скільки % менші від сталевих						86		84		86	
Відгалуження 2														Відгалуження 2											
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)					
ТК2-ТК11	159*5	12,82	0,49	15,95	0,76	20,13	1,21	28,50	2,43	28,50	2,43	33,52	3,36	ТК2-ТК11	225*20,5	28,50	0,31	28,50	0,31	33,52	0,43				
ТК11-ТК12	133*4	7,02	0,70	8,75	1,09	11,07	1,74	15,69	3,48	15,69	3,48	18,46	4,82	ТК11-ТК12	180*16,4	15,69	0,49	15,69	0,49	18,46	0,67				
ТК12-ТК15	89*3	4,39	1,84	5,48	2,87	6,94	4,59	9,86	9,25	9,86	9,25	11,62	12,82	ТК12-ТК15	140*12,7	9,86	0,78	9,86	0,78	11,62	1,08				
ТК15-№17	45*2,5	0,37	1,42	0,49	2,37	0,65	4,01	0,98	8,61	0,98	8,61	1,17	12,20	ТК15-№17	40*3,7	0,98	2,16	0,98	2,16	1,17	3,08				
На скільки % відрізняються		0%		0%		25		40		44		65		63		83		63		83		88			
														На скільки % менші від сталевих						75		75		75	
Відгалуження 3														Відгалуження 3											
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)					
ТК-6-ТК10	108*3,5	7,28	1,32	9,05	2,04	11,41	3,25	16,13	6,49	16,13	6,49	18,96	8,96	ТК-6-ТК10	160*14,7	16,13	0,63	16,13	0,63	18,96	0,87				
ТК10-№13	76*3,5	2,93	2,26	3,65	3,49	4,60	5,56	6,51	11,12	6,51	11,12	7,66	15,37	ТК10-№13	125*11,4	6,51	0,84	6,51	0,84	7,66	1,16				
На скільки % відрізняються		0%		0%		20		35		36		59		55		80		55		80		85			
														На скільки % менші від сталевих						92		92		92	

Отже, можна підвести підсумок, що при повному навантаженні теплової мережі при всіх температурних графіках магістралі розрахункова витрата більша, ніж при графіку 150-70, а саме при графіку 130-70 більша на 20%, при 115-70 - на 36%, при 95-65 - на 55%, при 80-50 - на 55%, при 65-40 - на 62%, те ж саме стосується сумарної втрати напору, а саме при графіку 130-70 більша на 35,47%, ніж при графіку 150-70, при 115-70 - на 60%, при 95-65 - на 80%, при графіку 80-50 - на 80%, при графіку 65-40 на 85%. А також, необхідно зазначити, що сумарні втрати напору при використанні пластикових труб при графіку 95-65 менші на 86%, ніж при використанні повністю сталевих, так само при графіку 80-50 менші на 84% та при 65-40 менші на 86%.

Таблиця 4.39

Зведена таблиця гідравлічних розрахунків в опалювальний період для теплової мережі теплове навантаження без ГВ (сталеві трубопроводи)														Зведена таблиця гідравлічних розрахунків в опалювальний період для теплової мережі теплове навантаження без ГВ (пластикові трубопроводи)							
№ п/п	Діаметр трубопроводу, $D_{шт}^*, м$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	№ п/п	Діаметр трубопроводу, $D_{шт}^*, м$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
магістраль														магістраль							
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)	
Котельня-ТК1	273*5	51,3	0,04	68,4	0,07	91,3	0,12	136,9	0,27	136,9	0,27	174,6	0,43	Котельня-ТК1	273*5	136,9	0,27	136,9	0,27	174,6	0,43
ТК1-ТК2	273*5	42,4	0,11	56,6	0,19	75,4	0,34	113,1	0,76	113,1	0,76	146,1	1,25	ТК1-ТК2	273*5	113,1	0,76	113,1	0,76	146,1	1,25
ТК2-ТК3	219*5	30,5	0,34	40,6	0,60	54,2	1,06	81,2	2,40	81,2	2,40	97,5	3,61	ТК2-ТК3	219*5	81,2	2,40	81,2	2,40	97,5	3,61
ТК3-ТК4	219*5	27,3	0,62	36,4	1,11	48,5	1,97	72,7	4,43	72,7	4,43	87,3	6,54	ТК3-ТК4	219*5	72,7	4,43	72,7	4,43	87,3	6,54
ТК4-ТК5	219*5	24,1	0,73	32,2	1,30	42,9	2,31	64,3	5,19	64,3	5,19	77,2	7,64	ТК4-ТК5	219*5	64,3	5,19	64,3	5,19	77,2	7,64
ТК5-ТК6	219*5	21,0	0,90	27,9	1,60	37,3	2,85	55,9	6,40	55,9	6,40	67,1	9,38	ТК5-ТК6	219*5	55,9	6,40	55,9	6,40	67,1	9,38
ТК6-ТК7	219*5	12,5	1,01	16,6	1,80	22,2	3,19	33,3	7,18	33,3	7,18	40,0	10,50	ТК6-ТК7	225*20,5	33,3	7,01	33,3	7,01	40,0	10,25
ТК7-ТК8	159*5	9,4	1,38	12,6	2,45	16,8	4,35	25,1	9,79	25,1	9,79	30,2	14,25	ТК7-ТК8	225*20,5	25,1	7,34	25,1	7,34	30,2	10,74
ТК8-ТК9	108*3,5	3,6	1,88	4,7	3,34	6,3	5,94	9,5	13,37	9,5	13,37	11,4	19,41	ТК8-ТК9	140*12,7	9,5	8,03	9,5	8,03	11,4	11,73
ТК9-№16	89*3	1,8	1,97	2,4	3,49	3,2	6,21	4,8	13,98	4,8	13,98	5,7	20,29	ТК9-№16	110*10	4,8	8,18	4,8	8,18	5,7	11,94
На скільки % відрізняються		0%	0%	25	44	44	68	63	86	63	87	69	90	На скільки % менші від сталевих		42		47		41	
Відгалуження 1														Відгалуження 1							
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)	
ТК1-ТК13	133*4	8,91	0,29	10,07	0,37	13,42	0,66	20,13	1,47	23,76	2,05	24,16	2,12	ТК1-ТК13	180*16,4	20,1	0,24	23,8	0,33	24,2	0,34
ТК13-ТК14	133*4	6,27	0,53	6,54	0,63	8,72	1,13	13,09	2,53	16,72	3,78	15,70	3,65	ТК13-ТК14	160*14,7	13,1	0,56	16,7	0,85	15,7	0,80
ТК14-№3	89*3	3,14	0,89	4,18	1,28	5,57	2,27	8,36	5,11	8,36	6,36	10,03	7,36	ТК14-№3	140*12,7	8,4	0,73	8,4	1,03	10,0	1,05
На скільки % відрізняються		0%	0%	25	30	44	61	63	83	63	86	69	88	На скільки % менші від сталевих		86		84		86	
Відгалуження 2														Відгалуження 2							
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)	
ТК2-ТК11	159*5	9,41	0,26	12,50	0,47	16,73	0,84	25,09	1,88	25,09	1,88	30,11	2,71	ТК2-ТК11	225*20,5	25,1	0,24	25,1	0,24	30,1	0,35
ТК11-ТК12	133*4	5,20	0,38	6,89	0,67	9,24	1,20	13,87	2,71	13,87	2,71	16,64	3,90	ТК11-ТК12	180*16,4	13,9	0,38	13,9	0,38	16,6	0,54
ТК12-ТК15	89*3	3,29	1,02	4,34	1,79	5,84	3,23	8,76	7,27	8,76	7,27	10,51	10,47	ТК12-ТК15	140*12,7	8,8	0,61	8,8	0,61	10,5	0,88
ТК15-№17	45*2,5	0,37	1,10	0,45	1,74	0,65	3,48	0,98	7,83	0,98	7,83	1,17	11,27	ТК15-№17	40*3,7	1,0	2,05	1,0	2,05	1,2	2,95
На скільки % відрізняються		0%	0%	18	37	44	68	63	86	63	86	69	90	На скільки % менші від сталевих		74		74		74	
Відгалуження 3														Відгалуження 3							
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)	
ТК-6-ТК10	108*3,5	5,31	0,70	7,08	1,25	9,44	2,22	14,16	5,00	14,16	5,00	16,99	7,19	ТК-6-ТК10	160*14,7	14,16	0,48	14,16	0,48	16,99	0,70
ТК10-№13	76*3,5	2,15	1,21	2,87	2,15	3,82	3,81	5,73	8,58	5,73	8,58	6,88	12,36	ТК10-№13	125*11,4	5,73	0,65	5,73	0,65	6,88	0,93
На скільки % відрізняються		0%	0%	25	44	44	68	63	86	63	86	69	90	На скільки % менші від сталевих		92		92		92	

Отже, можна підвести підсумок, що при навантаженні теплової мережі без гарячого водопостачання при всіх температурних графіках магістралі розрахункова витрата більша, ніж при графіку 150-70, а саме при графіку 130-70 більша на 25%, при 115-70 - на 44%, при 95-65 - на 63%, при 80-50 - на 63%, при 65-40 - на 69%, те ж саме стосується сумарної втрати напору, а саме при графіку 130-70 більша на 44%, ніж при графіку 150-70, при 115-70 - на 68%, при 95-65 - на 86%, при графіку 80-50 - на 87%, при графіку 65-40 на 90%. А також, необхідно зазначити, що сумарні втрати напору при використанні пластикових труб при графіку 95-65 менші на 42%, ніж при використанні повністю сталевих, так само при графіку 80-50 менші на 47% та при 65-40 менші на 41%.

Таблиця 4.40

№ п/п	Діаметр трубопроводу, $D_{тн}^*, мм$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	№ п/п	Діаметр трубопроводу, $D_{тн}^*, мм$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$	Розрахункова витрата теплоносія, $G, кг/с$	Сумар. втрати напору, $М$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
магістраль														магістраль										
150-70				130-70			115-70			95-65(сталь)			80-50(сталь)		65-40(сталь)		95-65(пластик)				80-50(пластик)		65-40(пластик)	
Котельня-ТК1	273*5	45,4	0,03	60,6	0,05	80,7	0,09	121,1	0,21	121,1	0,21	154,4	0,34	Котельня-ТК1	273*5	121,1	0,21	121,1	0,21	154,4	0,34			
ТК1-ТК2	273*5	37,6	0,08	50,1	0,15	66,8	0,26	100,1	0,59	100,1	0,59	129,3	0,98	ТК1-ТК2	273*5	100,1	0,59	100,1	0,59	129,3	0,98			
ТК2-ТК3	219*5	27,0	0,26	36,0	0,47	48,0	0,84	72,0	1,88	72,0	1,88	86,4	2,83	ТК2-ТК3	219*5	72,0	1,88	72,0	1,88	86,4	2,83			
ТК3-ТК4	219*5	24,1	0,49	32,1	0,87	42,8	1,54	64,2	3,46	64,2	3,46	77,0	5,12	ТК3-ТК4	219*5	64,2	3,46	64,2	3,46	77,0	5,12			
ТК4-ТК5	219*5	21,3	0,57	28,4	1,01	37,8	1,80	56,7	4,06	56,7	4,06	68,1	5,97	ТК4-ТК5	219*5	56,7	4,06	56,7	4,06	68,1	5,97			
ТК5-ТК6	219*5	18,5	0,70	24,6	1,25	32,9	2,22	49,3	5,00	49,3	5,00	59,1	7,32	ТК5-ТК6	219*5	49,3	5,00	49,3	5,00	59,1	7,32			
ТК6-ТК7	219*5	11,0	0,79	14,7	1,40	19,6	2,49	29,4	5,60	29,4	5,60	35,2	8,20	ТК6-ТК7	225*20,5	29,4	5,47	29,4	5,47	35,2	8,00			
ТК7-ТК8	159*5	8,3	1,07	11,1	1,91	14,8	3,39	22,2	7,63	22,2	7,63	26,6	11,11	ТК7-ТК8	225*20,5	22,2	5,73	22,2	5,73	26,6	8,38			
ТК8-ТК9	108*3,5	3,1	1,46	4,2	2,60	5,6	4,63	8,4	10,41	8,4	10,41	10,0	15,12	ТК8-ТК9	140*12,7	8,4	6,26	8,4	6,26	10,0	9,15			
ТК9-№16	89*3	1,6	1,53	2,1	2,72	2,8	4,84	4,2	10,89	4,2	11,97	5,0	15,81	ТК9-№16	110*10	4,2	6,38	4,2	6,38	5,0	9,31			
На скільки % відрізняються		0%	0%	25	44	44	68	63	86	63	87	69	90	На скільки % менші від сталевих				41	47	41				
Відгалуження 1														Відгалуження 1										
150-70				130-70			115-70			95-65(сталь)			80-50(сталь)		65-40(сталь)		95-65(пластик)				80-50(пластик)		65-40(пластик)	
ТК1-ТК13	133*4	7,9	0,22	8,9	0,29	11,8	0,51	17,8	1,15	21,0	1,60	21,3	1,65	ТК1-ТК13	180*16,4	17,8	0,19	21,0	0,26	21,3	0,27			
ТК13-ТК14	133*4	5,5	0,41	5,8	0,49	7,7	0,88	11,5	1,97	14,7	2,94	13,9	2,84	ТК13-ТК14	160*14,7	11,5	0,43	14,7	0,66	13,9	0,62			
ТК14-№3	89*3	2,8	0,70	3,7	0,99	4,9	1,77	7,4	3,98	7,4	4,95	8,8	5,73	ТК14-№3	140*12,7	7,4	0,57	7,4	0,80	8,8	0,82			
На скільки % відрізняються		0%	0%	25	30	44	61	63	83	63	86	69	88	На скільки % менші від сталевих				86	84	86				
Відгалуження 2														Відгалуження 2										
150-70				130-70			115-70			95-65(сталь)			80-50(сталь)		65-40(сталь)		95-65(пластик)				80-50(пластик)		65-40(пластик)	
ТК2-ТК11	159*5	8,3	0,21	11,1	0,37	14,8	0,66	22,2	1,48	22,2	1,48	26,7	2,13	ТК2-ТК11	225*20,5	22,2	0,19	22,2	0,19	26,7	0,28			
ТК11-ТК12	133*4	4,6	0,30	6,2	0,53	8,2	0,95	12,3	2,13	12,3	2,13	14,8	3,07	ТК11-ТК12	180*16,4	12,3	0,30	12,3	0,30	14,8	0,43			
ТК12-ТК15	89*3	2,9	0,82	3,9	1,45	5,2	2,58	7,8	5,80	7,8	5,80	9,4	8,35	ТК12-ТК15	140*12,7	7,8	0,48	7,8	0,48	9,4	0,70			
ТК15-№17	45*2,5	0,4	1,02	0,5	1,81	0,7	3,22	1,0	7,26	1,0	7,26	1,2	10,45	ТК15-№17	40*3,7	1,0	1,97	1,0	1,97	1,2	2,84			
На скільки % відрізняються		0%	0%	25	44	44	68	63	86	63	86	69	90	На скільки % менші від сталевих				73	73	73				
Відгалуження 3														Відгалуження 3										
150-70				130-70			115-70			95-65(сталь)			80-50(сталь)		65-40(сталь)		95-65(пластик)				80-50(пластик)		65-40(пластик)	
ТК-6-ТК10	108*3,5	4,68	0,55	6,2	0,97	8,32	1,73	12,49	3,89	12,49	3,89	14,98	5,60	ТК-6-ТК10	160*14,7	12,5	0,38	12,5	0,38	15,0	0,54			
ТК10-№13	76*3,5	1,90	0,94	2,5	1,67	3,37	2,97	5,06	6,68	5,06	6,68	6,07	9,61	ТК10-№13	125*11,4	5,1	0,50	5,1	0,50	6,1	0,73			
На скільки % відрізняються		0%	0%	25	44	44	68	63	86	63	86	69	90	На скільки % менші від сталевих				92	92	92				

Отже, можна підвести підсумок, що при навантаженні теплової мережі без гарячого водопостачання та при частковому утепленні будинків при всіх температурних графіках магістралі розрахункова витрата більша, ніж при графіку 150-70, а саме при графіку 130-70 більша на 25%, при 115-70 - на 44%, при 95-65 - на 63%, при 80-50 - на 63%, при 65-40 - на 69%, те ж саме стосується сумарної втрати напору, а саме при графіку 130-70 більша на 44%, ніж при графіку 150-70, при 115-70 - на 68%, при 95-65 - на 86%, при графіку 80-50 - на 87%, при графіку 65-40 на 90%. А також, необхідно зазначити, що сумарні втрати напору при використанні пластикових труб при графіку 95-65 менші на 41%, ніж при використанні повністю сталевих, так само при графіку 80-50 менші на 47% та при 65-40 менші на 41%.

Таблиця 4.41

Зведена таблиця гідравлічних розрахунків в опалювальний період для теплової мережі теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків (сталеві трубопроводи)														Зведена таблиця гідравлічних розрахунків в опалювальний період для теплової мережі теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків (пастикові трубопроводи)									
№ п/п	Діаметр трубопроводу, D_{tr} , мм	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Сумар. втрати напору, M	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Сумар. втрати напору, M	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Сумар. втрати напору, M	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Сумар. втрати напору, M	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Сумар. втрати напору, M	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Сумар. втрати напору, M	№ п/п	Діаметр трубопроводу, D_{tr} , мм	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Сумар. втрати напору, M	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Сумар. втрати напору, M	Розрахункова витрата теплоносія, G , кг/с	Сумар. втрати напору, M		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
магістраль														магістраль									
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)			
Котельня-ТК1	273*5	34,3	0,02	45,7	0,03	60,9	0,05	91,4	0,12	91,4	0,12	91,4	0,12	Котельня-ТК1	273*5	91,4	0,12	91,4	0,12	91,4	0,12	116,5	0,19
ТК1-ТК2	273*5	28,4	0,05	37,8	0,08	50,5	0,15	75,7	0,34	75,7	0,34	97,6	0,56	ТК1-ТК2	273*5	75,7	0,34	75,7	0,34	97,6	0,56	97,6	0,56
ТК2-ТК3	219*5	20,5	0,15	27,3	0,27	36,4	0,48	54,6	1,08	54,6	1,08	65,6	1,63	ТК2-ТК3	219*5	54,6	1,08	54,6	1,08	65,6	1,63	65,6	1,63
ТК3-ТК4	219*5	18,0	0,28	24,0	0,49	32,0	0,87	48,0	1,97	48,0	1,97	57,6	2,90	ТК3-ТК4	219*5	48,0	1,97	48,0	1,97	57,6	2,90	57,6	2,90
ТК4-ТК5	219*5	15,9	0,32	21,2	0,57	28,3	1,02	42,4	2,30	42,4	2,30	50,9	3,38	ТК4-ТК5	219*5	42,4	2,10	42,4	2,30	50,9	3,38	50,9	3,38
ТК5-ТК6	219*5	13,8	0,40	18,4	0,71	24,6	1,26	36,9	2,83	36,9	2,83	44,3	4,14	ТК5-ТК6	219*5	36,9	2,31	36,9	2,83	44,3	4,14	44,3	4,14
ТК6-ТК7	219*5	8,2	0,45	11,0	0,79	14,7	1,41	22,0	3,16	22,0	3,16	26,4	4,63	ТК6-ТК7	225*20,5	22,0	2,57	22,0	3,09	26,4	4,52	26,4	4,52
ТК7-ТК8	159*5	6,2	0,60	8,3	1,07	11,1	1,91	16,6	4,30	16,6	4,30	19,9	6,26	ТК7-ТК8	225*20,5	16,6	2,72	16,6	3,23	19,9	4,73	19,9	4,73
ТК8-ТК9	108*3,5	2,3	0,82	3,1	1,46	4,2	2,60	6,3	5,86	6,3	5,86	7,5	8,51	ТК8-ТК9	140*12,7	6,3	3,02	6,3	3,53	7,5	5,16	7,5	5,16
ТК9-№16	89*3	1,2	0,86	1,6	1,53	2,1	2,72	3,1	6,13	3,1	6,73	3,8	8,89	ТК9-№16	110*10	3,1	3,08	3,1	3,60	3,8	5,25	3,8	5,25
На скільки % відрізняються		0%	0%	25	44	44	68	63	86	63	87	69	90	На скільки % менші від сталевих		50		47		41			

Відгалуження 1														Відгалуження 1									
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)			
ТК1-ТК13	133*4	5,9	0,13	6,6	0,16	8,9	0,29	13,3	0,64	15,7	0,90	15,9	0,92	ТК1-ТК13	180*16,4	13,3	0,1	15,7	0,15	15,9	0,15	15,9	0,15
ТК13-ТК14	133*4	4,1	0,23	4,3	0,28	5,8	0,49	8,6	1,10	11,0	1,65	10,4	1,59	ТК13-ТК14	160*14,7	8,6	0,2	11,0	0,37	10,4	0,35	10,4	0,35
ТК14-№3	89*3	2,1	0,39	2,8	0,56	3,7	0,99	5,5	2,23	5,5	2,77	6,6	3,21	ТК14-№3	140*12,7	5,5	0,3	5,5	0,45	6,6	0,46	6,6	0,46
На скільки % відрізняються		0%	0%	25	30	44	61	63	83	63	86	69	88	На скільки % менші від сталевих		86		84		86			

Відгалуження 2														Відгалуження 2									
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)			
ТК2-ТК11	159*5	6,3	0,12	8,4	0,21	11,3	0,38	16,9	0,85	16,9	0,85	20,3	1,23	ТК2-ТК11	225*20,5	16,9	0,1	16,9	0,1	20,3	0,2	20,3	0,2
ТК11-ТК12	133*4	3,6	0,17	4,7	0,31	6,3	0,55	9,5	1,24	9,5	1,24	11,4	1,78	ТК11-ТК12	180*16,4	9,5	0,2	9,5	0,2	11,4	0,2	11,4	0,2
ТК12-ТК15	89*3	2,3	0,49	3,1	0,87	4,1	1,55	6,1	3,48	6,1	3,48	7,3	5,01	ТК12-ТК15	140*12,7	6,1	0,3	6,1	0,3	7,3	0,4	7,3	0,4
ТК15-№17	45*2,5	0,4	0,89	0,5	1,59	0,7	2,83	1,0	6,36	1,0	6,36	1,2	9,16	ТК15-№17	40*3,7	1,0	1,8	1,0	1,8	1,2	2,7	1,2	2,7
На скільки % відрізняються		0%	0%	25	44	44	68	63	86	63	86	69	90	На скільки % менші від сталевих		71		71		71			

Відгалуження 3														Відгалуження 3									
		150-70		130-70		115-70		95-65(сталь)		80-50(сталь)		65-40(сталь)				95-65(пластик)		80-50(пластик)		65-40(пластик)			
ТК-6-ТК10	108*3,5	3,50	0,31	4,67	0,54	6,23	0,97	9,34	2,18	9,34	2,18	11,21	3,13	ТК-6-ТК10	160*14,7	9,34	0,38	9,34	0,21	11,21	0,30	11,21	0,30
ТК10-№13	76*3,5	1,42	0,53	1,89	0,93	2,52	1,66	3,78	3,74	3,78	3,74	4,54	5,38	ТК10-№13	125*11,4	3,78	0,50	3,78	0,28	4,54	0,41	4,54	0,41
На скільки % відрізняються		0%	0%	25	44	44	68	63	86	63	86	69	90	На скільки % менші від сталевих		87		92		92			

Отже, можна підвести підсумок, що при навантаженні теплової мережі без гарячого водопостачання при всіх температурних графіках магістралі розрахункова витрата більша, ніж при графіку 150-70, а саме при графіку 130-70 більша на 25%, при 115-70 - на 44%, при 95-65 - на 63%, при 80-50 - на 63%, при 65-40 - на 69%, те ж саме стосується сумарної втрати напору, а саме при графіку 130-70 більша на 44%, ніж при графіку 150-70, при 115-70 - на 68%, при 95-65 - на 86%, при графіку 80-50 - на 87%, при графіку 65-40 на 90%. А також, необхідно зазначити, що сумарні втрати напору при використанні пластикових труб при графіку 95-65 менші на 50%, ніж при використанні повністю сталевих, так само при графіку 80-50 менші на 47% та при 65-40 менші на 41%.

Отже, за даними таблиць 4.1-4.41 можна побачити закономірність, що при теплових навантаженнях без гарячого водопостачання, частковим утепленням споруд без ГВ, повним утепленням будинків без ГВ, відсоткове співвідношення між розрахунковими витратами та втратами напору при різних температурних графіках однакове, а саме при графіку 130-70 °С розрахункова витрата теплоносія більша, ніж при графіку 150-70 °С на 25%, при 115-70 °С - на 44%, при 95-65 °С - на 63%, при 80-50 °С - на 63%, при 65-40 °С - на 69%, те ж саме стосується сумарної втрати напору, а саме при графіку 130-70 °С більша на 44%, ніж при графіку 150-70 °С, при 115-70 °С - на 68%, при 95-65 °С - на 86%, при графіку 80-50 °С - на 87%, при графіку 65-40 °С на 90%. А також, необхідно зазначити, що сумарні втрати напору при використанні пластикових труб при графіку 95-65 °С менші на 42%, ніж при використанні повністю сталевих, так само при графіку 80-50 °С менші на 47% та при 65-40 °С менші на 41%.

Також, розглянемо відмінності між різними тепловими навантаженнями. Можна побачити, що при повному тепловому навантаженні зберігаються найбільші значення сумарних втрат напору.

При графіку 150-70 °С сумарні втрати напору більші при повному навантаженні системи теплопостачання на 46% від навантаження без ГВ, на 58% від навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків, на 76% від навантаження без ГВ та з повним утепленням споруд.

При графіку 130-70 °С сумарні втрати напору більші при повному навантаженні системи теплопостачання на 38% від навантаження без ГВ, на 52% від навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків, на 73% від навантаження без ГВ та з повним утепленням споруд.

При графіку 115-70 °С сумарні втрати напору більші при повному навантаженні системи теплопостачання на 31% від навантаження без ГВ, на 46% від навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків, на 70% від навантаження без ГВ та з повним утепленням споруд.

При графіках 95-65 °С, 80-50 °С при сталевих та поліетиленових трубопроводах сумарні втрати напору більші при повному навантаженні системи теплопо-

стачання на 22% від навантаження без ГВ, на 40% від навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків, на 66% від навантаження без ГВ та з повним утепленням споруд.

При графіку 65-40 °С при сталевих та поліетиленових трубопроводах сумарні втрати напору більші при повному навантаженні системи тепlopостачання на 19% від навантаження без ГВ, на 37% від навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків, на 65% від навантаження без ГВ та з повним утепленням споруд.

5. Підбір живильних та мережних насосів

						Арк.
						79
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5.1 Підбір насосів

Продуктивність насосів визначають наступним чином:

- Для мережних та підкачувальних насосів, які працюють на подаючому трубопроводі в закритих системах теплопостачання під час опалювального періоду, розрахунок здійснюється на основі сумарної розрахункової витрати води [5]:

$$G_d = G_{o\max} + G_{v\max} + k_3 G_{hm} \quad (5.1)$$

Напір мережних насосів визначають за п'єзометричними графіками для кожних теплових навантажень та температурних режимів. Марку та потужність насосів заносимо у таблиці 5.1-5.4.

Приймаємо, що влітку гаряче водопостачання забезпечуватиметься бойлерами.

У літній період, коли тепла мережа зазвичай не використовується для обігріву, проводять низку заходів для підтримання її у справному стані та підготовки до наступного опалювального сезону. Одним із ключових процесів є гідравлічне промивання, яке виконується щорічно для видалення осаду, шламу, іржі та інших забруднень, що накопичуються у трубах під час експлуатації. Після промивання здійснюють гідравлічні випробування (опресовку), під час яких перевіряють трубопроводи і обладнання на герметичність і міцність підвищеним тиском, щоб виявити можливі витоки або дефекти. У разі необхідності проводять хімічне очищення, під час якого використовують спеціальні розчини для розчинення та видалення накипу, корозії та інших відкладень.

Також у літній період проводиться технічне обслуговування, яке включає перевірку та ремонт клапанів, насосів, фільтрів, теплообмінників та іншого обладнання, заміну зношених ділянок трубопроводів і відновлення теплоізоляції. Контролюється якість води в тепломережі, зокрема її хімічний склад, щоб уникнути корозії та утворення накипу. У разі необхідності здійснюється коригування складу води або заміна теплоносія. Якщо тепломережу виключено на тривалий період, проводять її консервацію: осушують трубопроводи або заповнюють їх спеціаль-

ним розчином, який запобігає корозії, а також герметично закривають всі ділянки системи.

Профілактичні роботи передбачають огляд мережі для виявлення потенційних проблем, таких як тріщини, деформації або корозія, а також виконання необхідного ремонту. У літній період усувають аварійні ділянки, які виявили під час попереднього опалювального сезону. Крім того, проводиться тестування обладнання: перед початком опалювального сезону виконуються пробні пуски насосів, клапанів і систем автоматизації, щоб переконатися в готовності тепломережі до роботи. Усі ці заходи забезпечують довговічність теплової мережі, її ефективну роботу та мінімізують аварійні ситуації у зимовий період.

При повному навантаженні теплової мережі

Для температури теплоносія 150 – 70 (сталеві трубопроводи)

1. Мережні насоси:

$$G_M=251,6 \text{ м}^3/\text{год} = 69,9 \text{ кг/с}$$

$$H_M=42,28 \text{ м}$$

Підбираємо два мережних насоса :

Wilо-Atmos Giga-D 80/160-18,5/2 (для опалювального сезону).

2. Живильні насоси:

$$G_{\text{ж}}=9,89 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$H_{\text{ж}}=20 \text{ м}$$

Приймаємо до установки два однакові насоси Wilо-CronoLine-IL 32/160-2,2/2, один з них буде резервний.

Для температури теплоносія 95-65 (сталеві трубопроводи)

1. Мережні насоси:

$$G_M=251,6 \text{ м}^3/\text{год} = 69,9 \text{ кг/с}$$

$$H_M=42,28 \text{ м}$$

Підбираємо два мережних насоса :

Wilо-Atmos Giga-D 80/160-18,5/2 (для опалювального сезону).

2. Живильні насоси:

$$G_{\text{ж}}=9,89 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$H_{\text{ж}}=20 \text{ м}$$

Приймаємо до установки два однакові насоси Wilо-CronoLine-IL 32/160-2,2/2, один з них буде резервний.

Для температури теплоносія 95-65 (пластикові трубопроводи)

1. Мережні насоси:

$$G_M=661 \text{ м}^3/\text{год} = 183,6 \text{ кг/с}$$

$$H_M=64,53 \text{ м}$$

Підбираємо два мережних насоса :

Wilо-Аtmos Giga-N 150/250-90/2 (для опалювального сезону).

2. Живильні насоси:

$$G_{\text{ж}}=9,89 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$H_{\text{ж}}=20 \text{ м}$$

Для температури теплоносія 65-40 (сталеві трубопроводи)

1. Мережні насоси:

$$G_M=661 \text{ м}^3/\text{год} = 183,6 \text{ кг/с}$$

$$H_M=85,35 \text{ м}$$

Підбираємо два мережних насоса :

Wilо-Аtmos Giga-N 150/250-90/2 (для опалювального сезону).

2. Живильні насоси:

$$G_{\text{ж}}=9,89 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$H_{\text{ж}}=20 \text{ м}$$

Приймаємо до установки два однакові насоси Wilо-CronoLine-IL 32/160-2,2/2, один з них буде резервний.

Для температури теплоносія 65-40 (пластикові трубопроводи)

1. Мережні насоси:

$$G_M=661 \text{ м}^3/\text{год} = 183,6 \text{ кг/с}$$

$$H_M=64,53 \text{ м}$$

Підбираємо два мережних насоса :

Wilо-Аtmos Giga-N 150/250-90/2 (для опалювального сезону).

2. Живильні насоси:

$$G_{\text{ж}}=9,89 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$H_{\text{ж}}=20 \text{ м}$$

Приймаємо до установки два однакові насоси Wilо-CronoLine-IL 32/160-2,2/2, один з них буде резервний.

Так само підбираємо для різних навантажень та температур та заносимо в таблиці 5.1-5.4.

Таблиця 5.1

Температурні режими	Повне теплове навантаження								
	Живильний насос				Мережний насос				
	G м3/год	H, м	Марка	N, кВт	G м3/год	G кг/с	H, м	Марка	N, кВт
150-70(сталь)	9,897	20	Wilo- CronoLine- IL 32/160	2,2	250,17	69,49	42,28	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5
130-70(сталь)					311,78	86,60	46,29	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30
115-70(сталь)					393,92	109,42	52,99	Wilo-Atmos Giga-N 125/200-2	45
95-65(сталь)					558,19	155,05	71,04	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75
95-65(пластик)					558,19	155,05	56,09	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90
80-50 (сталь)					558,19	155,05	74,61	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75
80-50 (пластик)					558,19	155,05	56,09	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90
65-40 (сталь)					693,88	192,75	85,21	Wilo-CronoNorm-NLG 300	75
65-40 (пластик)					693,88	192,75	64,53	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90

Таблиця 5.2

Температурні режими	Теплове навантаження без ГВ								
	Живильний насос				Мережний насос				
	G м3/год	H, м	Марка	N, кВт	G м3/год	G кг/с	H, м	Марка	N, кВт
150-70(сталь)	8,97	20	Wilo- CronoLine- IL 32/160	2,2	184,81	51,34	38,93	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5
130-70(сталь)					246,42	68,45	41,99	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5
115-70(сталь)					328,56	91,27	47,43	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30
95-65(сталь)					492,83	136,90	62,96	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75
95-65(пластик)					492,83	136,90	51,35	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90
80-50 (сталь)					492,83	136,90	65,74	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75
80-50 (пластик)					492,83	136,90	51,35	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90
65-40 (сталь)					628,53	174,59	75,58	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90
65-40 (пластик)					628,53	174,59	58,87	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90

Таблиця 5.3

Температурні режими	Теплове навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків								
	Живильний насос				Мережний насос				
	G м3/год	H, м	Марка	N, кВт	G м3/год	G кг/с	H, м	Марка	N, кВт
150-70(сталь)	7,596	20	Wilo-CronoLine-IL 32/160	2,2	163,49	45,41	38,06	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5
130-70(сталь)					217,98	60,55	40,45	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5
115-70(сталь)					290,64	80,73	44,68	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30
95-65(сталь)					435,96	121,10	56,78	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75
95-65(пластик)					435,96	121,10	47,75	Wilo-Atmos Giga-N 125/200-2	45
80-50 (сталь)					435,96	121,10	78,95	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75
80-50 (пластик)					435,96	121,10	47,75	Wilo-Atmos Giga-N 125/200-2	45
65-40 (сталь)					555,90	154,42	66,62	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75
65-40 (пластик)					555,90	154,42	53,62	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90

Таблиця 5.4

Температурні режими	Теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків								
	Живильний насос				Мережний насос				
	G м3/год	H, м	Марка	N, кВт	G м3/год	G кг/с	H, м	Марка	N, кВт
150-70(сталь)	5,75	20	Wilo- CronoLine- IL 32/160	2,2	123,36	34,27	31,72	Wilo-Atmos Giga-N 65/160-2	7,5
130-70(сталь)					164,48	45,69	38,06	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5
115-70(сталь)					219,31	60,92	40,44	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5
95-65(сталь)					328,97	91,38	47,25	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30
95-65(пластик)					328,97	91,38	41,16	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30
80-50 (сталь)					328,97	91,38	48,46	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30
80-50 (пластик)					328,97	91,38	42,20	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30
65-40 (сталь)					419,26	116,46	52,78	Wilo-Atmos Giga-N 125/200-2	45
65-40 (пластик)					419,26	116,46	45,50	Wilo-Atmos Giga-N 125/200-2	45

6. Техніко-економічний аналіз

						Арк.
						87
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.1 Розрахунок витрати електроенергії

Кабінет Міністрів України постановою №632 від 31.05.2024 встановив для всіх жителів України єдину фіксовану ціну на електроенергію - 4,32 грн/кВт·год незалежно від обсягу споживання[15].

Таблиця 6.1

Температурні режими	Повне теплове навантаження					
	Мережний насос					
	Вартість електроенергії грн/кВт·год	Тривал. опал. періоду, год.	Марка	N, кВт	Кінцева вартість, грн	Відсоткове співвідношення, %
150-70(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5	337582,08	0
130-70(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30	547430,40	38
115-70(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 125/200-2	45	821145,60	59
95-65(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75	1368576	75
95-65(пластик)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90	1642291,2	79
80-50 (сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75	1368576	75
80-50 (пластик)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90	1642291,2	79
65-40 (сталь)	4,32	4224	Wilo-CronoNorm-NLG 300	75	1368576	75
65-40 (пластик)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90	1642291,2	79

Таблиця 6.2

Температурні режими	Теплове навантаження без ГВ					
	Мережний насос					
	Вартість електроенергії грн/кВт·год	Тривал. опал. періоду, год.	Марка	N, кВт	Кінцева вартість, грн	Відсоткове співвіднош ення, %
150-70(сталь)	4,32	4224	Wilо-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5	337582,08	0
130-70(сталь)	4,32	4224	Wilо-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5	337582,08	0
115-70(сталь)	4,32	4224	Wilо-Atmos Giga-N 100/200-2	30	547430,4	38
95-65(сталь)	4,32	4224	Wilо-Atmos Giga-N 125/250-2	75	1368576	75
95-65(пластик)	4,32	4224	Wilо-Atmos Giga-N 150/250-2	90	1642291,2	79
80-50 (сталь)	4,32	4224	Wilо-Atmos Giga-N 125/250-2	75	1368576	75
80-50 (пластик)	4,32	4224	Wilо-Atmos Giga-N 150/250-2	90	1642291,2	79
65-40 (сталь)	4,32	4224	Wilо-Atmos Giga-N 150/250-2	90	1642291,2	79
65-40 (пластик)	4,32	4224	Wilо-Atmos Giga-N 150/250-2	90	1642291,2	79

Таблиця 6.3

Температурні режими	Теплове навантаження без ГВ та з частковим утепленням будинків					
	Мережний насос					
	Вартість електроенергії грн/кВт·год	Тривал. опал. періоду, год.	Марка	N, кВт	Кінцева вартість, грн	Відсоткове співвідношення, %
150-70(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5	337582,08	0
130-70(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5	337582,08	0
115-70(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30	547430,4	38
95-65(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75	1368576	75
95-65(пластик)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 125/200-2	45	821145,6	59
80-50 (сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75	1368576	75
80-50 (пластик)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 125/200-2	45	821145,6	59
65-40 (сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 125/250-2	75	1368576	75
65-40 (пластик)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 150/250-2	90	1642291,2	79

Таблиця 6.4

Температурні режими	Теплове навантаження без ГВ та з повним утепленням будинків					
	Мережний насос					
	Вартість електроенергії грн/кВт·год	Тривал. опал. періоду, год.	Марка	N, кВт	Кінцева вартість, грн	Відсоткове співвідношення, %
150-70(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 65/160-2	7,5	136857,6	0
130-70(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5	337582,08	59
115-70(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 80/200-2	18,5	337582,08	59
95-65(сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30	547430,4	75
95-65(пластик)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30	547430,4	75
80-50 (сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30	547430,4	75
80-50 (пластик)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 100/200-2	30	547430,4	75
65-40 (сталь)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 125/200-2	45	821145,6	83
65-40 (пластик)	4,32	4224	Wilo-Atmos Giga-N 125/200-2	45	821145,6	83

6.2 Розрахунок витрати теплової енергії за тарифами протягом дії воєнного стану

Протягом дії військового стану в Україні та 6 місяців після місяця, в якому його буде припинено, тепла енергія повинна сплачуватися за старим тарифом — **1654,41 грн. за 1 Гкал [13].**

Таблиця розрахунку вартості теплової енергії за старим тарифом

Таблиця 6.5

Теплове навантаження	Тепловий потік, Гкал	К-сть опалювальних годин	Вартість теплоенергії за рік, млрд. грн	Відсоткове співвідношення, %
Повне	17191,8	4224	120	0
Без ГВ	14575,5	4224	102	15
Без ГВ та з частковим утепленням будинків	13194,4	4224	92	23
Без ГВ та з повним утепленням будинків	9982,1	4224	69	42

6.3 Розрахунок витрати теплової енергії за тарифами в позавоєнний час

Теплова енергія **без урахування** витрат на утримання та ремонт центральних теплових пунктів, **з урахуванням** витрат на утримання та ремонт індивідуальних теплових пунктів, **з урахуванням** витрат на оснащення будівель вузлами комерційного обліку становитиме **2716,56 грн. за 1 Гкал [13].**

Таблиця розрахунку вартості теплової енергії за позавоєнним тарифом

Таблиця 6.6

Теплове навантаження	Тепловий потік, Гкал	К-сть опалювальних годин	Вартість теплоенергії за рік, млрд. грн	Відсоткове співвідношення, %
Повне	17191,8	4224	197	0
Без ГВ	14575,5	4224	167	15
Без ГВ та з частковим утепленням будинків	13194,4	4224	157	23
Без ГВ та з повним утепленням будинків	9982,1	4224	115	42

Висновок :

При розгляді всіх таблиць з порівнянням вартості електроенергії, яку споживає мережний насос, можна зазначити, що при зменшенні температурного графіку від 150-70°C до 65-40°C потужність насосу збільшуватиметься на 79%. Водночас при тепловому навантаженні без гарячого водопостачання та з повним утепленням будинків потужність насосу та вартість спожитої електроенергії менші в 2 рази від повного теплового навантаження.

Також розглянуто зміну сумарної вартості електроенергії залежно від кількості теплового навантаження. Спостерігаємо зниження загальної вартості теплоенергії при тепловому навантаженні без гарячого водопостачання на 15% від повного, при навантаженні без ГВ та з частковим утепленням будинків на 23%, при навантаженні без ГВ та з повним утепленням будинків на 42%.

Висновки

						Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки :

У ході роботи виконано гідравлічні розрахунки для температурних графіків 150-70°C, 130-70°C, 115-70°C, 95-65°C, 80-50°C, 65-40°C з урахуванням різних теплових навантажень: повного, без гарячого водопостачання (ГВ), часткового утеплення будівель (11,5%) і повного утеплення (34%). Також оцінено ефективність використання поліетиленових труб у порівнянні зі сталевими.

Перехід на знижені температурні графіки дозволяє суттєво зменшити втрати тепла у системах теплопостачання, однак призводить до збільшення витрат теплоносія та витрат напору. Наприклад, при переході з графіка 150-70°C на 130-70°C витрата теплоносія збільшується на 25%, а втрати напору – на 44%. Для графіків 95-65°C та 65-40°C ці показники зростають на 63% і 69% відповідно, а втрати напору – на 86% і 90%. Це вимагає відповідного підбору насосного обладнання та аналізу економічної доцільності таких змін.

Термосанація будівель, зокрема часткове утеплення (11,5%) та повне утеплення (34%), значно знижує теплове навантаження та втрати напору. Часткове утеплення зменшує втрати тепла в середньому на 20–30%, а повне утеплення – на 50–70%, залежно від температурного графіка. Завдяки цьому спостерігаємо зниження загальної вартості теплоенергії при тепловому навантаженні без гарячого водопостачання на 15% від повного, при навантаженні без ГВ та з частковим утепленням будинків на 23%, при навантаженні без ГВ та з повним утепленням будинків на 42%.

Використання поліетиленових труб у низькотемпературних системах теплопостачання (95-65°C, 80-50°C, 65-40°C) показало високу ефективність у порівнянні зі сталевими трубами. Зниження витрат напору досягає 41–47%, що знижує навантаження на насосне обладнання. Поліетиленові труби також мають переваги щодо корозійної стійкості, тривалого терміну служби та нижчих експлуатаційних витрат.

Проведений техніко-економічний аналіз підтвердив, що впровадження знижених температурних графіків, термосанації будівель та поліетиленових труб забезпечує значну економію енергоресурсів, зменшення витрат на обслуговування

систем тепlopостачання та мінімальний термін окупності. Загальний економічний ефект значно перевищує витрати на модернізацію, а термін окупності проекту є мінімальним.

Список використаної літератури

1. ДСТУ – НБВ.1.1-27:2010. "Будівельна кліматологія", – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. –123с.
2. Централізоване теплопостачання міста. Методичні вказівки до курсового проекту/ Уклад.: Худенко А.А., Швачко Н.А., Лисицький М.Ф., Приймак О.В. – К.: КНУБА, 2003. - 56с
3. ДСТУ Б В.2.5-67:2013 "Системи теплопостачання та теплові мережі". – Київ: Мінрегіонбуд, 2013.
4. ДБН В.2.5-39:2008 "Інженерне обладнання будівель і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі". – Київ: Мінрегіонбуд, 2008. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200381547559519359?doc_type=2.
5. Теплопостачання (частина I "Теплові мережі та споруди")/Єнін П.М., Швачко Н.А. Навчальний посібник. - К.: Кондор, 2007, - 235 с.
6. Методичні вказівки до курсового проекту "Централізоване теплопостачання міста" для студентів спеціальності 8.092108 "Теплогазопостачання і вентиляція" всіх форм навчання. / Укл. П.М.Єнін, А.А. Худенко, Н.А. Швачко– Київ: КНУБА, 2003. – 48 с.
7. Гламаздін П.М., Швачко Н.А. Оптимізація систем централізованого теплопостачання в умовах зниження теплового навантаження // Збірник наукових праць "Теплоенергетика і теплотехніка". – Київ: НТУУ "КПІ", 2022. – С. 58–65.
8. Каталог продукції Wilo: Офіційний сайт компанії Wilo – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wilo.com>.
9. Технічна документація Wilo-Atmos Giga-N: Каталог насосного обладнання. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wilo.com/products> .
10. Про енергозбереження: Закон України від 01.07.1994 №74/94-ВР. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр>.
11. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 30.07.2012 №390 "Про затвердження Методичних рекомендацій з питань енергетичного аудиту будівель".

12. Постанова Кабінету Міністрів України від 06.04.2022 №466 "Про затвердження Національного плану дій з енергоефективності до 2030 року". – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2024-%D1%80#Text>.
13. Про встановлення тарифів на теплову енергію: Постанова Київської міської державної адміністрації від 30.09.2022 р. №673. URL: https://kyivcity.gov.ua/npa/pro_vstanovlennya_tarifiv_na_teplovu_energiyu_virobnitstvo_teplovo_energi_transportuvannya_teplovo_energi_postachannya_teplovo_energi_poslugi_z_postachannya_teplovo_energi_i_postachannya_garyacho_vodi_komunalnomu_pidpriyemstvu_vikonavchogo_organu_kivradi/kmva__673/ (дата звернення 07.06.2023)
14. Постанова Кабінету Міністрів України від 27.12.2017 №409 "Про затвердження Правил надання послуг з постачання теплової енергії". – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/409-2017-п>.
15. Постанова Кабінету Міністрів України від 03.08.2022 №632 "Про затвердження Порядку забезпечення населення послугами з постачання теплової енергії". – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/632-2022-п>.
16. Снігур В.І., Антипов О.М., Левченко І.В. Теплові мережі: теорія і практика. – Київ: Вища школа, 2015.
17. Гідравлічні розрахунки в теплотехніці: посібник / під ред. Іванова В.М. – Харків: Техніка, 2021.
18. Філіпов О.В. Основи теплопостачання: підручник. – Львів: Видавництво НУ "Львівська політехніка", 2020.
19. Щербаков М.В., Гайдамака І.М. "Модернізація теплових мереж: підходи та технології". – Журнал "Теплотехніка України", 2022, №3.
20. Швачко Н.А., Кравець І.В. "Економічний аналіз термосанації житлових будинків" // Енергозбереження в будівництві. – 2020. – №2. – С. 35–41.