

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсової роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ»

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання галузі знань G – Інженерія, виробництво та будівництво зі спеціальності G19 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Цивільна інженерія»)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2026

Методичні рекомендації до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Теплопостачання і теплові мережі» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання галузі знань G – Інженерія, виробництво та будівництво зі спеціальності G19 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Цивільна інженерія») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. В. Гвоздецький, І. О. Редько, Ю. І. Чайка. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. – 90 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. О. В. Гвоздецький,
д-р техн. наук, проф. І. О. Редько,
канд. техн. наук, проф. Ю. І. Чайка

Рецензент

О. М. Міланко, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою теплогазопостачання і вентиляції,
протокол № 4 від 15.09.2025*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 СКЛАД ТА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	5
1.1 Розрахунково-пояснювальна записка	5
1.2 Графічна частина.....	6
2 ВИБІР ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	7
3 ОПИС ГЕНПЛАНУ ЖИТЛОВОГО МІКРОРАЙОНУ	13
4 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ	14
4.1 Теплові навантаження систем опалення і вентиляції.....	14
4.2 Теплові навантаження системи гарячого водопостачання	20
5 КОНСТРУЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ.....	23
6 СУМАРНІ ТЕПЛОВІ НАВАНТАЖЕННЯ ПО БУДІВЛЯХ.....	25
7 ТЕМПЕРАТУРНИЙ ГРАФІК РЕГУЛЮВАННЯ ВІДПУЩЕННЯ ТЕПЛА СПОЖИВАЧАМ.....	28
7.1 Побудова суто опалювального графіка.....	28
7.2 Побудова опалювально-побутового температурного графіка	30
8 ГРАФІКИ ВІДПУЩЕННЯ ТЕПЛА СПОЖИВАЧАМ.....	32
8.1 Графік середнього теплового навантаження залежно від температури зовнішнього повітря.....	32
8.2 Графік середнього теплового навантаження залежно від температури зовнішнього повітря.....	33
9 РОЗРАХУНКОВІ ВИТРАТИ ТЕПЛОНОСІЯ	36
9.1 Визначення розрахункових витрат теплоносія	36
9.2 Побудова графіка витрати теплоносія.....	39
10 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ	41
10.1 Гідравлічний розрахунок водяних теплових мереж.....	41
10.1.1 Підготовчий етап	41
10.1.2 Основний розрахунок.....	42
10.2 Гідравлічний розрахунок мережі гарячого водопостачання	45
11 ВИБІР СПОСОБУ ПРОКЛАДАННЯ МЕРЕЖІ ТА ОПИС ОБРАНИХ ДЛЯ ЦЬОГО БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	47
11.1 Монтажна схема теплових мереж	47
11.2 Вузли та розрізи	51
12 ПОБУДОВА ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ ДІЛЯНОК ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ.....	54
13 ПІДБІР РУХОМИХ ТА НЕРУХОМИХ ОПОР	57

14 КОНСТРУЮВАННЯ ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ЦТП.....	59
14.1 Циркуляційні насоси системи гарячого водопостачання	59
14.2 Підбір приладу обліку теплової енергії	59
14.3 Підбір клапана регулятора теплового потоку	61
14.4 Підбір клапана регулятора перепаду тиску	62
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
ДОДАТОК А	67
ДОДАТОК Б.....	70
ДОДАТОК В	74
ДОДАТОК Г.....	79
ДОДАТОК Д	81
ДОДАТОК Е	86
ДОДАТОК Ж	88

ВСТУП

Виконання курсової роботи дозволить студенту закріпити й узагальнити знання з курсу «Теплопостачання», надасть можливість самостійно вирішувати питання проектування водяних систем теплопостачання і теплових пунктів на підставі теоретичних знань і практичних навичок, отриманих у процесі навчання.

Курсова робота виконується на підставі індивідуального завдання, виданого на кафедрі. У процесі виконання курсової роботи необхідно запроектувати водяну систему теплопостачання, визначити теплові навантаження житлового мікрорайону на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, виконати гідравлічний розрахунок водяних систем теплопостачання і системи гарячого водопостачання, підбір обладнання центрального теплового пункту (ЦТП) тощо.

Мета методичних рекомендацій – надати пояснення щодо складу й змісту курсової роботи, викласти основні вимоги до її оформлення, в узагальненому вигляді подати рекомендації щодо виконання окремих розділів і навести основні довідкові матеріали.

1 СКЛАД ТА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота складається з розрахунково-пояснювальної записки і графічної частини. Приблизний обсяг роботи становить 35 сторінок розрахунково-пояснювальної записки та графічну частину – 2 аркуша формату А1. У процесі виконання курсової роботи потрібно дотримуватися вимог, викладених у [1–8].

1.1 Розрахунково-пояснювальна записка

Розрахунково-пояснювальна записка повинна містити такі розділи:

- 1 Вступ.
- 2 Вихідні дані для проектування.
- 3 Опис генплану міського кварталу.
- 4 Визначення розрахункових теплових навантажень.
 - 4.1 Теплові навантаження систем опалення та вентиляції.
 - 4.2 Теплові навантаження системи гарячого водопостачання.
- 5 Конструювання теплових мереж.
- 6 Сумарні теплові навантаження по будівлях.
- 7 Температурний графік регулювання відпущення тепла споживачам.
- 8 Графік теплового навантаження залежно від температури зовнішнього повітря.
- 9 Розрахункові витрати теплоносія.
 - 9.1 Визначення розрахункових витрат теплоносія.

9.2 Побудова графіків витрат теплоносія.

10 Гідравлічні розрахунки:

10.1 Гідравлічний розрахунок водяних теплових мереж.

10.2 Гідравлічний розрахунок мереж гарячого водопостачання.

11 Вибір способу прокладання мережі та опис вибраних для цього будівельних конструкцій.

12 Побудова поздовжнього профілю ділянок траси.

13 Підбір рухомих та нерухомих опор.

14 Розроблення графічної частини курсової роботи.

15 Конструювання та підбір обладнання ЦТП.

16 Список використаних джерел.

1.2 Графічна частина

Графічну частину виконують на двох аркушах формату А1 згідно з вимогами [4–5]. Креслення повинне мати стандартні рамку з полями й штамп, у якому вказують назву курсової роботи, найменування креслення, масштаб, прізвища виконавця, керівника, завідувача кафедри й дату виконання роботи.

Перше креслення повинне містити: плани будівель житлового мікрорайону в масштабі 1 : 500 або 1 : 1 000 з відображенням теплових мереж, монтажну схему трубопроводів, що, як і інші схеми інженерних систем, виконується без масштабу, два поперечні розрізи на двох несхожих ділянках теплотраси та один із вузлів трубопроводів.

Згідно з [4] поперечні розрізи виконують в масштабах 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50. Вони мають відображати різні конструкції теплової мережі. Вузол трубопроводів можна виконати в масштабі 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50, 1 : 100.

Окрім будівельного плану, монтажною схемою, двох вузлів та розрізів на першому аркуші формату А1 можна також накреслити поздовжній профіль ділянки теплової мережі. У разі відсутності вільного місця на форматі А1 поздовжній профіль виконують на аркуші А4 (А3) та розміщують у пояснювальній записці.

Профілі мереж виконують у таких масштабах: по горизонталі – 1 : 500, 1 : 1 000, по вертикалі – 1 : 50, 1 : 100.

На виконаних в масштабі кресленнях наводять характерні розміри та прив'язки, на схемі подають підписи та позначення, що виключають можливість помилкового з'єднання трубопроводів і обладнання.

Другий аркуш повинен містити план ЦТП та принципову схему ЦТП.

Усі креслення мають бути виконані відповідно до вимог [1–8].

2 ВИБІР ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Усього для виконання курсової роботи передбачено 50 варіантів. Номер варіанта визначає викладач, який проводить практичні заняття. Як правило, варіант обирається за двома останніми цифрами номера залікової книжки. Вихідні дані по варіантах (населений пункт місця забудови, позначки місцевості, параметри температурного графіка тощо) подано в таблицях 2.1–2.3 та на рисунку 2.1.

Таблиця 2.1 – Міста, позначки, температурний графік

Варіант	Місто	Позначки місцевості над рівнем моря, м										$\tau_1 - \tau_2$ °C
		Буд.1	Буд.2	Буд.3	Буд.4	Буд.5	Буд.6	Буд.7	Буд.8	Буд.9	Буд.10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Луганськ	111	112	111	113	114	113	112	111	110	112	150–70
2	Кривий Ріг	105	107	106	104	106	105	103	106	105	107	145–65
3	Запоріжжя	74	77	75	76	78	77	76	75	78	77	150–60
4	Сімферополь	60	61	62	61	60	63	64	63	62	63	135–60
5	Лозова	164	162	163	166	165	164	163	162	163	164	130–60
6	Херсон	45	46	44	43	42	43	44	45	44	43	125–65
7	Миколаїв	52	53	54	55	54	53	52	51	53	51	125–60
8	Хмельницький	287	286	285	286	285	284	285	286	285	284	120–60
9	Кропивницький	164	163	165	164	166	167	165	166	167	165	120–70
10	Суми	159	158	157	159	161	160	158	159	157	160	120–65
11	Полтава	87	86	84	85	86	84	85	86	87	85	115–65
12	Чернігів	113	114	112	111	113	112	113	114	115	113	110–60
13	Дніпро	116	115	117	116	115	114	116	115	117	116	100–60
14	Вінниця	260	262	261	263	262	264	263	262	260	261	95–60
15	Чернівці	324	323	319	322	324	321	323	320	321	322	120–65
16	Ужгород	156	157	158	157	156	155	154	157	156	158	110–60
17	Луцьк	200	203	202	201	204	203	201	202	203	200	115–60
18	Рівне	188	187	189	190	191	190	189	188	187	189	90–55
19	Тернопіль	345	346	347	345	346	344	346	345	347	344	145–70
20	Одеса	56	57	55	54	53	54	55	57	56	54	115–65
21	Ялта	14	13	12	15	13	12	11	13	15	14	110–60
22	Донецьк	247	248	248	249	250	249	251	250	247	249	100–60
23	Івано-Франківськ	275	280	278	280	278	274	276	278	280	278	95–60
24	Херсон	44	46	43	43	39	44	46	43	41	43	120–65

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
25	Миколаїв	55	52	53	51	54	51	50	54	51	50	110–60
26	Львів	312	309	309	308	312	309	309	311	309	310	115–60
27	Чернівці	321	318	319	319	322	323	323	319	322	323	90–55
28	Київ	150	147	148	150	147	148	151	152	153	154	120–70
29	Житомир	218	216	220	217	220	218	216	220	217	220	115–65
30	Черкаси	119	121	119	118	119	121	119	119	124	121	110–60
31	Умань	191	189	189	188	186	188	191	187	186	188	100–60
32	Тернопіль	340	337	338	338	337	341	337	338	338	338	95–60
33	Луцьк	212	210	214	209	208	214	211	210	213	209	120–65
34	Феодосія	69	69	71	67	68	69	69	71	64	69	110–60
35	Суми	160	157	163	164	159	159	161	162	159	159	115–60
36	Чернігів	146	147	148	150	145	146	147	147	148	148	90–55
37	Кропивницький	157	156	155	156	157	158	159	155	156	157	120–70
38	Вінниця	269	266	271	265	266	263	267	265	266	268	115–65
39	Ужгород	157	163	158	160	157	163	158	162	157	159	110–60
40	Житомир	229	230	228	229	229	229	227	230	228	229	100–60
41	Ялта	8	11	10	9	10	8	11	10	9	11	95–60
42	Феодосія	76	75	77	79	75	77	78	79	75	77	120–65
43	Рівне	202	199	197	197	195	202	199	197	198	200	110–60
44	Київ	168	170	167	168	169	170	167	169	170	167	115–60
45	Львів	328	333	334	331	329	329	331	331	329	329	90–55
46	Одеса	15	16	14	11	15	15	16	14	15	13	120–70
47	Харків	174	169	171	165	169	172	171	171	167	169	115–65
48	Донецьк	221	221	220	221	224	221	221	220	225	224	110–60
49	Івано-Франківськ	245	244	249	246	245	247	243	245	247	243	100–60
50	Черкаси	92	87	87	88	89	85	89	92	87	87	95–60

Таблиця 2.2 – Кількість поверхів будівель та масштаб генплану

Вариант	Кількість поверхів										Масштаб 1:12
	Буд. 1	Буд. 2	Буд. 3	Буд. 4	Буд. 5	Буд. 6	Буд. 7	Буд. 8	Буд. 9	Буд. 10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4	5	6	3				8	3	9	2 500
2	3	4	5	2	7			8	2		4 000
3			2	3	4	5	6	7	1		3 000
4	8		6		5	4	3		3	2	5 000
5	9	8	7	2		6	4	3			6 000
6		10	9	4		8	7	6	2		2 500

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7			12	2	10		9	8	1	7	4 000
8		7	6	5		4	3	9	3		3 000
9	11	9	8		7		5	4	1		5 000
10				2	9	8	7	6	2	5	6 000
11	12	11	10	4	8	7	2				2 500
12		2	3	3	6	9	8	5			4 000
13		4		2	3	5		7	1	6	3 000
14		3	4		5	6	7	8	3		5 000
15	5		9	3	8	7	6			4	6 000
16		6	7	4	9		5	10	3		2 500
17	7	5			4	9	6		2	8	4 000
18	4	5	6	3				8	3	9	5 000
19	3	4	5	2	7			8	2		6 000
20			2	3	4	5	6	7	1		2 500
21	8		6		5	4	3		3	2	4 000
22	9	8	7	2		6	4	3			3 000
23		10	9	4		8	7	6	2		5 000
24			12	2	10		9	8	1	7	6 000
25		7	6	5		4	3	9	3		2 500
26		6	7	4	9		5	10	3		4 000
27	7	5			4	9	6		2	8	6 000
28	4	5	6	3				8	3	9	2 500
29	3	4	5	2	7			8	2		4 000
30			2	3	4	5	6	7	1		5 000
31	8		6		5	4	3		3	2	6 000
32	9	8	7	2		6	4	3			2 500
33		10	9	4		8	7	6	2		4 000
34			12	2	10		9	8	1	6	3 000
35		7	6	5		4	3	9	3		5 000
36	8		6		5	4	3		3	2	6 000
37	9	8	7	2		6	4	3			2 500
38		10	9	4		8	7	6	2		4 000
39			12	2	10		9	8	1	8	6 000
40		7	6	5		4	3	9	3		2 500
41	11	9	8		7		5	4	1		4 000
42		4		2	3	5		7	1	6	5 000
43		3	4		5	6	7	8	3		6 000
44	5		9	3	8	7	6			4	2 500
45		6	7	4	9		5	10	3		4 000
46	7	5			4	9	6		2	8	3 000

Закінчення таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
47		10	9	4		8	7	6	2		5 000
48			12	2	10		9	8	1	9	6 000
49		7	6	5		4	3	9	3		2 500
50	11	9	8		7		5	4	1		

Таблиця 2.3 – Кількість споживачів т гарячої води по будівлях

Варі- ант	Кількість споживачів т									
	Буд. 1	Буд. 2	Буд. 3	Буд. 4	Буд. 5	Буд. 6	Буд. 7	Буд. 8	Буд. 9	Буд. 10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	115	137	157	240	0	0	0	219	185	235
2	220	280	334	410	448	0	0	559	315	0
3	0	0	76	346	144	173	247	275	89	0
4	915		627	0	500	384	343	0	737	209
5	1482	1257	1052	922	0	830	659	472	0	0
6	0	273	235	320	0	192	200	164	123	0
7	0	0	802	410	640	0	659	559	158	468
8	0	275	226	576	0	139	124	354	266	0
9	1258	982	835	0	700	0	572	437	246	0
10	0	0	0	922	1296	1106	1152	943	708	752
11	343	300	261	320	200	168	58	0	0	0
12	0	140	201	615	384	553	586	350	0	0
13	0	158	0	231	108	173	0	275	89	226
14	0	328	418	0	500	576	800	873	737	0
15	366	0	602	615	512	431	439	0	0	268
16	0	164	183	320	225	0	143	273	185	0
17	512	350	0	0	256	553	439	0	315	535
18	609	330	480	350	0	0	0	290	308	516
19	588	169	205	404	714	0	0	339	346	0
20	0	0	198	331	543	887	360	350	201	0
21	388	0	349	0	198	600	543	0	450	356
22	409	308	207	200	0	306	204	333	0	0
23	0	410	509	194	0	808	607	366	208	0
24	0	0	129	222	510	0	709	488	198	572
25	0	377	456	357	0	489	536	409	237	0
26	0	506	367	254	609	0	505	610	285	0
27	527	355	0	0	504	399	466	0	200	358
28	404	358	606	239	0	0	0	308	193	569
29	393	494	595	222	697	0	0	350	182	0
30	0	0	422	323	444	555	666	777	211	0

Продовження таблиці 2.3

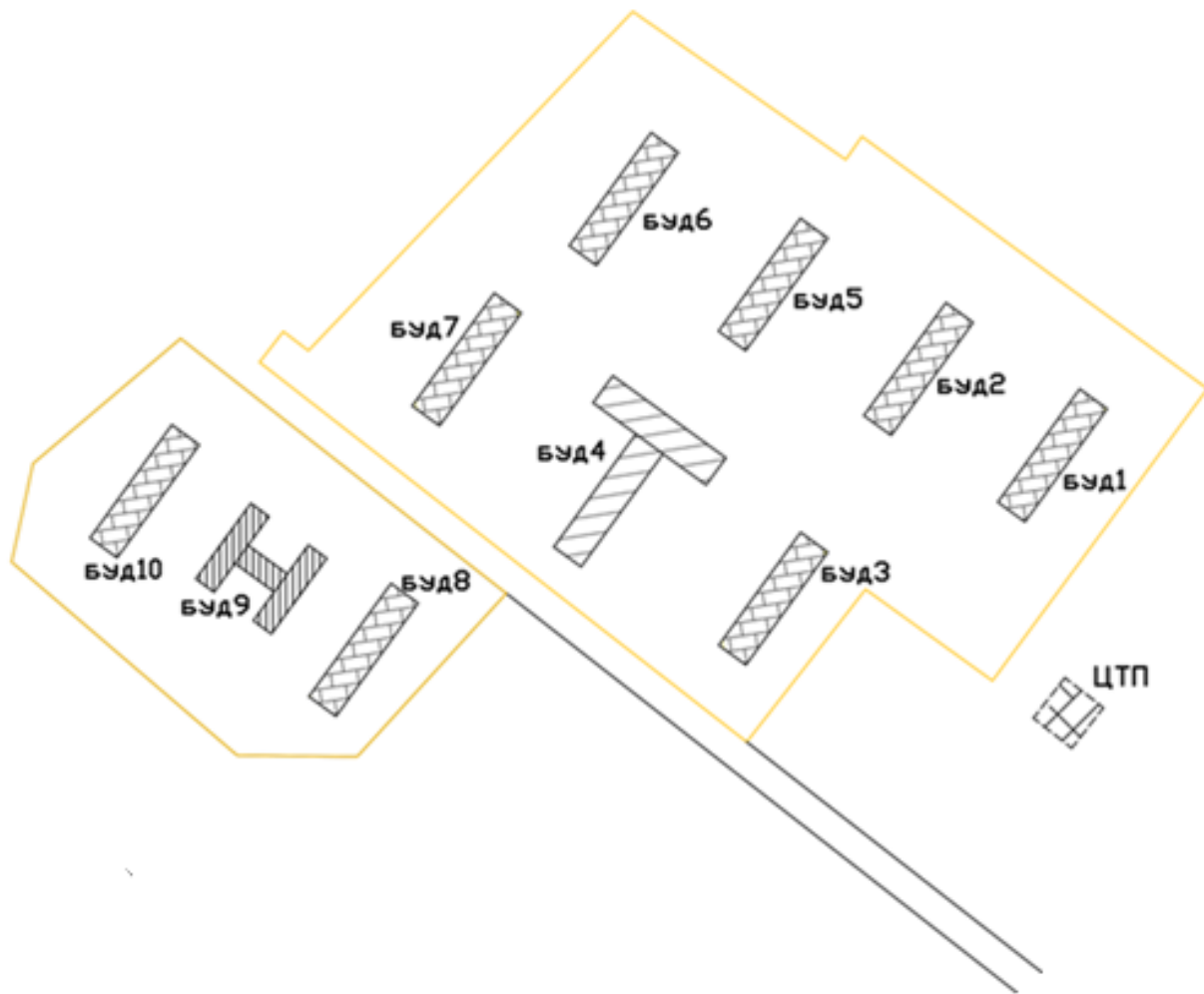
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
31	408	0	606	0	505	454	397	0	293	422
32	309	508	407	204	0	687	434	399	0	0
33	0	620	499	344	0	586	377	406	320	0
34	0	0	412	250	610	0	349	568	341	446
35	0	587	466	245	0	344	443	599	243	0
36	508	0	606	0	705	444	333	0	199	302
37	409	488	567	262	0	346	469	388	0	0
38	0	190	299	164	0	588	437	460	218	0
39	0	0	612	266	510	0	458	318	195	548
40	0	347	456	325	0	394	293	490	313	0
41	511	449	388	218	327	0	650	404	331	0
42	0	514	0	192	603	505	0	477	211	296
43	0	483	584	0	506	610	397	498	300	0
44	566	0	439	301	478	397	456	0	0	384
45	0	396	497	324	559	0	615	410	293	0
46	377	455	0	0	554	619	396	0	287	418
47	0	610	549	304	0	488	557	661	229	0
48	0	0	412	222	610	0	495	518	195	390
49	0	317	416	255	0	544	399	619	233	0
50	411	519	618	0	387	0	455	549	308	0

Базовим джерелом вихідних даних для проектування системи тепlopостачання є генеральний план, спрощений варіант якого наведено на рисунку 2.1.

Загалом, генеральний план повинен містити відомості про всі інженерні комунікації, позначки їхнього розташування і позначки поверхні землі, а також транспортні та інші мережі. Та якщо мікрорайон зводиться на місцевості, де не було забудови раніше (як це прийнято в курсової роботі), то інженерні комунікації можуть бути відсутні.

Для всіх варіантів курсової роботи потрібно прийняти однаковими такі дані:

1. Для дитячих дошкільних закладів мінімальна висота поверху від підлоги до стелі приймається 3,3 м, для закладів освіти (шкіл) мінімальна висота поверху від підлоги до стелі приймається 3,3 м, для житлових будівель висота житлових приміщень від підлоги до стелі повинна становити не менше 2,5 м. У районах із середньомісячною температурою липня 21 °С і більше, яку визначають згідно з [12] або за таблицею А.1 додатка А, висоту житлових приміщень необхідно приймати не менше 2,7 м.



Умовні позначення



Рисунок 2.1 – Генеральний план житлового мікрорайону

2. Джерело постачання теплоносія для систем опалення будівель та гарячої води до них – ЦТП.

3. Система тепlopостачання – закрита.

4. Тиск у подавальному трубопроводі на введенні до ІТП – 0,6 МПа.

5. Тиск у зворотному трубопроводі на виході з ІТП – 0,4 МПа.

6. Схема приєднання теплообмінного апарату до теплових мереж – одноступенева, паралельна.

7. Спосіб прокладання теплових мереж – переважно підземний.

8. До кожної зі споруд треба спроектувати під'їзд та місця для стоянки автомобілів.

9. На території дитячих дошкільних закладів (згідно з нормативами) не можуть розміщуватися теплові камери та транзитні трубопроводи. По території шкіл та дитячих садків потрібно передбачити тільки підземну прокладку теплової мережі у непрохідних монолітних залізобетонних каналах.

Вихідний розмір креслення генплану відповідає формату А4. Працювати над генпланом потрібно одночасно з обробкою даних таблиць 2.1–2.3.

Біля середини кожної будівлі вказують позначку землі, на якій вона розташовується. Позначки місцевості для будівель згідно з варіантом завдання, який визначається за двома останніми цифрами номера залікової книжки, вибирають із таблиці 2.1.

Далі за таблицею 2.2 визначають умовний масштаб генплану, необхідний для встановлення розмірів будівель і відстаней між ними. Варіанти масштабу (а також кількість поверхів кожної будівлі) приймають за порядковим номером у списку групи.

Варіанти планування складено так, що в кожній роботі мікрорайон матиме 7 будівель, зокрема, як мінімум одну нежитлову будівлю громадського призначення (**Буд. 4** – школа, **Буд. 9** – дитячий садок).

Розрахункову кількість споживачів гарячої води залежно від варіанта, що приймається за порядковим номером у списку групи, наведено в таблиці 2.3.

3 ОПИС ГЕНПЛАНУ ЖИТЛОВОГО МІКРОРАЙОНУ

В описі генплану необхідно охарактеризувати загальні розміри території, яку займає житловий мікрорайон (відповідно до масштабу генплану), та особливості розміщення його транспортних комунікацій. Також треба описати особливості розміщення будівель відносно ЦТП, проаналізувати характер профілю місцевості (максимальна та мінімальна позначки, найбільша різниця між ними) та його змінювання від ЦТП до будівель (спокійний профіль, наближений до горизонтального, профіль з ухилом від джерела до споживачів, профіль з ухилом до джерела тепlopостачання). В результаті аналізу необхідно зробити висновки про розташування можливих точок випуску повітря з теплової мережі та спуску теплоносія з теплової мережі у випадку проведення ремонтних робіт, а також можливість та необхідність використання дренажних пристроїв.

4 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Теплові навантаження або теплові потужності визначаються для кожного споживача (яким у житловому мікрорайоні є окрема будівля) за різними видами інженерних систем цих будівель окремо. Оскільки системи опалення та припливної вентиляції працюють однаково по сезонах та регулюються в опалювальний період залежно від змінювання температури зовнішнього повітря, їхні навантаження надалі покриваються спільно, з однієї системи теплопостачання T1, T2.

4.1 Теплові навантаження систем опалення і вентиляції

Для визначення теплових навантажень окремих будівель у цій курсовій роботі обрано метод укрупнених показників, або нормативний метод, прийнятий в [9].

Згідно з цим методом максимальне теплове навантаження на опалення житлових та громадських будівель

$$Q_{\text{оmax}} = q_o A (1 + K_1), \quad (4.1)$$

де q_o – питомий показник максимального теплового потоку на опалення житлових будинків на 1 м^2 загальної площі, $\text{Вт}/\text{м}^2$, що приймається відповідно до [9];

A – загальна площа житлових будинків, м^2 ;

K_1 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських споруд.

Якщо немає інших відомостей, то приймається коефіцієнт $K_1 = 0,25$.

Формулу (4.1) можна розкрити, тоді

$$Q_{\text{оmax}} = q_o A + q_o A K_1 = Q_{\text{оmaxR}} + Q_{\text{оmaxC}}, \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{оmaxR}}$ та $Q_{\text{оmaxC}}$ – розрахункові (максимальні) теплові навантаження на опалення житлових та громадських будівель відповідно.

Спосіб розрахунку з використанням коефіцієнта K_1 застосовується тоді, коли про район забудови є лише загальні відомості без конкретних характеристик щодо призначення, розмірів та кількості громадських будівель. Але якщо такі відомості є, то навантаження на опалення громадських будівель можна розрахувати за такою ж формулою, що й навантаження житлових будівель, тобто

$$Q_{\text{оmaxC}} = q_{oC} A_C, \quad (4.3)$$

де q_{oc} – питомий показник максимального теплового потоку для опалення громадських будинків на 1 м^2 загальної площі, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

A_C – загальна площа громадської будівлі, м^2 .

Оскільки жодними чинними нормами величина q_o не визначається, її можна визначити за формулою

$$q_o = q_E = 1000 \cdot E_{\max} \cdot (t_i - t_o) / [(t_i - t_p) \cdot T_p \cdot 24], \quad (4.4)$$

де q_E – укрупнений показник питомого теплового навантаження на опалення, $\text{Вт}/\text{м}^2$, обчислюваний за величиною E_{\max} ;

E_{\max} – максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ (або $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$), що визначається згідно з таблицею Б.1 (дод. Б) залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку;

t_i – розрахункова температура внутрішнього повітря будівлі, $^{\circ}\text{C}$, що залежить від типу (призначення) будівлі; для житлових будинків можна прийняти $t_i = 20\text{--}22^{\circ}\text{C}$;

t_o – розрахункова температура зовнішнього повітря для проєктування системи опалення, $^{\circ}\text{C}$, що залежить від особливостей клімату, місця розташування будівлі; $t_o = t_{\text{хп}}$, що приймається за таблицею Б.1 (дод. Б);

t_p – середня температура опалювального періоду, що визначається за таблицею А.1 (дод. А);

T_p – тривалість опалювального періоду, що визначається за таблицею Б.1 (дод. А).

Як зрозуміло з таблиці Б.1 (дод. Б), для навчальних закладів та дошкільних навчальних закладів максимальне енергоспоживання нормується не відносно площі, а відносно об'єму. Отже, формула (4.3) для шкіл та дитячих садків матиме такий вигляд:

$$Q_{\text{оmaxC}} = q_{ocV} A_{\text{CP}} H, \quad (4.5)$$

де q_{ocV} – питомий показник максимального теплового потоку на опалення громадських будинків, віднесений до 1 м^3 загальної об'єму, $\text{Вт}/\text{м}^3$;

A_{CP} – площа громадської будівлі в плані, м^2 ;

H – висота будівлі, м.

У курсовій роботі висоту будівлі знаходять за формулою

$$H = h_{\text{пов}} n + 1, \quad (4.6)$$

де $h_{\text{пов}}$ – висота поверху від підлоги до підлоги, м;

n – кількість поверхів;

1 – сумарно висота цоколя та додаткова товщина суміщеної покрівлі.

Сучасна проблема використання нормативного методу полягає в тому, що часте змінювання норм теплоізоляційних властивостей зовнішніх огорожень будівель та вимоги подальшого підвищення їх енергоефективності виключають можливість нормування q_0 як сталого показника.

Кількість поверхів кожної будівлі обирається за варіантом завдання з таблиці 2.2, а висота поверху приймається з урахуванням мінімально допустимої висоти поверху залежно від типу будівлі. Для шкіл, згідно з [12], мінімальна висота поверху від підлоги до підлоги приймається 3,3 м, тому мінімальна висота поверху від підлоги до підлоги становитиме $3,3 + 0,3$ (товщина перекриття). Для дитячих садків, згідно з [14], безпосередньо нормується мінімальна висота поверху від підлоги до підлоги розміром у 3,3 м. Для житлових будівель, згідно з [15], мінімальна висота житлових приміщень приймається 2,5 м від підлоги до стелі для районів із середньомісячною температурою липня до $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ та 2,7 м у разі середньомісячної температури липня $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ і більше. З урахуванням товщини перекриття мінімальна висота поверху від підлоги до підлоги для житлових будинків в районах з середньомісячною температурою липня до $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ становитиме 2,8 м, а в районах з температурою липня $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ і більше – 3,0 м.

Згідно з [12] температура для основних приміщень шкіл (t_i) приймається в межах $18\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$, згідно з [14] температура для основних приміщень дитячих садків приймається в межах $19\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$, згідно з [15] температура основних приміщень житлових будинків приймається в межах $18\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таким чином, для всіх типів будівель (житлових, шкіл та дитсадків) розрахункову температуру внутрішнього повітря t_i можна приймати на рівні $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Недолік розглянутого методу полягає в тому, що в чинній редакції норм [9] максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період E_{\max} замінено на нормативну максимальну питому річну енергопотребу EP_{\max} , що, окрім споживання тепла системою опалення в зимовий період, містить також витрати тепла на гаряче водопостачання та енергоспоживання системи кондиціонування в літній період. Виходячи з незначного посилювання вимог до огорожувальних конструкцій в останній редакції [9] порівняно зі зміною № 1 від 2013 року [16] (лише для суміщених покриттів мінімальний нормативний опір передачі $R_{q\text{ min}}$ було збільшено на 10 %, що, виходячи з типової частки втрат через покриття у 5–15 % (залежно від кількості поверхів будівлі та властивостей різних огорожувальних конструкцій), дає зменшення мінімального рівня тепловитрат

в середньому близько 1 %. Можна вважати, що використання E_{\max} замість EP_{\max} дає запас розрахункової потужності системи теплопостачання 0,5–1,5 %.

Потрібно пам'ятати, що в таблиці Б.1 додатка Б максимально допустимі значення питомих тепловитрат на опалення громадських будинків E_{\max} віднесені до об'єму будівлі, а не до площі і подані в таблиці у квадратних дужках для відокремлення від значень E_{\max} для житлових будинків, віднесених до опалюваної площі. Саме тому щодо житлових будинків має використовуватися формула (4.3), а щодо громадських будівель, включно зі школами та дитячими садками, необхідно використовувати формулу (4.5).

Розрахункове максимальне теплове навантаження на вентиляцію громадських споруд за відсутності даних про їх характеристики обчислюють за формулою

$$Q_{v\max} = q_0 A K_1 K_2, \quad (4.7)$$

де K_2 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських споруд, а інші параметри – ті самі, що й у формулі (4.1).

За відсутності інших даних приймається, що $K_2 = 0,6$ для будівель, зведених після 1985 року.

Оскільки за вихідними даними до курсової роботи характеристики громадських будівель відомі, то формулу (4.7) краще записати у такому вигляді:

$$Q_{v\max C} = q_{0C} A_C K_2, \quad (4.8)$$

де q_{0C} та A_C – те саме, що й у формулі (4.3).

Значення максимальних теплових навантажень використовують для визначення розрахункових витрат теплоносія та подальшого виконання гідравлічного розрахунку. Але для визначення потреб у паливі або кількості енергії, що буде спожита відповідною системою за певний період, використовують середні значення теплових потужностей.

Для систем опалення та вентиляції середні теплові потоки знаходять за формулами перерахунку параметрів зовнішнього повітря з температури холодної п'ятиденки t_0 на температуру холодного періоду t_p :

$$Q_{\text{omid}} = Q_{\text{omax}}(t_i - t_p)/(t_i - t_0), \quad (4.9)$$

$$Q_{\text{vmidC}} = Q_{\text{vmaxC}}(t_i - t_p)/(t_i - t_0), \quad (4.10)$$

де t_i , t_p , t_0 – ті самі температури, що й у формулі (4.4).

Розрахунок навантажень зводиться до табличного вигляду за формою таблиці 4.1.

У таблиці 4.1 подано приклад розрахунку навантажень на опалення та вентиляцію будівель житлового кварталу для умовного міста з такими параметрами клімату:

- температура п'яти найхолодніших днів взимку $t_{хп} = t_0 = -11$ °С;
- середня температура опалювального періоду $t_p = +3$ °С;
- середня температура липня $t_{VII} = +22$ °С;
- температурна зона II;
- тривалість опалювального періоду $T_p = 130$ діб;
- розрахункова температура внутрішнього повітря $t_i = +20$ °С;
- коефіцієнт засклення для всіх будівель прийнято $m_w = 0,3$
- кратність повітрообміну K_v , прийнято для житлових будівель 0,5, для громадських будівель 1;
- коефіцієнт добавок до основних втрат тепла прийнято $k_{op} = 1,05$.

Рядки з розрахунком для громадських будівель виділено жирним шрифтом.

Усі будівлі прямокутні. Висоти поверхів прийняті мінімальними для певного типу будівель. Розрахункову (корисну опалювану) площу будівель знаходять за формулою (4.4), розрахунковий об'єм – за формулою

$$V = H \cdot S_{пов} . \quad (4.11)$$

Таблиця 4.1 – Приклад розрахунку теплових навантажень систем опалення і вентиляції

Найменування будівлі	a , м	b , м	Площа в плані S , м ²	Тип будівлі	Висота поверху $h_{пов}$	Кількість поверхів $n_{пов}$	Опалювана площа A , м ²	Висота будівлі H , м	Об'єм будівлі V , м ³	E_{max}	q_E , Вт/м ² або Вт/м ³	$Q_{обуд}$, Вт	$Q_{вбуд}$, Вт	$Q_{ов}$, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Буд. 10	70	16,8	1 176	Житлові	3	3	3 528	10	11 760	51,9	30,33	107 020		107 020
Буд. 9	118	11,2	1 323	Дошкільні	3,3	1	1 323	4,3	5 691	33	19,29	109 756	52 931	162 688
Буд. 8	70	16,8	1 176	Житлові	3	3	3 528	10	11 760	51,9	30,33	107 020		107 020
Буд. 7	70	16,8	1 176	Житлові	3	5	5 880	16	18 816	48	28,05	164 959		164 959
Буд. 6	70	16,8	1 176	Житлові	3	5	5 880	16	18 816	48	28,05	164 959		164 959
Буд. 5	70	16,8	1 176	Житлові	3	11	12 936	34	39 984	42	24,55	317 547		317 547
Буд. 4	140	16,8	2 352	Навчальні	3,6	2	4 704	8,2	19 286	28	16,37	315 622	188 145	503 767
Буд. 3	70	16,8	1 176	Житлові	3	8	9 408	25	29 400	48	28,05	263 935		263 935
Буд. 2	70	16,8	1 176	Житлові	3	12	14 112	37	43 512	42	24,55	346 414		346 414
Буд. 1	70	16,8	1 176	Житлові	3	6	7 056	19	22 344	48	28,05	197 951		197 951
		$\Sigma =$	13 083				68 355		221 369			2 095 184	241 076	2 336 260

У стовпчику 11 частина значень E_{\max} має від'ємні величини. Таким чином, умовно позначається, що для визначення теплового навантаження в стовпчику 13 для суспільної будівлі використовують формулу (4.6) з $Q'_{\text{омахС}}$, а не формулу (4.3) з $Q'_{\text{омах}}$, як у випадку навантаження житлових будівель. Величина q_E у будь-якому варіанті має бути позитивною.

У стовпчику 14 ненульовими є лише навантаження дитячих садків та шкіл. У стовпчику 15 дається сумарне навантаження на системи опалення та вентиляції

$$Q_{\text{ov}} = Q_{\text{обуд}} + Q_{\text{вбуд}}. \quad (4.12)$$

4.2 Теплові навантаження системи гарячого водопостачання

Згідно з [9] розрахункове середнє теплове навантаження на гаряче водопостачання житлових та громадських будівель

$$Q_{\text{hmid}} = q_h m, \quad (4.13)$$

де q_h – укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну людину, Вт/люд, що приймається за таблицею Б.4 (дод. Б).

Для вибору норми витрати гарячої води на одного споживача залежно від рівня комфортності помешкання з урахуванням кліматичного району міста забудови необхідно використовувати дані таблиці Б.5 (дод. Б). Для першого кліматичного району значення q_h залежно від добових витрат гарячої води (95 л/добу або 100 л/добу) приймають із застосуванням інтерполяції.

Значення середньої теплової потужності за формулою (4.13) використовують для обчислення кількості палива, потрібного для генерації тепла на потреби гарячого водопостачання за опалювальний період. Для розрахунку трубопроводів системи гарячого водопостачання потрібні максимальні теплові навантаження, які знаходять за формулою

$$Q_{\text{hmax}} = 2,4Q_{\text{omid}}. \quad (4.14)$$

Розрахункове середнє навантаження системи гарячого водопостачання в літній період знаходять за формулою перерахунку:

$$Q_{\text{hmids}} = Q_{\text{hmid}}\beta(55 - t_{\text{cs}})/(55 - t_c), \quad (4.15)$$

де β – коефіцієнт, який враховує зміну середньої витрати води на гаряче водопостачання в неопалювальний період щодо опалювального періоду; за відсутності даних приймається: для житлово-комунального сектора – 0,8 (для курортних та південних міст $\beta = 1,5$), для підприємств $\beta = 1,0$;

t_{cs} і t_c – розрахункові температури холодної водопровідної води, відповідно, в неопалювальний та опалювальний періоди, °С; за відсутності даних приймають: $t_{cs} = +15$ °С, $t_c = +5$ °С.

Формула (4.15) справедлива у випадку приготування гарячої води в ІТП будівлі, в якій вона споживається. Але для централізованих систем гарячого водопостачання, в яких приготування води здійснюється в ТРП (ЦТП, ТРС) житлового кварталу або мікрорайону, обов'язково будуть втрати тепла та температури гарячої води під час транспортування від місця приготування до споживача, тому для централізованого гарячого водопостачання уточнена формула перерахунку зимового навантаження на літній період буде виглядати так:

$$Q_{hmid\beta} = Q_{hmid}\beta(60 - t_{cs})/(60 - t_c). \quad (4.16)$$

Оскільки в четвертому стовпчику таблиці 4.2 укрупнений питомий показник q_h співвіднесений із кількістю мешканців житлових будинків, а не з кількістю споживачів гарячої води в громадській будівлі, для визначення середнього навантаження громадських будівель замість формули (4.13) краще використовувати формулу

$$Q_{hmid} = 1,2c Q_T^h m k_r (60 - t_c)/(3,6 \cdot 24), \quad (4.17)$$

де c – питома теплоємність води, кДж/(кг·°С), приймається для інтервалу від +5 до +60 °С $c = 4,193$;

Q_T^h – розрахункова (питома) середня добова витрата води за рік, л/добу на одиницю виміру (людину);

m – кількість одиниць виміру (людей);

k_r – підвищувальний коефіцієнт для III, IV кліматичних районів;

t_c – те саме, що й у формулі (4.15);

3,6, 24 – розмірні коефіцієнти.

Для визначення максимального навантаження на гаряче водопостачання громадської будівлі доцільно використати формулу

$$Q_{hmax} = 1,2c Q_T^h m k_r (60 - t_c)/(3,6T_{ex}), \quad (4.18)$$

де T_{ex} – тривалість водорозбору T_{ex} , год/добу.

Величини Q_T^h , k_r та T_{ex} визначають залежно від виду будівлі за таблицею Б.6 (дод. Б). Тип дитячого дошкільного закладу приймають самостійно і обов'язково зазначають у переліку вихідних даних для проектування. Кількість споживачів гарячої води в таблиці 2.3 для «Буд. 4» наведено з урахуванням викладачів, а для «Буд. 9» – без урахування персоналу.

Як основний спосіб підрахунку навантаження гарячого водопостачання (ГВ) для всіх будівель, у курсовій роботі пропонується використовувати формулу (4.13), а другий спосіб із використанням формул (4.17) та (4.18) – для порівняння підрахунку тільки у громадських будівлях.

У таблиці 4.2 подано приклад розрахунку навантажень на гаряче водопостачання будівель житлового кварталу за таких умов: кліматичний район I, тип системи гарячого водопостачання житлових будівель – централізоване з ваннами більше ніж 1 500 мм завдовжки, коефіцієнт β для південного міста – 1,5.

У другому стовпчику показано тип споживача відповідно до таблиці Б.6 додатка Б. У стовпчику 4 подано розрахункову добову витрату гарячої води. Для житлових будинків вона обчислюється шляхом інтерполяції значень з таблиці Б.5 (дод. Б) залежно від типу системи ГВ житлової будівлі та кліматичної зони. Стовпчик 5 для кліматичних зон III та IV приймається за таблицею Б.6 (дод. Б), зон I та II дорівнює 1. Стовпчик 6 – за таблиці Б.6 (дод. Б). Стовпчик 7 – за таблицею Б.4 (дод. Б) шляхом інтерполяції або екстраполяції. Для нежитлових споживачів дорівнює 0. Стовпчик 8 для житлових споживачів заповнюємо за формулою (4.13). Для громадських будівель використовуємо формулу (4.17). У стовпчик 9 заносимо значення за формулою (4.16). Стовпчик 10 для житлових споживачів заповнюємо за формулою (4.14), а для нежитлових будівель використовуємо формулу (4.18).

Таблиця 4.2 – Приклад розрахунку теплових навантажень систем гарячого водопостачання

Найменування будівлі	Тип споживачів	m, лсіб	Q_T^h , л/добу	k_T	T_{ex} , год	q_h , Вт/осіб	Q_{hmid} , Вт	Q_{hmids} , Вт	Q_{hmax} , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Буд. 10	Житло	154	100	1	0	289,7	44 609	54 747	107 061
Буд. 9	Дошк. денні півф.	121	20	1	10	0	7 751	9 512,9	18 603
Буд. 8	Житло	161	100	1	0	289,7	46 636	57 236	111 927
Буд. 7	Житло	280	100	1	0	289,7	81 107	99 540	194 656
Буд. 6	Житло	236	100	1	0	289,7	68 361	83 898	164 067
Буд. 5	Житло	539	100	1	0	289,7	156 130	191 615	374 713
Буд. 4	Школи, виші півф.	314	8	1	8	0	8 046	9 875	24 138
Буд. 3	Житло	410	100	1	0	289,7	118 763	145 755	285 032
Буд. 2	Житло	642	100	1	0	289,7	185 966	228 231	446 318
Буд. 1	Житло	336	100	1	0	289,7	97 328	119 448	233 587
	$\Sigma=$	3 193					814 698	999 856	1 960 102

5 КОНСТРУЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

У мікрорайоні навантаження опалення та вентиляції (ОВ) покриваються, як правило, двотрубною системою теплопостачання з теплоносієм водою (умовне позначення T1, T2). Навантаження систем гарячого водопостачання (ГВ) може покриватися з тієї самої системи, що й опалення та вентиляція. В цьому випадку в разі застосування відкритої схеми у споживачів встановлюються вузли змішування теплоносія з подавального та зворотного трубопроводів для підтримання постійної температури води в крані у споживача незалежно від зміни температур T1 та T2, а в разі використання закритої схеми використовують теплообмінники. За обох схем обов'язковим є використання регулятора температури гарячої води.

У разі компактного розташування основних навантажень ГВ поблизу від джерела тепла доцільно застосовувати окрему розподільну систему гарячого водопостачання, як правило, двотрубну з розподільним та циркуляційним трубопроводами (умовне позначення T3, T4). У цьому варіанті для закритої системи теплопостачання з наявністю споживачів гарячої води централізоване її приготування на джерелі теплопостачання та розподіл між корпусами за допомогою окремих трубопроводів є економічно більш доцільним, ніж встановлення у кожній будівлі власних водопідігрівачів. Потрібно також враховувати і якість холодної водопровідної води: у разі її високої жорсткості, як правило, потрібно скорочувати сумарну довжину розподільних трубопроводів систем ГВ.

Таким чином, вибір одного із зазначених рішень визначається особливостями споживачів тепла, переліком, вимогами та тепловою потужністю їхніх систем, що споживають тепло, різновидом взаємного розташування споживачів та властивостями води. Під час проектування рекомендується на копії генплану з усіма корпусами виконувати зведений однотрубний ескіз схем усіх розподільних систем, які, згідно з прийнятим рішенням, будуть використовуватися для теплопостачання інженерних систем споживачів (опалення та вентиляції, гарячого водопостачання). Під час накреслення схем підведення теплоносіїв до об'єктів теплопостачання потрібно враховувати два основні принципи конструювання теплових мереж:

1. Магістральні трубопроводи різних систем (ОВ, ГВ) мають прокладатися сумісно та підмикатися до єдиних для кожного споживача теплових введень.

2. Теплоносій потрібно підводити до споживачів найкоротшим шляхом так, щоб сумарна довжина трубопроводів була мінімальною.

3. Кількість перетину теплових мереж з іншими комунікаціями (автошляхи, залізнична колія тощо), кількість відгалужень теплових мереж (вузлів трубопроводів) має бути мінімальною.

На рисунку 5.1 показано три варіанти підімкнення будинків до зовнішніх теплових мереж: правильний (а), неправильний (б) та нерациональний (в).

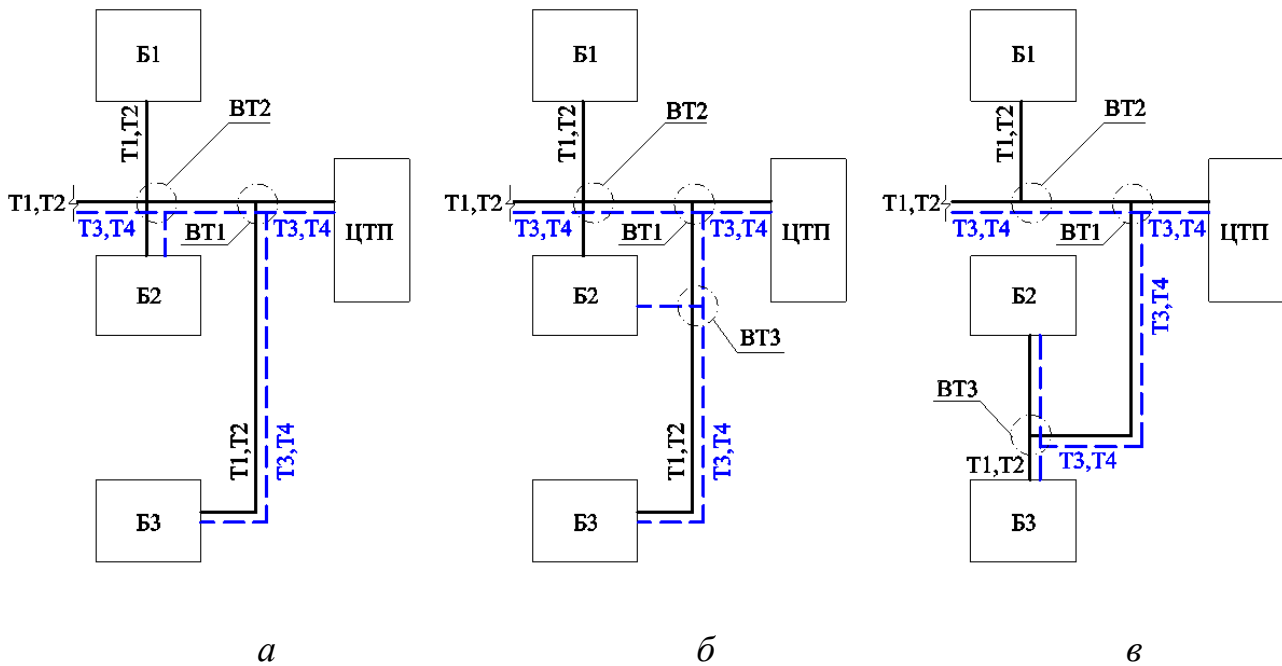


Рисунок 5.1 – Приклад схематичного рішення теплової мережі

Помилковість рішення на рисунку 5.1, б полягає в тому, що теплоносій для опалення та вентиляції (Т1,Т2) підімкнений до будівлі Б2 від вузла трубопроводів ВТ2, а гаряча водопровідна вода (Т3,Т4) – від іншого вузла ВТ3, що потребує облаштування в будівлі Б2 двох окремих теплових пунктів, а на трасі мережі – додаткового вузла трубопроводів ВТ3.

Нерациональність рішення на рисунку 5.1, в пояснюється тим, що будівля Б2 не отримує тепло найкоротшим шляхом. Потрібно також зазначити, що неправильне рішення на рисунку 5.1, б та нерациональне рішення на рисунку 5.1, в відрізняються від правильного рішення на рисунку 5.1, а наявністю додаткового вузла відгалуження ВТ3, облаштування та обслуговування якого також потребує додаткових коштів.

Обираючи напрям прокладання теплотраси та розміщення її осі, потрібно обов'язково враховувати наявність інших інженерних комунікацій:

автомобільних та залізничних шляхів, ліній електромереж, водоводів, газопроводів тощо.

Також потрібно зважати на те, що кожен перетин теплової мережі з такими перешкодами, як автошляхи та залізничні колії, потребує додаткових витрат коштів і часу на облаштування, тому необхідно намагатися мінімізувати кількість таких перетинів.

6 СУМАРНІ ТЕПЛОВІ НАВАНТАЖЕННЯ ПО БУДІВЛЯХ

Сумарні теплові потоки потрібні для визначення потужності джерела тепла в різні періоди року за різних режимів роботи підприємства. Зокрема, їх використовують для побудови секундного (годинного) графіка теплових навантажень. Розрахунок зводиться у таблицю 6.1.

Сумарне значення теплових навантажень знаходять окремо для зимового, перехідного та літнього режимів:

У зимовому режимі:

$$Q_{\Sigma} = Q_o + Q_v + Q_{\text{hmid}} . \quad (6.1)$$

У перехідному режимі:

$$Q_{\Sigma}^8 = Q_o^8 + Q_v^8 + Q_{\text{hmid}} . \quad (6.2)$$

У літньому режимі:

$$Q_{\Sigma}^s = Q_{\text{hmid}}^s . \quad (6.3)$$

Якщо навантаження опалення та вентиляції покриваються із системи Т1, Т2 окремо та незалежно від інших видів споживання, то це навантаження буде визначатися так:

$$Q_{\text{ov}} = Q_o + Q_v . \quad (6.4)$$

Таблиця заповнюється за результатами розрахунків навантажень кожного виду для кожної будівлі (табл. 4.1, 4.2). У найпростішому випадку значення навантажень опалення, вентиляції та гарячого водопостачання переносять із таблиць 4.1 та 4.2 у стовпчики 3–5, 8 та 10–12 таблиці 6.1 з урахуванням розмірності навантажень (Вт або МВт).

Теплові навантаження опалення Q_o^8 та вентиляції Q_v^8 при характерній температурі $+8\text{ }^\circ\text{C}$ можна отримати за формулами (4.13) – (4.14), підставивши $+8$ замість t_p . Але більш зручним для цього може бути використання формул перерахунку:

$$Q_o^8 = Q_o(t_i - 8)/(t_i - t_o), \quad (6.5)$$

$$Q_v^8 = Q_v(t_i - 8)/(t_i - t_o). \quad (6.6)$$

Навантаження на гаряче водопостачання в стовпчиках 8 та 10 спостерігаються у зимовий період, а в стовпчиках 9 та 11 – у літній. Сумарні навантаження Q_Σ , Q_Σ^8 та Q_Σ^s підраховують окремо для зимового, перехідного ($+8\text{ }^\circ\text{C}$) та літнього періодів. Максимальне навантаження на гаряче водопостачання в літній період розраховують за формулою, аналогічною до формули (4.16):

$$Q_{h\max s} = Q_{h\max} \beta (60 - t_{cs}) / (60 - t_c), \quad (6.7)$$

де t_{cs} і t_c те саме, що й у формулі (4.15).

Нижній рядок таблиці 6.1 містить суми відповідних навантажень по всіх будівлях.

Таблиця 6.1 – Приклад розрахунку сумарних теплових навантажень

Найменування будівлі	Q_o , МВт	Q_v , МВт	Q_{ov} , МВт	$Q_{o^{+8}}$, МВт	$Q_{v^{+8}}$, МВт	$Q_{ov^{+8}}$, МВт	Q_{hmax} , МВт	Q_{hmaxs} , МВт	Q_{hmid} , МВт	Q_{hmids} , МВт	Q_{Σ} , МВт	Q_{Σ^8} , МВт	Q_{Σ^s} , МВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Буд. 10	0,107	0	0,1070	0,041 4	0	0,041	0,107 1	0,131	0,045	0,055	0,152	0,086	0,055
Буд. 9	0,11	0,053	0,1627	0,042 5	0,021	0,063	0,018 6	0,023	0,008	0,01	0,170	0,071	0,010
Буд. 8	0,107	0	0,1070	0,041 4	0	0,041	0,111 9	0,137	0,047	0,057	0,154	0,088	0,057
Буд. 7	0,165	0	0,165	0,063 9	0	0,064	0,194 7	0,239	0,081	0,1	0,246	0,145	0,100
Буд. 6	0,165	0	0,165	0,063 9	0	0,064	0,164 1	0,201	0,069	0,084	0,233	0,132	0,084
Буд. 5	0,318	0	0,317 6	0,122 9	0	0,123	0,374 7	0,46	0,156	0,192	0,474	0,279	0,192
Буд. 4	0,316	0,188	0,503 8	0,122 2	0,073	0,195	0,024 1	0,03	0,008	0,01	0,512	0,203	0,010
Буд. 3	0,264	0	0,263 9	0,102 2	0	0,103	0,285 0	0,35	0,119	0,146	0,383	0,221	0,146
Буд. 2	0,346	0	0,346 4	0,134 1	0	0,134	0,446 3	0,548	0,186	0,228	0,532	0,320	0,228
Буд. 1	0,198	0	0,198	0,076 6	0	0,077	0,233 6	0,287	0,097	0,119	0,295	0,174	0,119
$\Sigma=$	2,095	0,241	2,336 3	0,811 0	0,093	0,904	1,960 1	2,406	0,815	1,000	3,151	1,719	1,000

7 ТЕМПЕРАТУРНИЙ ГРАФІК РЕГУЛЮВАННЯ ВІДПУЩЕННЯ ТЕПЛА СПОЖИВАЧАМ

Вибір температурного графіка визначається відносною часткою навантаження на ГВ Q_{hmax} від навантаження на опалення Q_{omax} :

$$\chi_{max} = Q_{hmax}/Q_{omax} . \quad (7.1)$$

Тип графіка, що приймається для центрального регулювання на джерелі тепла, залежить від χ_{max} , проте за будь-яких значень χ_{max} спочатку будується суто опалювальний графік, оскільки він є базовим для побудови всіх інших графіків.

7.1 Побудова суто опалювального графіка

У випадку $\chi_{max} = 0$ суто *опалювальний* графік застосовується як остаточний робочий графік. За цього графіка температури у подавальній τ_{1t} і зворотній τ_{2t} магістралях теплової мережі, а також у подавальній τ_{11t} магістралі системи опалення при поточній температурі зовнішнього повітря t_3 можна знайти за формулами:

$$\tau_{1t} = t_{im} + (\tau_{п} - t_{im}) \bar{Q}_o^{0,8} + (\tau_1 - \tau_{п}) \bar{Q}_o ; \quad (7.2)$$

$$\tau_{2t} = \tau_{1t} - (\tau_1 - \tau_2) \bar{Q}_o ; \quad (7.3)$$

$$\tau_{11t} = \tau_{1t} - (\tau_1 - \tau_{11}) \bar{Q}_o , \quad (7.4)$$

де τ_1, τ_2 – температури теплоносія у подавальній та зворотній магістралях теплової мережі при розрахунковій опалювальній температурі зовнішнього повітря $t_o, ^\circ C$;

τ_{11} – температура теплоносія у подавальній магістралі системи опалення при розрахунковій опалювальній температурі зовнішнього повітря t_o ; приймається для кожної будівлі окремо залежно від її призначення та характеристик системи опалення (у курсовій роботі рекомендується приймати її для системи опалення житлових будинків);

t_{im} – середня розрахункова температура внутрішнього повітря будівель, що отримують тепло від теплової мережі, $^\circ C$ (у курсовій роботі рекомендується приймати її для системи опалення житлових будинків).

Розрахункова температура теплоносія τ_1 у подавальному трубопроводі та температура теплоносія τ_2 у зворотному трубопроводі теплової мережі при розрахунковій опалювальній температурі зовнішнього повітря t_o приймається за таблицею 2.1 відповідно до двох останніх цифр номера залікової книжки.

Відносне теплове навантаження на опалення \bar{Q}_o знаходять за формулою

$$\bar{Q}_o = (t_{im} - t_3)/(t_{im} - t_o) . \quad (7.5)$$

Розрахункова температура теплоносія в опалювальних приладах $\tau_{п}$ при зовнішній температурі t_o визначається так:

$$\tau_{п} = (\tau_{11} + \tau_2)/2 . \quad (7.6)$$

Для будівель, у яких застосовується безпосереднє підімкнення системи опалення до теплової мережі без вузла змішування, у формулах (7.2) – (7.7) $\tau_{11t} = \tau_{1t}$ і $\tau_{11} = \tau_1$.

Для водяної теплової мережі відносне навантаження χ_{max} дорівнює 0 у двох випадках:

1) якщо в усіх будівлях, обслуговуваних водяною тепловою мережею Т1, Т2 споживання гарячої води відсутнє;

2) якщо в усіх будівлях навантаження на гаряче водопостачання покривається не теплоносієм із водяної теплової мережі з параметрами τ_{1t} , τ_{2t} , а гарячою водою, що подається з окремої розподільної мережі гарячого водопостачання з параметрами τ_3 , τ_4 ; у цьому разі водяна тепла мережа та мережа гарячого водопостачання повинні отримувати тепло від окремих, не пов'язаних між собою котельних установок, або установки повинні мати по два контури, які можуть працювати незалежно один від одного.

На рисунку 7.1 показано опалювальний температурний графік, побудований за даними таблиці 7.1. За суто опалювального графіка в усьому діапазоні температур зовнішнього повітря опалювального періоду від $+8\text{ }^\circ\text{C}$ до t_o застосовується центральне якісне¹ регулювання відпущення тепла споживачам.

Розрахунок доцільно звести у таблицю 7.1. У ній подається приклад розрахунку для таких умов: $\tau_1 = 125\text{ }^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 70\text{ }^\circ\text{C}$, $\tau_{11} = 90\text{ }^\circ\text{C}$, $t_o = -11\text{ }^\circ\text{C}$, $t_{im} = 20\text{ }^\circ\text{C}$. Прямими тонкими лініями для порівняння на рисунку 7.1 також показано спрощений (спрямлений) температурний графік, який відбиває лінійні залежності температур теплоносія від температури зовнішнього повітря t_3 . (із використанням спрощеного графіка у курсовій роботі з підбирання теплообмінників системи ГВ визначалися зовнішня температура зламу графіка та температура зворотного теплоносія в точці зламу). На рисунку 7.1 видно розбіжності між тонкими лініями спрощеного (спрямленого) та товстими лініями класичного ступеневого графіка. Максимальна різниця між значеннями відповідних температур за двома графіками сягає $5\text{ }^\circ\text{C}$.

¹ За якісного регулювання зміна кількості відпущеного тепла досягається завдяки зміні різниці температур теплоносія у подавальній і зворотній магістралі $\tau_{1t} - \tau_{2t}$ при постійному значенні витрат теплоносія. Якісне регулювання досягається шляхом зміни температури теплоносія τ_{1t} у подавальній магістралі.

Таблиця 7.1 – Приклад розрахунку температур теплоносія за суто опалювальним температурним графіком

$t_3, ^\circ\text{C}$	+8	+5	0	-5	-10	-11
\bar{Q}_o	0,387	0,484	0,645	0,806	0,968	1
τ_{1t}	65,5	75,343	91,288	106,8	122	125
τ_{2t}	44,21	48,73	55,80	62,45	68,77	70
τ_{11t}	51,95	58,41	68,71	78,58	88,12	90

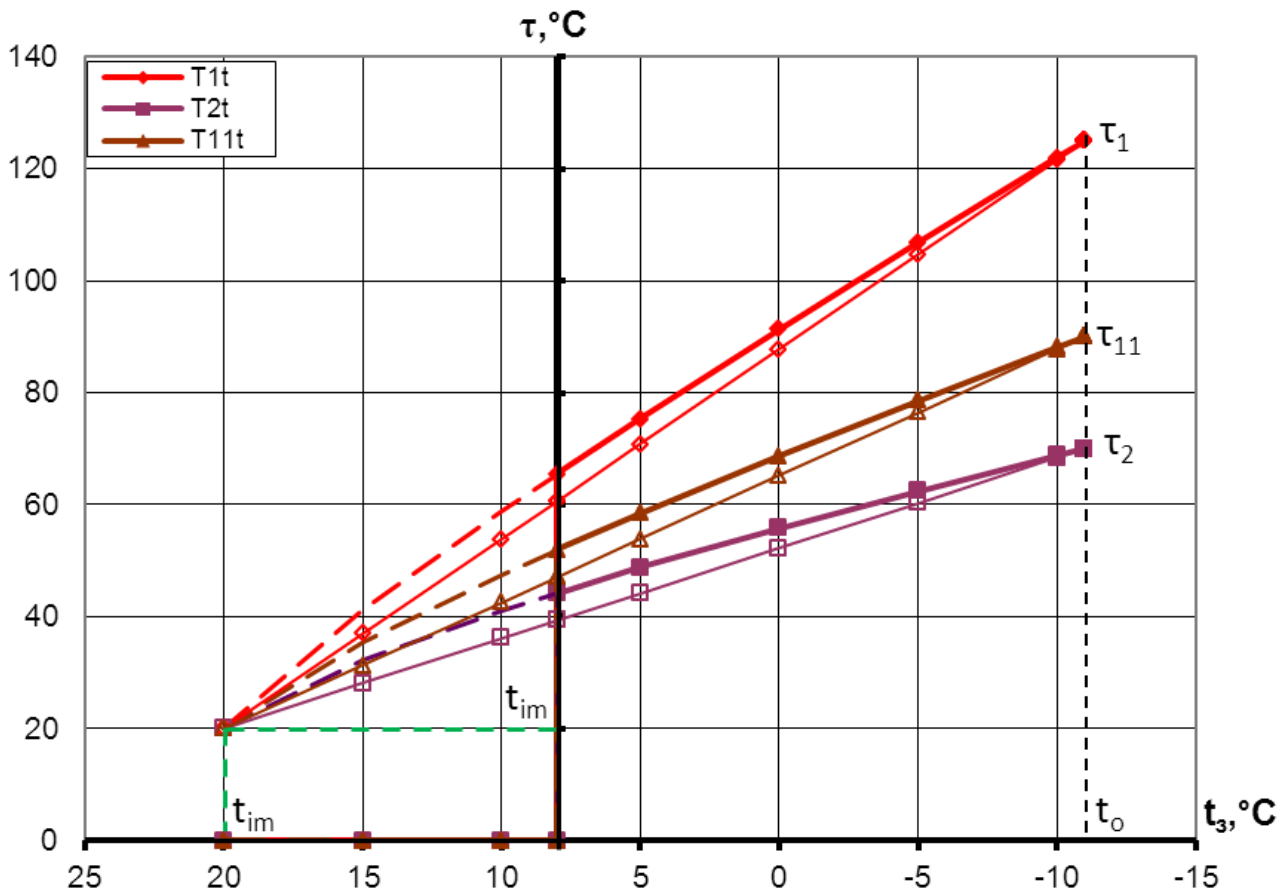


Рисунок 7.1 – Опалювальний температурний графік ($\chi_{\max} = 0$)

7.2 Побудова опалювально-побутового температурного графіка

Якщо до водяної теплової мережі T1, T2, окрім систем опалення та вентиляції, підімкнені також і системи гарячого водопостачання, то за умов $\chi_{\max} < 0,2$ та $\chi_{\max} > 1,0$ застосовується опалювально-побутовий температурний графік та одноступінчаста паралельна схема підімкнення підігрівників гарячої води. Приклад опалювально-побутового графіка подано на рисунку 7.2.

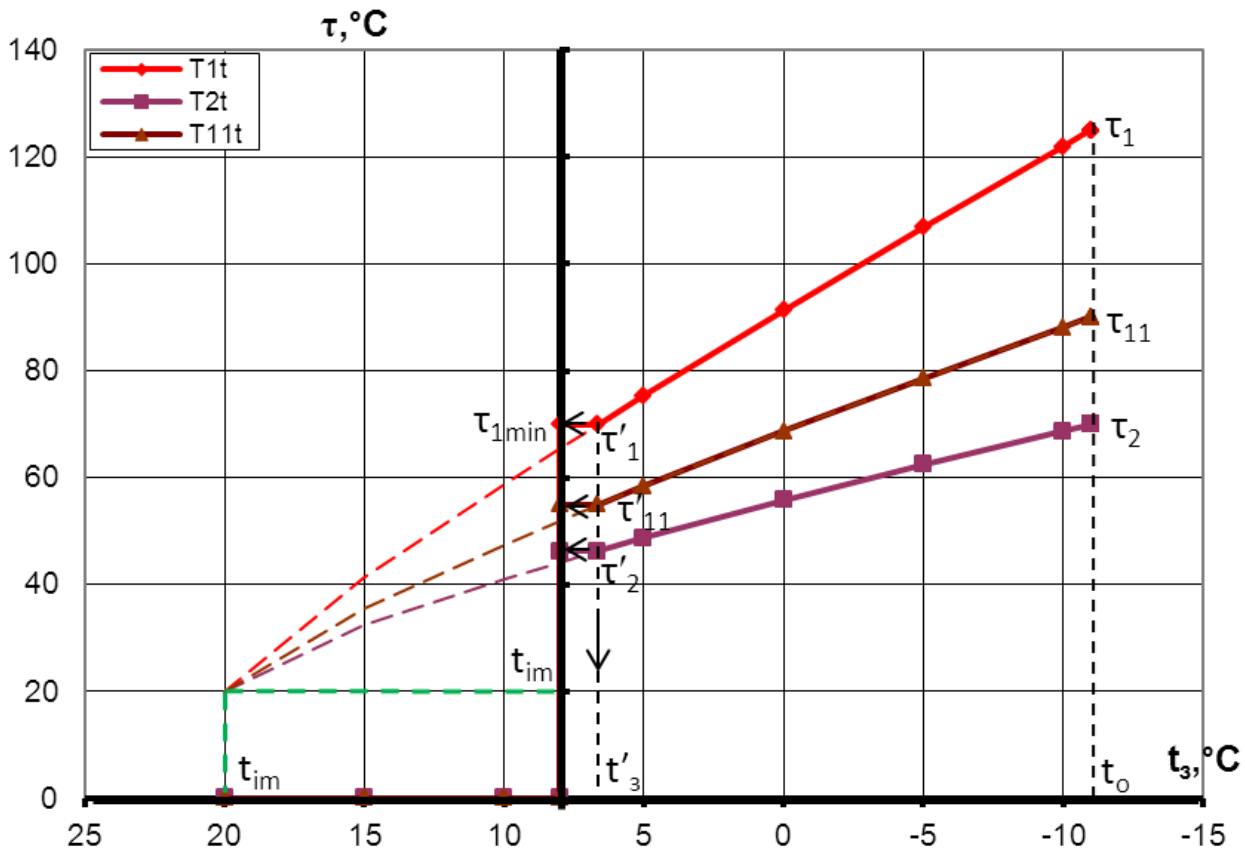


Рисунок 7.2 – Опалювально-побутовий температурний графік
 $(\chi_{max} < 0,2, \chi_{max} > 1,0)$

Опалювально-побутовий графік відрізняється від суто опалювального графіка тим, що мінімальна температура у подавальній магістралі теплової мережі обмежується знизу вимогами щодо забезпечення мінімальної розрахункової температури гарячої води у водорозбірній арматурі споживача $t_{hu} \geq 55^{\circ}\text{C}$. З урахуванням втрат температури в процесі транспортування й розподілу гарячої води та за потреби у температурному напорі між нагрівним теплоносієм і тим, що нагрівається $\Delta t = \tau_1 - t_h \geq 5...10^{\circ}\text{C}$, мінімальна температура теплоносія в подавальній магістралі теплової мережі для закритої системи тепlopостачання приймається, як $\tau_{1min} = 70^{\circ}\text{C}$. Для забезпечення підтримання такої температури теплоносія за температур зовнішнього повітря, яким відповідають нижчі температури τ_{1t} згідно з суто опалювальним графіком, змінюють спосіб регулювання відпущення тепла з якісного на кількісний².

Температура зовнішнього повітря, за якої відбувається змінювання способу регулювання відпущення тепла, називається температурою зламу і позначається t'_3 .

² За кількісного регулювання змінюють витрати теплоносія при його незмінних температурах. Зазвичай застосовують регулювання пропусками, під час якого відбувається почергове відімкнення і ввімкнення подачі теплоносія в абонентські системи опалення та вентиляції.

Таким чином, опалювально-побутовий графік будується графічним способом на базі суто опалювального графіка шляхом фіксації температури у подавальній магістралі на рівні $\tau'_1 = \tau_{1\min}$ при $t_3 > t'_3$. Температури у зворотній магістралі теплової мережі τ'_2 та у подавальній магістралі системи опалення τ'_{11} так само фіксують на постійному рівні шляхом проведення горизонтальних прямих ліній від точок перетину ліній τ_{11t} та τ_{2t} з перпендикуляром t'_3 .

У цій курсовій роботі пропонується побудувати опалювально-побутовий температурний графік незалежно від фактичного значення співвідношення навантажень на гаряче водопостачання та опалення (тобто за будь-якої величини χ_{\max}).

8 ГРАФІКИ ВІДПУЩЕННЯ ТЕПЛА СПОЖИВАЧАМ

8.1 Графік середнього теплового навантаження залежно від температури зовнішнього повітря

Графік відображає залежність теплових навантажень від температури зовнішнього повітря t_3 . Графік будується за значеннями сумарних теплових навантажень для всіх будівель (підсумовуючий рядок із таблиці 6.1). У процесі побудови графіка потрібно пам'ятати, що навантаження систем опалення та вентиляції лінійно залежать від температури зовнішнього повітря, а навантаження систем гарячого водопостачання вважаються незалежними від зовнішньої температури.

Тому для побудови графіка достатньо мати значення теплових навантажень при температурах повітря t_0 , $+8$ °C та t_i , пам'ятаючи, що за температур, більше ніж $+8$ °C, навантаження опалення та вентиляції відсутні. На графіку відображаються окремо лінії навантажень кожної інженерної системи, що споживає тепло (опалення Q_o , вентиляції Q_v , гарячого водопостачання Q_{hmid}), а також лінія сумарних теплових навантажень усіх інженерних систем Q_Σ .

Приклад побудови графіка показаний на рисунку 8.1. Графік побудовано для таких вихідних даних:

- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення t_0 : -11 °C;
- розрахункова температура холодної води в зимовий період t_c : 5 °C;
- розрахункова температура холодної води в літній період t_{cs} : 15 °C;
- розрахункові витрати тепла на опалення Q_o при t_0 : $2,095$ МВт;
- розрахункові витрати тепла на вентиляцію Q_v при t_0 : $0,241$ МВт;
- розрахункові витрати тепла на опалення Q_o^8 при $+8$ °C: $0,811$ МВт;
- розрахункові витрати тепла на вентиляцію Q_v^8 при $+8$ °C: $0,093$ МВт;
- розрахункові витрати тепла на гаряче водопостачання Q_{hmid} : $0,815$ МВт;

– розрахункові витрати тепла на ГВ у літній період $Q_{\text{hmids}}: 1,0 \text{ МВт}$.³

Значення навантажень Q_o^8 , Q_v^8 , Q_{hmids} приймаються за таблицею 6.1 або можуть бути отримані з навантажень Q_o , Q_v , Q_{hmid} за допомогою формул перерахунку (6.5), (6.6), (4.16).

З графіка зрозуміло, що в інтервалі температур зовнішнього повітря $t_3 \leq +8 \text{ }^\circ\text{C}$ (опалювальний період) $Q_\Sigma = Q_o + Q_v + Q_{\text{hmid}}$, зокрема при $t_3 = +8 \text{ }^\circ\text{C}$ $Q_\Sigma^8 = Q_o^8 + Q_v^8 + Q_{\text{hmid}}$. У літній період $Q_\Sigma^s = Q_{\text{hmids}}$.

Звичайний графік залежності теплових навантажень від температур зовнішнього повітря t_3 будується в інтервалі температур повітря $t_1 \geq t_3 \geq t_0$, але оскільки у курсовій роботі цей графік використовується для побудови графіка тривалості теплових навантажень, тобто він є частиною суміщеного графіка, мінімальна температура, що відображається на ньому, має відповідати інтервалу мінімальних температур, що спостерігались у населеному пункті, для якого він будується. У прикладі на рисунку 8.1, а ця температура дорівнює $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ відповідно до мінімального значення t_6 у таблиці 8.1 (див. розділ 8.2).

8.2 Графік середнього теплового навантаження залежно від температури зовнішнього повітря

Для побудови графіка інтервальну тривалість спостереження температур, вибрану з таблиці А.2 (дод. А) для населеного пункту, для якого проектується система теплопостачання, перераховують на інтегральну тривалість спостереження температур за принципом: якщо t_a та t_6 , відповідно, нижня та верхня межа інтервалу температур ($t_a < t_6$), то сумарна кількість годин спостереження зовнішніх температур $t_3 \leq t_6$ буде дорівнювати кількості годин спостереження температур в інтервалі від t_a до t_6 плюс тривалість спостереження зовнішніх температур $t_3 < t_a$ аналогічно до таблиці 8.1. Значення інтегральної (сумарної) кількості годин за умов $t_3 < +8 \text{ }^\circ\text{C}$ у нижньому рядку має співпадати з сумарною кількістю годин у останньому стовпчику інтервальної тривалості («Усього годин») для розрахованого міста (у прикладі для умовного міста ця кількість дорівнює 3 110 годин).

Приклад побудови графіка показаний на рисунку 8.1, б.

Масштаб горизонтальної осі графіка має бути достатнім для відображення сумарної тривалості роботи системи теплопостачання протягом року. Якщо прийняти, що нормативна тривалість профілактичних та планово-попереджувальних ремонтів становить 360 годин (15 діб) на рік, то сумарна річна тривалість роботи системи теплопостачання становитиме

³ Навантаження на гаряче водопостачання підраховані за формулою (4.20) при $\beta = 1,5$ для південного міста.

$T_{\text{річ}} = 8\,760 - 360 = 8\,400$ годин, де $8\,760$ – тривалість звичайного року у годинах (365 діб \times 24 години на добу).

На рисунку 8.1 стрілками показано побудову однієї точки графіка, що відповідає параметрам $t_6 = +5$ °C, $T_{\leq 6} = 2\,210$ годин.

Таблиця 8.1 – Перерахунок інтервальної тривалості спостереження температур зовнішнього повітря в інтегральну тривалість

Інтервал температур $t_a - t_6$, °C	-24,9– -20	-19,9– -15	-14,9– -10	-9,9– -5	-4,9– -0	-0,1– +5	+5,1– +8	Усього годин
Інтервальна тривалість $T_{\text{аб}}$, год	0	10	50	200	700	1250	900	3 110
Діапазон температур $t_3 \leq t_6$, °C	≤ -20	≤ -15	≤ -10	≤ -5	≤ 0	$\leq +5$	$\leq +8$	
Інтегральна тривалість $T_{\leq 6}$, год	0	10	60	260	760	2 210	3 110	

Для побудови графіка тривалості теплових навантажень використовують графік залежності теплових навантажень від температур зовнішнього повітря.

Від верхніх меж інтервалів температур ($t_6 = +8$ °C, $+5$ °C, 0 °C, ... (див. табл. 8.1, третій рядок) піднімають перпендикуляри до перетину з лінією сумарних теплових навантажень Q_{Σ} і від точок перетину проводять горизонталі в область графіка тривалості до їхнього перетину з вертикалями, побудованими від точок на горизонтальній осі, що відповідають кількості годин спостереження температур зовнішнього повітря $T_{\leq 6}$, менших за верхні межі інтервалів t_6 .

Отримані точки з'єднують прямими лініями, у результаті чого й виходить графік тривалості теплових навантажень протягом року. У точці, що відповідає тривалості опалювального періоду $T_{\text{оп}}$ (3 110 годин у прикладі), відбувається стрибкоподібна зміна сумарного теплового навантаження Q_{Σ} , як і на графіку залежності навантажень від температури зовнішнього повітря при температурі $+8$ °C, що відповідає початку та закінченню опалювального періоду. У неопалювальний (літній) період тривалістю $T_{\text{річ}} - T_{\text{оп}}$ сумарне теплове навантаження $Q_{\Sigma} = Q_{\Sigma}^s = Q_{\text{hmid}}^s$.

Площа фігури, обмеженої двома осями та лінією самого графіка тривалості теплових навантажень, відображає річну витрату тепла системою теплопостачання. Користуючись графіком, можна також підрахувати витрати тепла окремо в літній та зимовий періоди.

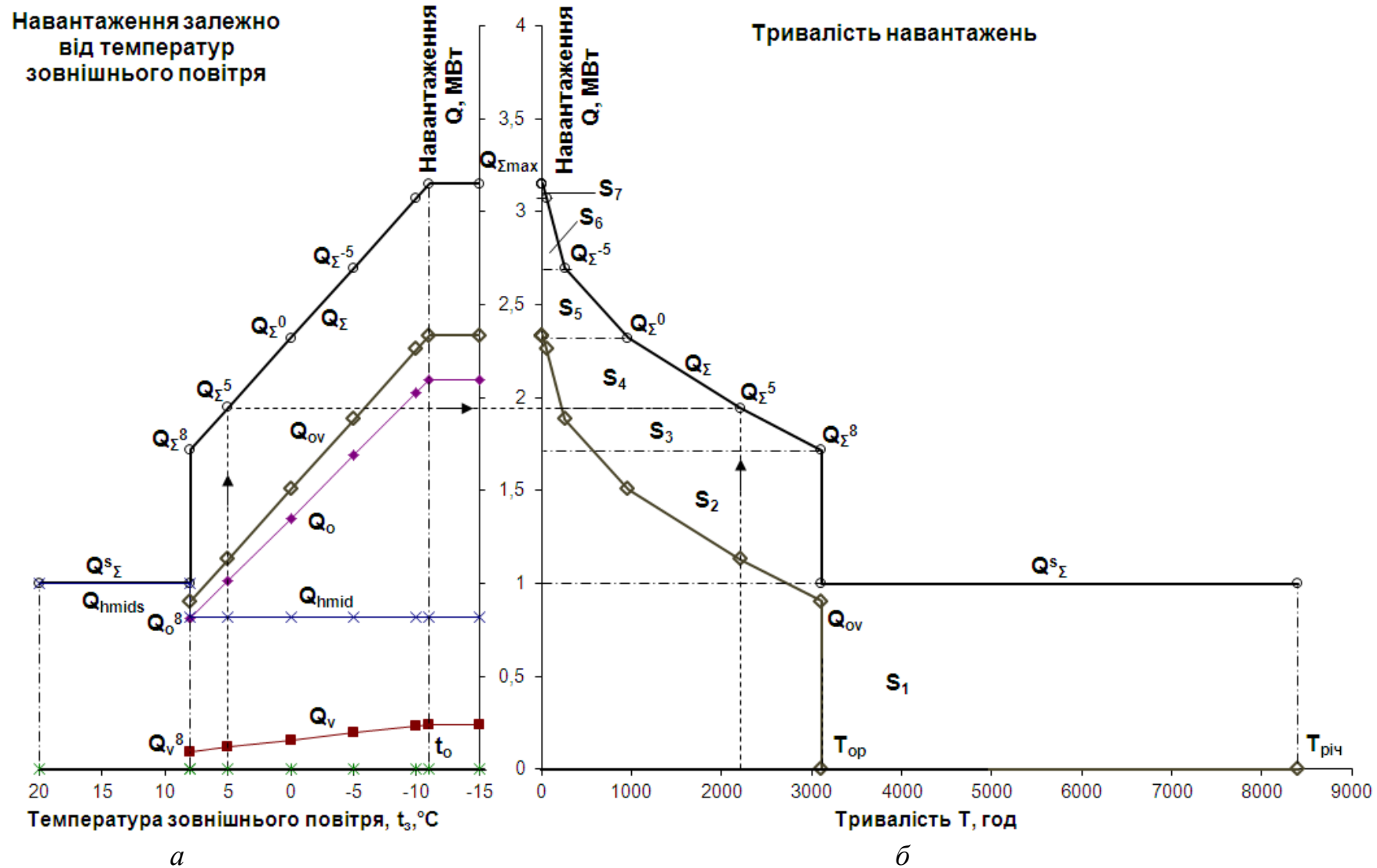


Рисунок 8.1 – Графіки залежностей теплових навантажень від температури зовнішнього повітря (*a*) та від тривалості спостереження температур зовнішнього повітря (*b*)

9 РОЗРАХУНКОВІ ВИТРАТИ ТЕПЛОНОСІЯ

9.1 Визначення розрахункових витрат теплоносія

Для виконання гідравлічних розрахунків окремих систем необхідно знати значення розрахункових витрат теплоносіїв (нагрітої води на опалення, вентиляцію з параметрами T1, T2; гарячої води на побутові потреби T3, T4). Перед розрахунком відповідних витрат необхідно остаточно визначитись, за яким варіантом буде покриватися навантаження гарячого водопостачання в окремих будівлях:

- 1) з окремої мережі гарячого водопостачання T3 (з наявністю циркуляційного трубопроводу T4 чи без такого);
- 2) з мережі водяного теплопостачання T1, T2 (з використанням водоводяних підігрівачів ГВ для закритої системи).

У першому варіанті гарячу воду отримують у джерелі теплопостачання й розповсюджують її мережею окремих трубопроводів T3 (T4). У другому варіанті приготування гарячої води здійснюється безпосередньо у кожного споживача в підігрівачах або вузлах змішування, тому мережа трубопроводів гарячої води відсутня. У цій курсовій роботі запроєктуємо розподільну систему гарячого водопостачання безпосередньо від джерела тепла.

Залежно від методики розрахунку та використовуваних таблиць або номограм витрати теплоносіїв застосовують у різних одиницях розмірності.

Розрахункові витрати водяного теплоносія мережі T1, T2 у кг/с:

– на опалення G_o :

$$G_o = Q_o \cdot 10^6 / [c \cdot (\tau_1 - \tau_2)] = 236 \cdot Q_o / (\tau_1 - \tau_2); \quad (9.1)$$

– на вентиляцію G_v :

$$G_v = Q_v \cdot 10^6 / [c \cdot (\tau_1 - \tau_2)] = 236 \cdot Q_v / (\tau_1 - \tau_2), \quad (9.2)$$

де Q_o – розрахункове навантаження на опалення, МВт;

Q_v – розрахункове навантаження на вентиляцію, МВт;

τ_1 – розрахункова температура теплоносія у подавальній магістралі теплової мережі (за розрахункової опалювальної температури зовнішнього повітря t_o), °С;

τ_2 – розрахункова температура теплоносія у зворотній магістралі теплової мережі, °С;

c – теплоємність теплоносія, середнє значення якої від інтервалу температур між подавальною та зворотною магістралями 115–70 °С до інтервалу 150–70 °С змінюється від 4 214 до 4 250 Дж/(кг·°С).

Розрахункові середні витрати водяного теплоносія мережі Т1, Т2 на гаряче водопостачання за наявності акумулятора та паралельної схеми підімкнення підігрівача у кг/с:

$$G_{hm} = Q_{hm} \cdot 10^6 / [c(\tau'_1 - \tau'_2)] = 236 \cdot Q_{hm} / (\tau'_1 - \tau'_2). \quad (9.3)$$

Розрахункові максимальні витрати теплоносія мережі Т1, Т2 на потреби ГВ за відсутності акумулятора та паралельної схеми підімкнення підігрівача у кг/с:

$$G_{hmax} = Q_{hmax} \cdot 10^6 / [c(\tau'_1 - \tau'_2)] = 236 \cdot Q_{hmax} / (\tau'_1 - \tau'_2). \quad (9.4)$$

Розрахункові середні витрати теплоносія мережі Т1, Т2 на потреби ГВ за наявності акумулятора для двоступінчастих схем підключення підігрівників у кг/с:

$$G_{hm} = 236 \cdot Q_{hm} [(t_h - t_n) / (t_h - t_c) + 0,2] / (\tau'_1 - \tau'_2). \quad (9.5)$$

Розрахункові максимальні витрати теплоносія мережі Т1, Т2 на потреби ГВ за відсутності акумулятора для двоступінчастих схем підімкнення підігрівачів у кг/с:

$$G_{hmax} = 236 \cdot Q_{hmax} [(t_h - t_n) / (t_h - t_c) + 0,2] / (\tau'_1 - \tau'_2). \quad (9.6)$$

Розрахункові максимальні витрати гарячої води мережі Т3 у кг/с:

$$G_{hw} = Q_{hmax} \cdot 10^6 / [c(t_h - t_c)] = 236 \cdot Q_{hmax} / (t_h - t_c). \quad (9.7)$$

Розрахункові середні витрати гарячої води мережі Т3 у кг/с:

$$G_{hw} = Q_{hm} \cdot 10^6 / [c(t_h - t_c)] = 236 \cdot Q_{hm} / (t_h - t_c), \quad (9.8)$$

У виразах (9.3) – (9.8) застосовані такі позначення:

τ'_1 – температура теплоносія у подавальній магістралі теплової мережі при температурі зламу графіка t'_3 , °С;

τ'_2 – температура теплоносія у зворотній магістралі теплової мережі при температурі зламу графіка t'_3 , °С;

τ'_3 – температура теплоносія у зворотній магістралі теплової мережі, згідно з [9] приймається 30 °С;

c_h – теплоємність теплоносія при мінімальній температурі у подавальній магістралі для закритих систем (70 °С); $c_h = 4\,189$ Дж/(кг·°С);

t_h – температура гарячої води, °С;

t_c – температура холодної водопровідної води, °С;

t_n – температура водопровідної води після підігрівача першого ступеня, °С.

Розрахункові витрати води у циркуляційних трубопроводах системи ГВ у курсовій роботі приймаємо 25 % від витрати гарячої води.

У випадку якісного регулювання відпуску теплоти в закритих двотрубних теплових мережах сумарну розрахункову витрату мережної води знаходять за такою формулою [9]:

$$G_{T1,T2} = G_o + G_v + k_3 G_{hm}, \quad (9.9)$$

де k_3 – коефіцієнт, що залежить від типу системи та її потужності.

У випадку регулювання за навантаженням опалення (опалювально-побутовий температурний графік регулювання відпущення тепла) для закритих систем з потужністю до 100 МВт приймається $k_3 = 1,2$; від 100 МВт та більше, а також до 100 МВт, але з баками-акумуляторами $k_3 = 1,0$; для регулювання за сумісним навантаженням опалення та гарячого водопостачання (підвищений температурний графік регулювання відпущення тепла) приймається $k_3 = 0$.

Сумарні витрати води водяних теплових мереж Т1, Т2 для кожного зі споживачів із тепловим потоком не більше 10 МВт або для відносного навантаження $\chi_{max} > 1,0$ та за відсутності баків акумуляторів знаходять за формулою

$$G_{T1,T2} = G_o + G_v + G_{hmax}. \quad (9.10)$$

Якщо потреба споживача у гарячій воді задовольняється з окремої мережі Т3(Т4), то сумарні витрати води водяної теплової мережі Т1, Т2 знаходять за формулою

$$G_{T1,T2} = G_o + G_v. \quad (9.11)$$

Розрахунок зводять у таблицю 9.1 (витрати теплоносія в таблиці 9.1 розраховані у кг/с).

Таблиця 9.1 – Витрати теплоносія по будівлям

№ з/п	Найменування будівлі	G_o	G_v	G_{ov}	G_h	k_3	$G_{T1,T2}$	G_{hw}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Буд. 10	0,631 4	0	0,631 42			0,631 42	0,459 4
2	Буд. 9	0,647 6	0,312 3	0,959 86			0,959 86	0,079 8
3	Буд. 8	0,631 4	0	0,631 42			0,631 42	0,480 3
4	Буд. 7	0,973 3	0	0,973 26			0,973 26	0,835 3
5	Буд. 6	0,973 3	0	0,973 26			0,973 26	0,704 0
6	Буд. 5	1,873 5	0	1,873 52			1,873 52	1,607 9
7	Буд. 4	1,862 2	1,110 05	2,972 22			2,97222	0,103 6
8	Буд. 3	1,557 2	0	1,557 22			1,55722	1,223 0
9	Буд. 2	2,043 8	0	2,043 85			2,04385	1,915 1
10	Буд. 1	1,167 9	0	1,167 91			1,16791	1,002 3
	Σ	12,362	1,422 35	13,783 9			13,7839	8,410 6

У п'ятому стовпчику таблиці 9.1 G_h позначені середні G_{hm} чи максимальні G_{hmax} витрати теплоносія водяної теплової мережі Т1, Т2 на потреби ГВ за формулами (9.1) – (9.6) залежно від того, яка з формул – (9.9) чи (9.10) – застосовується для визначення сумарних розрахункових витрат мережної води $G_{T1,T2}$. Потрібно зазначити, що для окремих будівель будь-які зі значень витрат G_o , G_v , G_h та G_{hw} можуть бути нульовими. З іншого боку, для окремої будівлі ненульовим може бути тільки одне зі значень витрат G_h чи G_{hw} , оскільки вони відображають принципово різні схемні рішення, що не застосовуються разом для одного споживача. Йдеться про підігрів холодної водопровідної води теплоносієм теплової мережі (G_h) з параметрами Т1, Т2 або приготування гарячої води (G_{hw}) на джерелі тепла чи ЦТП із параметрами Т3, Т4 та розповсюдження її розподільними трубопроводами системи гарячого водопостачання.

9.2 Побудова графіка витрати теплоносія

Приклад побудови графіка витрат показано на рисунку 9.1. Будь-який графік залежності витрат теплоносія G від температури зовнішнього повітря t_z будується на підставі двох інших графіків: графіка залежності теплового навантаження від зовнішньої температури (рис. 8.1) та відповідного температурного графіка (рис. 7.2).

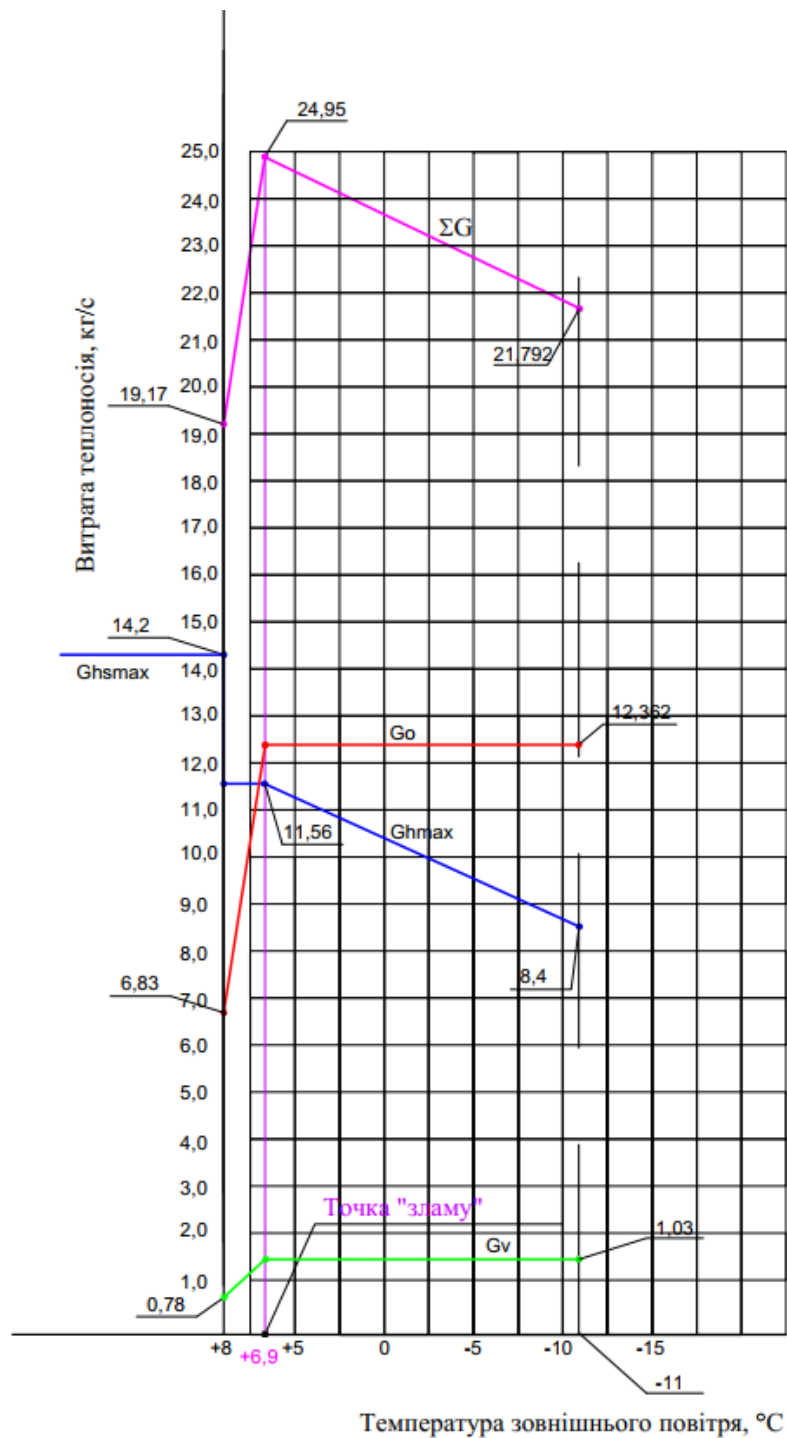


Рисунок 9.1 – Графік витрат теплоносія на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання для опалювально-побутового температурного графіку (див. рис. 7.2 та 8.1)

Значення витрати теплоносія на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання для поточної температури зовнішнього повітря можна знайти за формулами, аналогічними до формул (9.1) – (9.6), замінивши розрахункову різницю температур теплоносія у знаменнику на різницю поточних температур теплоносія $\tau_{1t} - \tau_{2t}$, що відповідають t_3 .

10 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ

10.1 Гідравлічний розрахунок водяних теплових мереж

10.1.1 Підготовчий етап

Оскільки максимальна різниця температур між теплоносієм (водою) у подавальній та зворотній магістралі не перевищує $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для параметрів температурного графіка $150\text{-}70\text{ }^{\circ}\text{C}$), різниця густин подавальної та зворотної води не перевищуватиме 60 кг/м^3 або $6,1\%$. У зв'язку з цим інженерний гідравлічний розрахунок закритих водяних мереж виконується тільки для одного напрямку (подавального чи зворотного). Для водяних мереж з навантаженням лише опалення й вентиляції (без підключення гарячого водопостачання) інженерний розрахунок ведеться для розподільних трубопроводів при розрахунковій температурі теплоносія тому, що за однакових масових витрат подавальний теплоносій, маючи дещо меншу густину, буде мати дещо більшу швидкість, а отже дещо більші втрати тиску. Водяні теплові мережі з навантаженнями не лише опалення та вентиляції, а й гарячого водопостачання варто розраховувати для температури зламу графіка, тобто $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ для закритих мереж та $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ для відкритих, оскільки саме за цієї температури будуть мати місце найбільші сумарні витрати теплоносія.

Перед виконанням гідравлічного розрахунку водяних теплових мереж необхідно підготувати розрахункову схему, на якій в одну лінію показується траса трубопроводів, що з'єднують ЦТП з усіма споживачами. Оскільки за вихідними даними практично кожен із споживачів споживає тепло принаймні на потреби опалення, трубопроводи тепломереж мають підводитися до кожного із споживачів.

Схему розбивають на розрахункові ділянки. Ділянкою вважається відрізок теплотраси, в межах якого є постійними витрати та діаметр. Оскільки зміна витрат у подавальній магістралі може відбуватися лише внаслідок розподілу теплоносія між розгалуженнями у вузлах розгалужень, ці вузли, а також точки приєднання трубопроводів до споживачів та ЦТП і є границями ділянок. Приклад виконання схеми водяних теплових мереж показано на рисунку 10.1.

Розрахункові витрати теплоносія для кожного зі споживачів приймаються за значенням G_{ov} із таблиці 9.1. Витрати на кінцевих (ділянках, що підключаються до споживачів) ділянках будуть дорівнювати розрахунковим витратам самих споживачів G_i . Витрати на проміжних ділянках між вузлами

розгалуження знаходять шляхом підсумовування витрат усіх кінцевих ділянок, що живляться від проміжних, рухаючись від споживачів до ЦТП. Інакше кажучи, витрати будь-якої ділянки дорівнюють сумі витрат усіх ділянок, що живляться від неї.

Отже, на розрахункову схему наносять:

1. Номери ділянок (за двома вузлами – початковим і кінцевим).
2. Розрахункові витрати кожного споживача на кожній ділянці (як зазначено вище).
3. Довжини ділянок (визначаються шляхом вимірювання на плані за відомим масштабом).

Нанесення починають з кінцевих ділянок, а потім рухаються від найвіддаленіших споживачів до джерела тепла.

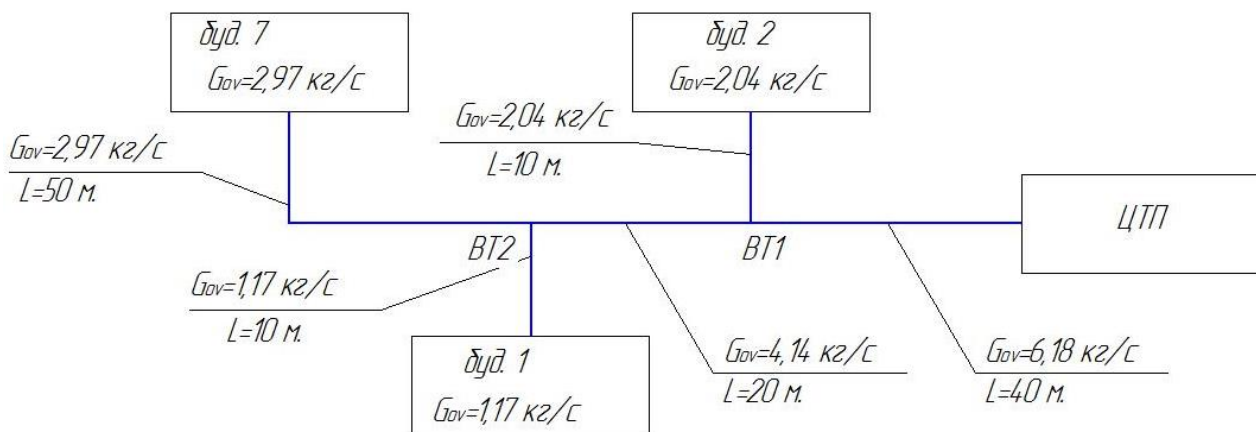


Рисунок 10.1 – Розрахункова схема водяних теплових мереж (до табл. 10.1)

10.1.2 Основний розрахунок

Розрахунок починають із вибору основного розрахункового напрямку, за який приймається маршрут від ЦТП до найбільш віддаленого споживача. Якщо дві чи більше будівель розміщуються на однаковій відстані від ЦТП (чи від спільного вузла розгалуження), розрахунковим вважається напрям із більшими витратами теплоносія.

У випадку спрощеного інженерного розрахунку водяних теплових мереж втрати тиску на будь-якій ділянці знаходять за формулою

$$\Delta P = Rl(1 + \alpha_1) = R(l + l_e) = Rl_{пр}, \quad (10.1)$$

де R – питомі втрати тиску на тертя, віднесені до довжини трубопроводу, Па/м;
 l – фізична довжина розрахункової ділянки, м;

α_1 – коефіцієнт, що відображає частку втрат на місцеві опори розрахункової ділянки від втрат тиску на тертя й приймається з таблиці Г.2 (дод. Г) залежно від типу та діаметра трубопроводу на ділянці та виду використовуваних компенсаторів;

l_e – еквівалентна довжина розрахункової ділянки, яка відображає розмір такої уявної додаткової ділянки, втрати тиску у якій дорівнюватимуть втратам тиску у місцевих опорах розрахункової ділянки, м;

$l_{пр}$ – приведена довжина розрахункової ділянки, яка дорівнює сумі фактичної та еквівалентної довжин: $l_{пр} = l + l_e$, м.

Під час підбирання діаметра ділянки виходять зі значень максимальних питомих втрат тиску $R \leq 80$ Па/м для магістральних ділянок та $R \leq 300$ Па/м для відгалужень. Окрім цього, у разі наявності великих витрат враховується обмеження швидкості води W_v , яке не повинне перевищувати 3,5 м/с. Також бажано мати на ділянці швидкість не менше ніж 0,2 м/с, оскільки у разі меншої швидкості суттєво зростає ймовірність виділення й накопичення кисню, а також механічних зважених часток.

Для підбирання діаметра ділянки можна використовувати номограми (рис. В.1 – В.2, дод. В). Підбір за номограмою здійснюють за значенням секундних масових витрат води $G_{ов}$, піднімаючи перпендикуляр вгору до перетину з однією із нахилених ліній внутрішніх діаметрів труб d . Якщо точці перетину по горизонталі відповідає значення питомих втрат тиску R на вертикальній осі у межах 80 Па/м для магістральної ділянки або 300 Па/м для відгалуження, ця точка вважається робочою і для неї визначається швидкість W_v за розташуванням ліній швидкості, нахилених в інший бік порівняно з лініями діаметрів. На діаграмі рисунка В.2 (дод. В) показано приклад підбору діаметра та визначення питомих втрат тиску й швидкості для витрат теплоносія 2,6 кг/с.

Перерахунок втрат тиску в Па у втрати напору у метрах водяного стовпа здійснюють за допомогою коефіцієнта перерахунку, що отримують із формули зв'язку між тиском та напором:

$$\Delta H = \Delta P / (\rho' g), \quad (10.2)$$

де ρ' – густина води, що залежить від її температури, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,807$ м/с².

Якщо для підрахунку користуватися номограмами, зображеними на рисунках В.1 – В.2 (дод. В), які складені для густини $\rho' = 917$ кг/м³, то коефіцієнт перерахунку

$$k_H = 1 / (917 \cdot 9,807) = 1,112 \cdot 10^{-4} \quad (10.3)$$

і формула перерахунку (10.2) буде виглядати так:

$$\Delta H = k_H \Delta P. \quad (10.4)$$

Розрахунок зводиться у таблицю 10.1, де показано приклад розрахунку схеми, наведеної на рисунку 10.1.

У процесі заповнювання таблиці спочатку розраховують основний (магістральний) напрям, а потім ув'язують всі відгалуження до споживачів. Сумарні втрати напору основного розрахункового напрямку (стовпчик 15) підсумовуються для ділянок від визначального споживача до ЦТП.

Під час ув'язування відгалужень для кожного зі споживачів перевіряється, чи не перевищують сумарні втрати напору від ув'язуваного споживача до вузла його з'єднання з основним напрямом суму втрат напору до цього ж вузла за основним напрямом. У разі перевищення необхідно перевірити правильність вибору основного розрахункового напрямку або збільшити діаметр ділянки на ув'язуваному напрямі для зменшення втрат тиску та напору.

Розгалужені схеми теплових мереж, окрім основного розрахункового напрямку, можуть мати ще кілька вторинних відгалужень. У такому випадку послідовно розраховують кожен вторинний напрям, ув'язуючи його з основним, після чого ув'язують споживачів у кожному напрямі.

У прикладі розрахунку (табл. 10.1) основним розрахунковим напрямом є гілка Буд.7 – ЦТП, оскільки будинок 7 знаходиться на більшій відстані від ЦТП, ніж будь-який інший, відгалуження – за напорами у відповідних вузлах ВТ1 та ВТ2 основного розрахункового напрямку ($0,12 \text{ м} < 0,57 \text{ м}$; $0,19 \text{ м} < 0,45 \text{ м}$).

Якщо до розраховуваної водяної теплової мережі підімкнені не лише системи опалення та вентиляції, а й системи гарячого водопостачання, то систему рекомендується розраховувати на температуру 70°C та густину 977 кг/м^3 . У цьому випадку значення питомих втрат тиску та швидкостей, отриманих із номограм на рисунках Г.1 – Г.2 (дод. Г), потрібно помножити на поправний коефіцієнт:

$$R_{70} = R_{150} \rho_{150} / \rho_{70} = 0,938 R_{150}, \quad (10.5)$$

$$W_{70} = W_{150} \rho_{150} / \rho_{70} = 0,938 W_{150}. \quad (10.6)$$

Коефіцієнт k_H у формулі (10.4) буде таким:

$$k_H = 1/(977 \cdot 9,807) = 1,043 \cdot 10^{-4}. \quad (10.7)$$

У разі використання номограм рисунків В.1 – В.2 (дод. В) для розрахунку водяних мереж Т1,Т2 без навантаження ГВ з розрахунковою температурою подавального теплоносія Т1 менше ніж 150 °С (як прийнято для рис. В.1–В.2), коригування розрахунку можна виконати за формулами, аналогічними (10.5) – (10.6).

Обираючи діаметр трубопроводу потрібно пам'ятати, що згідно з [9] мінімальний діаметр трубопроводу теплової мережі за будь-яких витрат теплоносія становить: для основного напрямку – 50 мм, для відгалужень – 32 мм, а для циркуляційних трубопроводів гарячого водопостачання – 25 мм.

10.2 Гідравлічний розрахунок мережі гарячого водопостачання

Гідравлічний розрахунок мережі гарячого водопостачання ТЗ виконується аналогічно до розрахунку водяної теплової мережі. Відмінність полягає у більшому значенні коефіцієнта еквівалентної шорсткості внутрішньої поверхні стінок сталевих трубопроводів мереж ГВ, що приймається як розрахунковий. Якщо для розрахунку мереж ГВ використовуються номограми для водяних теплових мереж із рисунків В.1 – В.2 (дод. В), то фактичні значення питомих втрат тиску знаходять за допомогою формул перерахунку:

$$R_{\Gamma} = R_{\text{В}} \rho_{\text{В}} k_{\text{сГ}}^{0,25} / (\rho_{\Gamma} k_{\text{сВ}}^{0,25}) = 1,115 R_{\text{В}}, \quad (10.8)$$

де R_{Γ} і $R_{\text{В}}$ – питомі втрати тиску мереж гарячого водопостачання та водяних теплових мереж, Па/м;

$\rho_{\text{В}}$ і ρ_{Γ} – густини теплоносія водяної теплової мережі та гарячої води, кг/м³;

$k_{\text{сГ}}$ і $k_{\text{сВ}}$ – коефіцієнти еквівалентної шорсткості внутрішніх поверхонь стінок сталевих трубопроводів мереж ГВ і водяних теплових мереж, мм.

Таблиця 10.1 – Гідравлічний розрахунок водяної теплової мережі

Розрахункова ділянка		Витрата води G_v , кг/с	Тип труб	Діаметр, мм		Довжина ділянки, м				Швидкість води W_v , м/с	Втрати тиску			Втрати напору, м	
Початковий вузол	Кінцевий вузол			умовний d_y	внутрішній d_b	за планом l	коефіцієнт опорів α_1	еквівалентна l_c	приведена $l_{пр} = l + l_c$		питомі R , Па/м	на ділянці ΔP , Па	на ділянці ΔH	сумарні від споживача $\Sigma \Delta H$	ув'язуванні ΔH_u
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Основний розрахунковий напрям – Буд. 7 – ЦТП															
Буд. 7	ВТ2	2,97	Безшовні	80	82	50	0,3	15,0	65,0	0,57	62,1	4037	0,45	0,45	
ВТ2	ВТ1	4,14	Безшовні	100	100	20	0,3	6,0	26,0	0,51	41,8	1087	0,12	0,57	
ВТ1	ЦТП	6,18	Безшовні	125	125	40	0,3	12,0	52,0	0,5	30,1	1565	0,17	0,74	
Відгалуження															
Буд. 2	ВТ1	2,04	Звичайні	65	69	10	0,3	3,0	13,0	0,52	82,6	1074	0,12	0,12	< 0,57
Буд. 1	ВТ2	1,17	Звичайні	50	51	10	0,3	3,0	13,0	0,59	133	1729	0,65	0,19	< 0,45

11 ВИБІР СПОСОБУ ПРОКЛАДАННЯ МЕРЕЖІ ТА ОПИС ОБРАНИХ ДЛЯ ЦЬОГО БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

11.1 Монтажна схема теплових мереж

Приблизно 2/3 площі аркуша А1 курсової роботи (верхню ліву частину) має займати монтажна схема теплової мережі. Монтажна схема розробляється шляхом поєднання розрахункових схем усіх розроблених систем (водяної теплової мережі, трубопроводів системи гарячого водопостачання) з урахуванням їхньої кількості в кожній системі. На монтажній схемі відображають усі будинки та будівлі (ЦТП, житлові будинки, школа, дитячий садок), автомобільні шляхи з під'їздами до будинків. Будинки, автомобільні шляхи показують основними тонкими лініями дещо товстішими за розмірні. У процесі креслення будинків дотримуються обраного масштабу (1 : 500, 1 : 1 000), для автомобільних шляхів необхідне дотримання тільки поздовжнього (осьового) масштабу, поперечні розміри можна збільшувати, щоб уникнути «злиття» проїжджої частини в одну лінію. Схему теплової мережі виконують без масштабу, проте рекомендується дотримуватися поздовжнього (осьового) масштабу (1 : 500, 1 : 1 000) для відстаней між осями відгалужень, поворотів траси та компенсаторів. Поперечний масштаб може діяти лише для відстаней від будинків до поздовжньої осі теплотраси.

Теплова мережа обов'язково повинна містити: трубопроводи всіх розроблених систем (водяної теплової мережі, системи ГВП), компенсатори, нерухомі опори та вузли трубопроводів на відгалуженнях до споживачів. Також на мережі позначають кути поворотів, якщо вони не дорівнюють 90°.

Кожен трубопровід показують основною товстою лінією завширшки 0,5 мм на умовній відстані 2 мм один від одного. Чинними нормами [1] передбачено стандартні позначення трубопроводів: Т1 та Т2 – подавальний та зворотний трубопроводи водяної теплової мережі, Т3 та Т4 – подавальний та циркуляційний трубопроводи системи гарячого водопостачання.

Порядок розташування трубопроводів визначається такими вимогами та правилами:

1. За напрямом розповсюдження тепла від ЦТП до споживачів трубопроводи розташовують справа наліво, починаючи від трубопроводів з найбільшою температурою теплоносія та діаметром і закінчуючи тими, в яких температура теплоносія та діаметр найменші.

2. У процесі розташування трубопроводів за п. 1 пари трубопроводів, що належать до однієї системи, не розбивають, тобто розташовують Т2 поруч із Т1, Т4 поруч із Т3.

3. Найвищу температуру має подавальний трубопровід теплової мережі. Трубопроводи позначають на монтажній схемі відповідними літерно-чисельними позначеннями, які вписують в розриви ліній, що їх зображають або розташовують поруч з ними. Також на кожній ділянці (між двома відгалуженнями або між відгалуженням та будівлею) трубопроводи позначають підписами на виносних лініях, де вказують тип трубопроводу, його зовнішній діаметр, загальний діаметр з урахуванням товщини теплової ізоляції та товщину стінки, наприклад: Т1 Ø133/225 × 4. Підписи всіх трубопроводів розташовують один над одним у вигляді вертикальної таблички. Порядок розташування підписів (згори вниз) має відповідати порядку перетину ліній трубопроводів виносною лінією в разі її проведення від таблички.

Компенсатори або компенсаційні елементи мають розташовуватися між кожними двома нерухомими опорами. До компенсаційних елементів теплотраси відносять власне компенсатори та елементи самокомпенсації, якими можуть бути повороти траси з кутом від 90 ° до 150 ° включно. Один поворот траси утворює так звану Г-подібну ділянку, два повороти у різних напрямках – це Z-подібна ділянка. З усіх видів компенсаторів, що застосовуються у теплових мережах, найкращими для теплопостачання є П-подібні компенсатори, що належать до компенсаторів радіального типу. П-подібні компенсатори розташовують посередині ділянки, що потребує компенсації. Відхилення осі П-подібного компенсатора від середини ділянки, що потребує компенсації, не повинне перевищувати ±15 % відстані між двома нерухомими опорами. П-подібні компенсатори позначають на монтажній схемі літерою К з порядковим номером компенсатора, наприклад: К1, К3, К8 і т. д.

На монтажній схемі П-подібні компенсатори показують у вигляді П-подібної скоби, що розрізає та перериває лінії всіх трубопроводів, виступаючи за їх межі. Згідно з викладеним вище порядком розташування трубопроводів можливі два варіанти розгортання П-подібних компенсаторів:

1) праворуч від осі теплотраси за напрямом розподілу тепла від джерела до споживачів, якщо трубопроводи можна розташувати у послідовності зменшення потрібних розмірів компенсаторів, наприклад справа наліво: Т1, Т2, Т3, Т4;

2) по обидва боки від осі теплотраси – якщо є трубопроводи, що потребують компенсаторів з близькими або однаковими розмірами. У цьому випадку кожен із двох П-подібних символів компенсаторів перетинає лінії тільки тих трубопроводів, компенсатори яких розгортаються в той самий бік, що й зазначений символ.

Осьові компенсатори (сальникові, сільфонні, манжетні) застосовують лише на прямолінійних ділянках траси і позначають літерами ОК з порядковим

номером: ОК1, ОК2 і т. і. У курсовій роботі рекомендується обмежитися П-подібними компенсаторами.

Вузли трубопроводів улаштовують на всіх відгалуженнях трубопроводів – як на магістральних, так і на відведеннях до споживачів, а також у місцях, де є потреба в обслуговуванні трубопроводів, наприклад, на місцях переходів від одного способу прокладання до іншого. У вузлах трубопроводів показують:

- 1) місце приєднання кожного трубопроводу відгалуження до магістрального трубопроводу жирною крапкою;
- 2) запірну арматуру на кожному відгалуженні до споживача незалежно від діаметра відгалуження;
- 3) запірну арматуру на відгалуженнях із умовним діаметром 100 мм та більше;
- 4) переходи діаметрів після відгалужень, якщо за гідравлічним розрахунком відповідної системи ділянка після відгалуження має менший діаметр, ніж до нього;
- 5) фланці-заглушки або ревізії, якщо відгалуження від вузла трубопроводів до абонента є кінцевим або в разі зміни способу прокладання трубопроводів (наприклад, із підземного на надземний).

Вузол трубопроводів позначають на монтажній схемі окружністю, викресленою тонкою лінією, що охоплює всі основні складові елементи відгалуження (запірну арматуру, точки приєднання трубопроводів, переходи діаметрів тощо).

Вузол трубопроводів позначають літерами ВТ із порядковим номером вузла, наприклад: ВТ1, ВТ4, ВТ5 тощо.

Кути поворотів показують на монтажній схемі у випадках, коли вони не є прямими. Кут показують із внутрішнього боку повороту, зазначаючи його розмір у градусах підписом на дузі, викресленій між сторонами лінії найближчого до внутрішнього кута трубопроводу. Кут позначають літерами КП з порядковим номером кута: КП1, КП2 тощо.

Дренажні колодязі влаштовують, як правило, у разі підземного прокладання в нижніх точках теплотраси поруч із вузлом трубопроводів із метою відведення теплоносія у дренаж під час виконання ремонтних робіт або з метою зниження рівня ґрунтових вод. Колодязі позначають літерами КД з порядковим номером колодязя, наприклад: КД1, КД2 тощо.

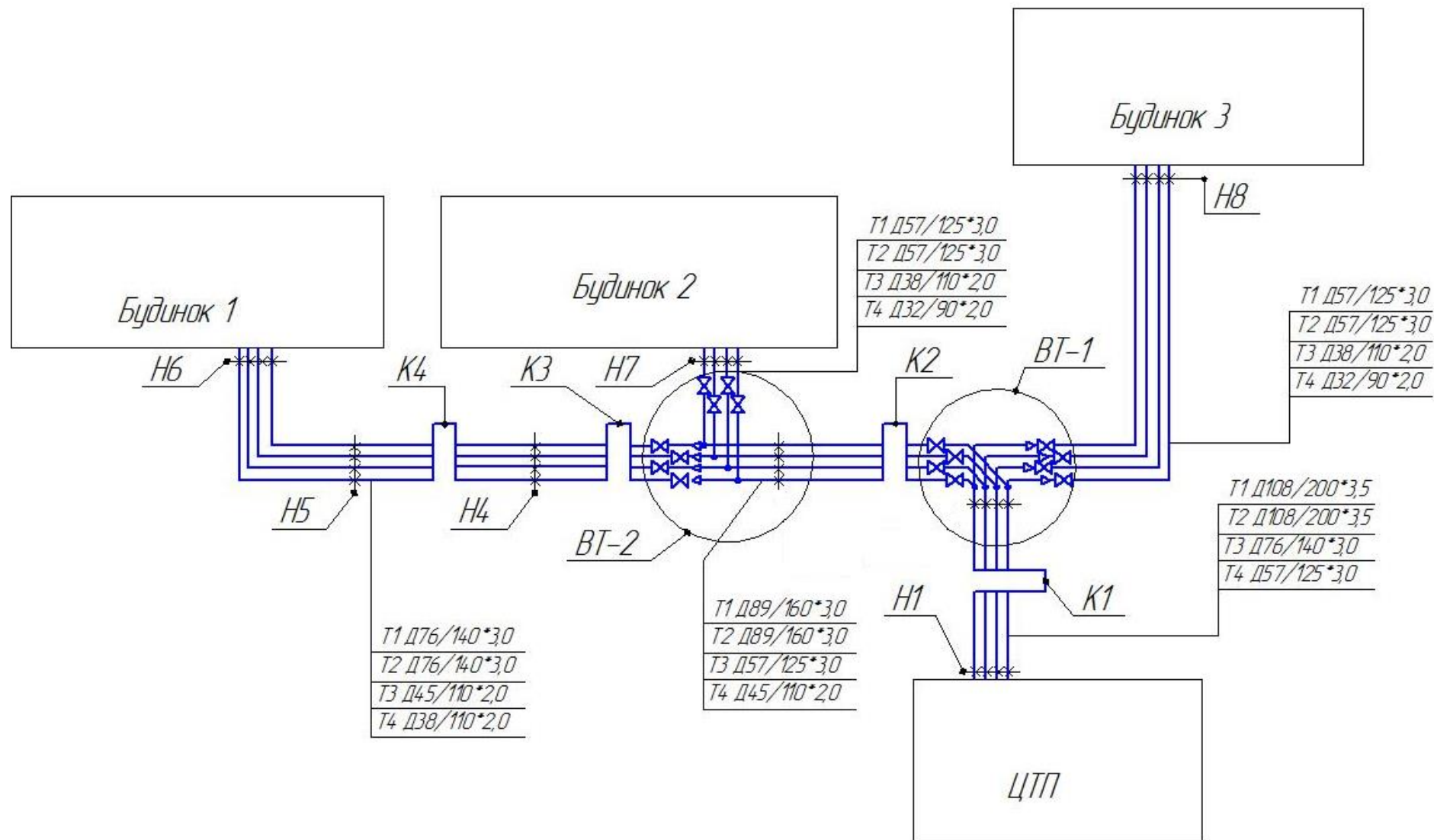


Рисунок 11.1 – Приклад монтажної схеми для систем тепlopостачання

Нумерація позначень вузлів трубопроводів, нерухомих опор, компенсаторів, кутів повороту ведеться, як правило, від ЦТП основною магістраллю й далі другорядними гілками та відгалуженнями до споживачів. Проте варто пам'ятати, що точки, відповідні вузлам трубопроводів, вже мали певні номери у розрахункових схемах гідравлічних розрахунків, що присвоювалися за таким же ж принципом. Тому, з метою уникнення плутанини, варто надавати вузлам трубопроводів номери у відповідності до розрахункових схем.

Приклад монтажної схеми наведено на рисунку 11.1.

11.2 Вузли та розрізи

Площа камери визначається за її розмірами, які залежать від кількості та діаметрів трубопроводів, товщин теплової ізоляції на цих трубопроводах та мінімальних відстаней від захисних оболонок теплоізоляційних конструкцій трубопроводів та обладнання до поверхонь сусідніх теплоізольованих елементів або стінок камери на просвіт згідно з таблицями Г.1–Г.3 додатка Г або [9]. Приклад виконання схеми теплової камери у разі підземного прокладання показано на рисунку 11.2.

За надземного прокладання на високих опорах вузли трубопроводів облаштовують на стаціонарних майданчиках обслуговування, якщо їх рівень розташування перевищує 2,5 м [9]. Кожен такий майданчик повинен мати огорожу за зовнішнім периметром для запобігання падіння з висоти обслуговуючого персоналу. Огорожу з обох боків повинні мати й драбини з кутом нахилу більше ніж 75° або висотою більше ніж 3 м. Ґратчаста конструкція підлоги майданчика і сходи драбини зменшують ймовірність ковзання персоналу по підлозі під час обледеніння. У разі розташування майданчика обслуговування на рівні 5 м і більше сходи виконують з проміжними майданчиками. Майданчик обслуговування, як правило, виконують прямокутної форми, обпираючи його на колони, виконані зі сталевого профілю (двотавр, швелер). Розмір майданчика, як і теплової камери, визначається залежно від кількості трубопроводів, зовнішніх діаметрів теплоізоляційних конструкцій труб, що складаються з діаметрів самих труб та товщин теплоізоляційних шарів, відстаней між трубопровідними конструкціями на просвіт, а також наявності, конструкції та розмірів запірної арматури.

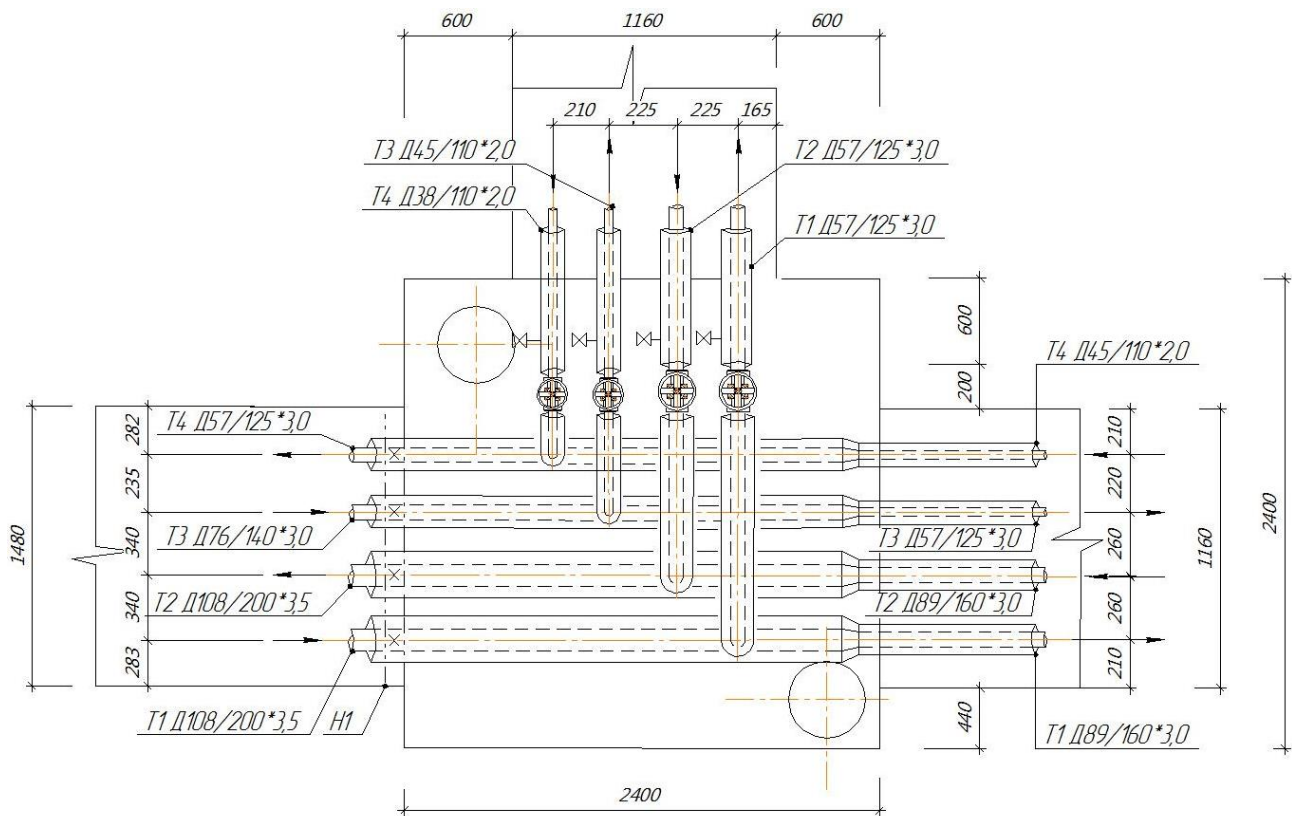


Рисунок 11.2 – Приклад вузла трубопроводів, виконаного у вигляді теплової камери для підземного прокладання

У першому наближенні міжосьові відстані між трубами можна прийняти за таблицею 11.1, а розмір запірної арматури – вдвічі більшим за зовнішній діаметр трубопроводу, на який вона встановлюється.

Остаточні відстані між трубами встановлюються після виконання гідравлічних розрахунків, визначення товщин теплоізоляційних конструкцій та прийняття обґрунтованого рішення щодо способу прокладання трубопроводів на відповідних ділянках теплотраси з урахуванням мінімальних відстаней між трубами та будівельними конструкціями, що наведені в таблицях Г.1–Г.3 додатка Г. Ширина проходу для персоналу на майданчику має становити не менше ніж 0,6 м. Мінімальний рівень складності розроблюваного вузла трубопроводів – 4 × 2 (4 труби основного напрямку, 2 труби відгалуження).

Таблиця 11.1 – Залежність міжосьової відстані b від діаметра умовного проходу

d_y , мм	50-80	100	125-150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
b , мм	350	400	500	550	600	650	700	800	900	1 000	1 300	1 400

Розрізи позначають на будівельних планах та монтажних схемах подвійним чисельним позначенням: 1–1, 2–2 і т. д. Місце розташування січної

площини розрізу зображують на плані або схемі двома жирними лініями по обидва боки від траси зі стрілками, спрямованими до них від ЦТП.

Приклади розрізів для підземного прокладання теплових мереж наведено на рисунках 11.3 – 11.4 (безканальне прокладання на рисунку 11.3 та прокладання в непрохідному каналі рисунка 11.4).

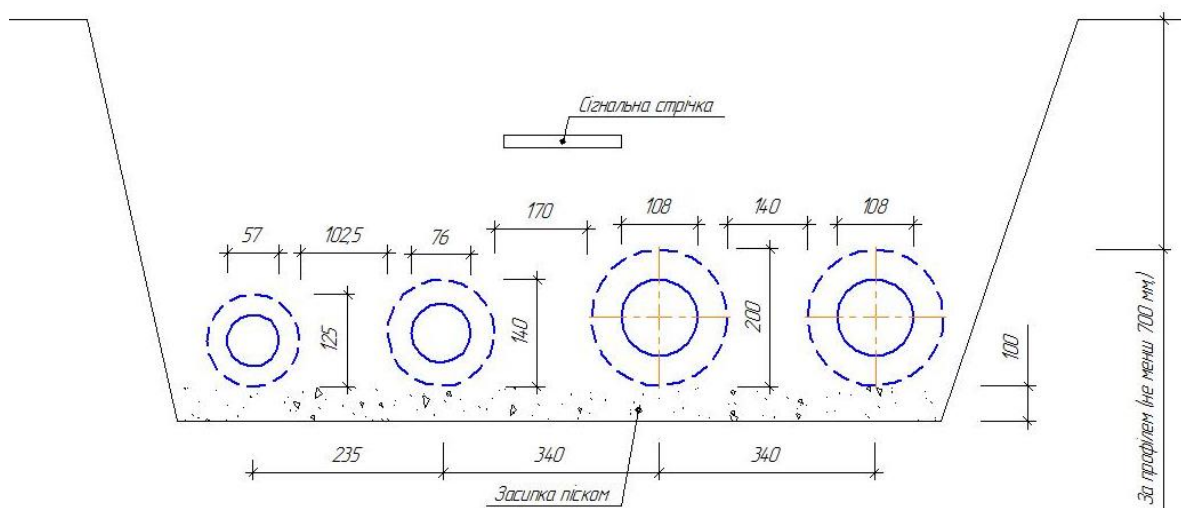


Рисунок 11.3 – Приклад розрізу теплової мережі у випадку підземного безканального прокладання

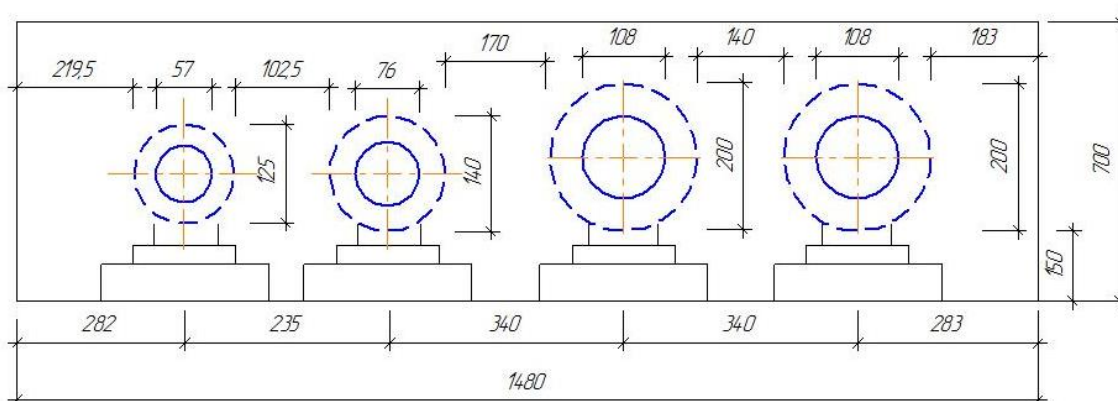


Рисунок 11.4 – Приклад розрізу теплової мережі у випадку підземного прокладання в непрохідних залізобетонних каналах

12 ПОБУДОВА ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ ДІЛЯНОК ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

Поздовжній профіль теплотраси (ППТ) будується з метою визначення способів її прокладання на окремих ділянках та рівня розташування трубопроводів, а також ув'язування обраного розташування теплотраси з іншими інженерними комунікаціями (автомобільні та залізничні шляхи, газопроводи, водопроводи, каналізація, електрокабелі тощо) та підземними й надземними спорудами. Також ППТ використовують для визначення уклонів трубопроводів та місць розташування пристроїв для спуску води (дренажів, дренажних колодязів) та повітря (повітряників). З метою забезпечення природнього спорожнення трубопроводів, а також заповнення водою відремонтованих ділянок теплотраси без залишків повітря, дренажі розташовують у найнижчих точках теплотраси, а повітряники – у найвищих точках.

Позначки потрібних точок місцевості визначають за планом системи теплопостачання з геодезичними лініями або позначеннями сусідніх із трасою точок. Для точок, розташованих між геодезичними лініями або сусідніми точками з відомими позначеннями, потрібні позначення визначають за допомогою лінійки шляхом інтерполяції за формулою

$$H_T = H_M + (H_B - H_M) l_M / l_{M-B}, \quad (12.1)$$

де H_T – визначуване позначення точки, розташованої між двома геодезичними лініями з позначеннями H_M та H_B , м;

l_{M-B} – відстань між двома геодезичними лініями, виміряна за найкоротшим відрізком прямої, проведеної через визначувану точку, мм;

l_M – відстань між геодезичною лінією та визначуваною точкою, виміряна за тим самим відрізком, мм.

Принципи користування формулою (12.1) проілюстровані на рисунку 12.1. Найкоротший відрізок прямої лінії, проведеної через точку, яка визначається, позначений на ньому пунктирною лінією. Формула інтерполяції працює коректно для будь-якого співвідношення між значеннями позначень H_M та H_B ($H_M < H_B$, $H_M > H_B$, $H_M = H_B$) за умови коректної підстановки значень довжин відповідно до величини позначень. Для часткової перевірки можна оцінити, чи величина H_T розміщується між величинами H_M і H_B та чи є значення H_T ближчим до позначення тієї лінії, до якої точка, яка визначається, розташована найближче.

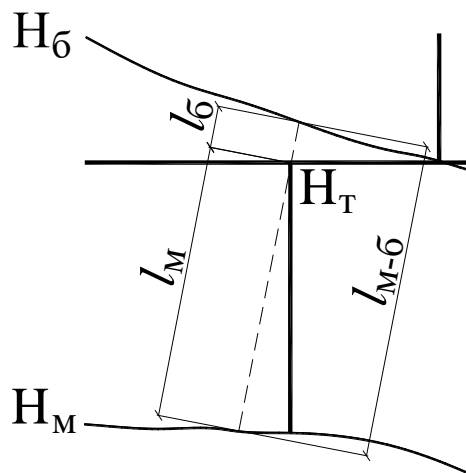


Рисунок 12.1 – Визначення позначень точок місцевості

Згідно з [8] ППТ будують у вигляді розгорток по осі траси в таких масштабах: по горизонталі – 1 : 500, 1 : 1 000; по вертикалі 1 : 50, 1 : 100. Допускається для зручності користування показувати на профілі вертикальну вісь зі шкалою позначень від рівня океану. Під профілем розташовують табличку, зміст рядків якої обирають залежно від способу прокладання тепломережі – надземного чи підземного, як показано на рисунку 12.2. Форма 2 відповідає підземному прокладанню, а форма 3 – надземному. Якщо на відрізку теплотраси, для якого будується профіль, застосовано обидва способи прокладання, то його розбивають на фрагменти.

ППТ будують у такій послідовності:

1. Виокремлюють із системи теплопостачання частину, що потребує побудови ППТ.
2. Визначають спосіб прокладання трубопроводів на виділеній частині.
3. Приймають найбільш зручні для користування масштаби по вертикалі та горизонталі з переліку дозволених (див. вище) залежно від загальної довжини фрагменту тепломережі та амплітуди коливань профілю місцевості.
4. За будівельним планом або розрахунковими схемами мереж розбивають таблицю за формою 2 чи 3 (залежно від способу прокладання) на стовпці, ширина яких становить довжини ділянок в обраному масштабі.
5. У нижньому рядку таблиці будують спрямлений план частини теплотраси, для якої будується ППТ, розкриваючи кути поворотів траси до 180 °.
6. На вертикалях, піднятих із меж стовпчиків таблиці, будують натурний профіль місцевості, відкладаючи позначення характерних точок землі

по осі теплотраси. Позначення обчислюють шляхом інтерполяції (екстраполяції) значень відомих позначень об'єктів генплану або позначень геодезичних ліній. (див. рис. 12.1).

7. Якщо потрібно перепланувати профіль місцевості, що може бути спричинене, наприклад, необхідністю забезпечення мінімальних ухилів на певних ділянках теплотраси, то проводять проектну лінію землі та записують її позначення у перший рядок таблиці за формою 2 або 3. Якщо перепланувати місцевість уздовж теплотраси не потрібно, величини позначень у першому та другому рядках таблиць за формами 2 і 3 будуть співпадати.

8. Показують на профілі всі інженерні комунікації, що перетинає розглядуваний відрізок теплотраси, у вигляді перерізів на відповідних глибинах та відстанях від вузлових точок.

9. Підібравши конструкції нерухомих опор, рухомих опор та каналів (за їхньої наявності при надземному прокладанні або підземному каналному прокладанні), обчислюють позначення для третього та четвертого рядків таблиці, починаючи з перерізів, для яких ці величини відомі або визначені нормативами та обмеженнями [8] (дод. Б та Ж [9]).

10. Обчислюють нахили (%) на відрізках профілю теплотраси за формулою

$$N_{\text{від}} = 1\,000 (h_{\text{поч}} - h_{\text{кін}}) / l_{\text{від}}, \quad (12.2)$$

де $h_{\text{поч}}$, $h_{\text{кін}}$ – позначення початкового та кінцевого вузлів відрізка теплотраси на профілі, м;

$l_{\text{від}}$ – довжина цього відрізка, м.

За наявності відомого ухилу кінцеву позначку ділянки теплотраси можна знайти за аналогічною формулою:

$$h_{\text{кін}} = h_{\text{поч}} \pm N_{\text{від}} l_{\text{від}} / 1\,000. \quad (12.3)$$

Знак операції у формулі (12.3) залежить від характеру змінювання позначень (підвищення або зниження).

11. Розставляють номери перерізів, що відповідають певним відрізкам теплотраси, у шостому рядку таблиці за формою 2 або 3 та внутрішні розміри для каналного прокладання за формою 2.

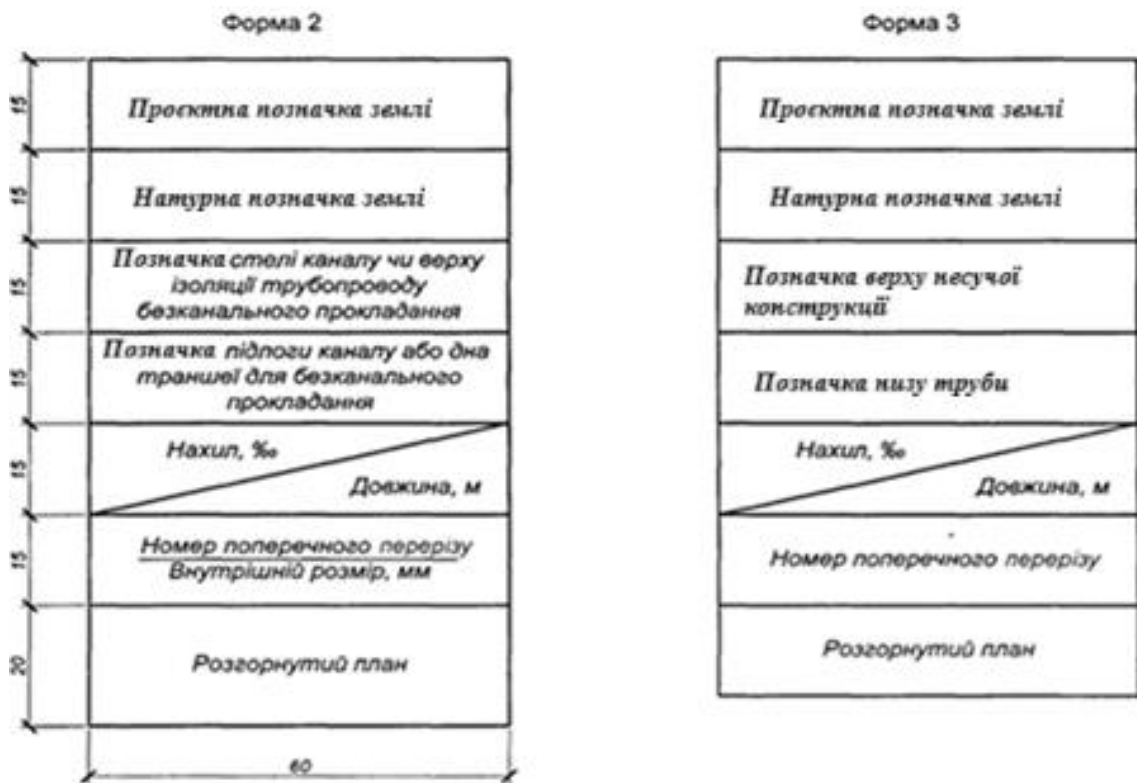


Рисунок 12.2 – Форми профілю для підземного (форма 2) та надземного (форма 3) прокладання

13 ПІДБІР РУХОМИХ ТА НЕРУХОМИХ ОПОР

Нерухомі опори використовують для закріплення на місцевості окремих точок теплотраси з метою сприйняття термічних напружень і запобігання неконтрольованій деформації трубопроводів теплової мережі.

Нерухомі опори обов'язково розташовують на виході з ЦТП, перед будівлею кожного споживача і перед кожним відгалуженням у вузлі трубопроводів або перед ним у напрямі розподілу тепла від джерела теплопостачання до споживачів. Окрім цього, нерухомі опори можуть також розташовуватися поза вузлами трубопроводів на прямолінійних ділянках траси, якщо довжина такої ділянки перевищує рекомендовану відстань між нерухомими опорами. Допустимі відстані між щитовими нерухомими опорами наведені в таблиці 13.1.

Також для вибору відстаней між будь-якими опорами можна скористатися таблицею В.1 (дод. В). Якщо ділянка містить трубопроводи з різними діаметрами та видами теплоносія, то відстань між нерухомими опорами обирають за мінімальним значенням, що потребує будь-який трубопровід на ділянці. Наприклад, якщо на прямолінійній ділянці або ділянці з поворотом на кут більше ніж 150° , яка має довжину 120 метрів і містить, крім

інших, трубопровід із найменшим діаметром $D_y = 100$ мм, застосовують П-подібні компенсатори, ділянку необхідно розділити на два відрізки додатковою нерухомою опорою та на кожному відрізку встановити компенсатор.

Таблиця 13.1 – Відстані, м, між нерухомими опорами трубопроводів із П-подібними (П)⁴ і чепцевими (Ч) компенсаторами

D _y , мм	Теплоносій					
	Вода		Пара			
	p = 0,8–1,6 МПа t = 100–150 °С		p = 0,8 МПа t = 250 °С		p = 1,3 МПа t = 300 °С	
	П	Ч	П	Ч	П	Ч
25	–		50		50	
32	50		50		50	
40–50	60	–	60	–	60	–
70	70		70		70	
80	80		80		80	
100	80	70	80	60	80	50
125	90	70	90	60	90	50
150	100	80	100	70	90	60
175	100	80	100	70	100	60
200	120	80	120	70	100	60
250	120	100	120	70	120	60
300	120	100	120	70	120	60
350	140	120	120	70	120	60
400	160	140	140	100	140	80

Нерухому опору зображують тонкою лінією, що перетинає всі трубопроводи перпендикулярно до поздовжньої осі траси, відзначаючи заземлення кожного трубопроводу хрестиком. Нерухомі опори поза вузлами трубопроводів позначають літерою Н із порядковим номером опори, наприклад: Н1, Н2, Н5 тощо.

⁴ Відстань між нерухомими опорами трубопроводів на ділянках самокомпенсації рекомендується приймати не більше ніж 60 % від зазначених для П-подібних компенсаторів.

14 КОНСТРУЮВАННЯ ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ЦТП

ЦТП може мати різні види обладнання залежно від параметрів теплової мережі (температур, тиску), від схем підімкнення абонентських введень до теплових мереж, тиску холодної води тощо. У цьому курсовому проєкті наведено підбір деякого обладнання. Але залежно від параметрів теплових мереж, системи водопостачання, схем підімкнення абонентських введень перелік обладнання може змінюватися.

14.1 Циркуляційні насоси системи гарячого водопостачання

Вибір насоса проводимо виходячи з даних про витрати гарячої води в системі циркуляції (відповідно до даних таблиці гідравлічного розрахунку системи циркуляції гарячого водопостачання) та необхідного напору, який визначається за формулою

$$\Delta H = \Delta H_{T4} + \Delta H_M + \Delta H_{BO} \quad \Delta H = \Delta H_{T4} + \Delta H_M + \Delta H_{BO}, \quad (14.1)$$

де ΔH_{T4} – втрати напору в мережі циркуляції гарячого водопостачання від споживачів до ЦТП (згідно з даними гідравлічного розрахунку системи циркуляції гарячого водопостачання);

ΔH_M – втрати напору у системі циркуляції гарячого водопостачання споживачів, приймається 5 м вод. ст.;

ΔH_{BO} – втрати напору на вузлі обліку системи циркуляції гарячого водопостачання, приймається 1 м вод. ст.

Вибір насоса виконуємо за даними щодо витрати води у системі циркуляції та напору за допомогою програм підбору насосів Wilo-Select 5 [28] (рис. Д.1 дод. Д) або Grundfos [29].

Підсумком вибору є характеристики насоса у вигляді кривих із зазначенням робочої точки (з урахуванням запасу).

Приймаємо до встановлення два насоса: один базовий, другий – резервний.

14.2 Підбір приладу обліку теплової енергії

Прилад обліку теплової енергії, яка подається на ЦТП, складається з теплового лічильника, який встановлюється у подавальному трубопроводі, та водоміра гарячої води для контролю витоків теплоносія, який встановлюється у зворотному трубопроводі (водомір гарячої води для контролю витоків теплоносія встановлюється у зворотному трубопроводі, якщо існують

теплообмінні апарати систем опалення, гарячого водопостачання або наявне підземне прокладання теплової мережі після вузла обліку теплової енергії)⁵.

Підбір теплового лічильника виконується за витратою теплоносія так, щоб витрата була нижчою, ніж номінальна витрата перетворювача витрат теплового лічильника q_p (табл. Д.1 дод. Д).

Підбір водоміра гарячої води у зворотному трубопроводі для контролю витoku теплоносія виконується за витратою теплоносія так, щоб вона була нижчою, ніж безперервна витрата водоміра Q_3 (табл. Д.2 і Д.3 дод. Д).

Максимальна витрата теплоносія ΣG визначається за графіком витрат теплоносія у точці зламу температурного графіка.

У зв'язку з тим що система тепlopостачання працює в літній період, можливе зниження загальних витрат теплоносія до величини максимальної витрати теплоносія на потреби винятково гарячого водопостачання. Тому необхідно перевіряти, щоб витрата теплоносія у літній період була більшою, ніж перехідна витрата перетворювача витрат теплового лічильника $q_{п.}$ та більшою, ніж середня витрата для водоміра гарячої води Q_2 .

Перехідну витрату для перетворювача витрат (для теплового лічильника Sharky 775) знаходять за формулою

$$q_{п.} = (q_p \cdot 2) / 100. \quad (14.2)$$

Підбираючи водомір гарячої води, приймаємо його діаметр рівним діаметру перетворювача витрат теплового лічильника.

Втрати тиску на перетворювачі витрат теплового лічильника Sharky-775 визначаються за такою формулою, атм.:

$$\Delta P = \left(\frac{\Sigma G}{q_p}\right)^2 \cdot \Delta p \cdot 10^{-3}, \quad (14.3)$$

де ΣG – сумарна максимальна витрата теплоносія, м³/год.

Втрати тиску на витратомірі теплового лічильника Supercal 531 та/або на контрольному водомірі визначаються за такою формулою, атм.:

$$\Delta P = \left(\frac{\Sigma G}{Q_3}\right)^2 \cdot \Delta p \cdot 10^{-2}, \quad (14.4)$$

де Q_3 – безперервна витрата витратоміра та/або контрольного водоміра, м³/год (табл. Д.1 – Д.3, дод. Д).

⁵ Згідно з [27], якщо сумарне теплове навантаження систем теплоспоживання становить до 2,5 МВт.

14.3 Підбір клапана регулятора теплового потоку

Регулятори теплового потоку⁶ встановлюються для систем опалення та вентиляції окремо на кожну систему. На системі гарячого водопостачання встановлюються регулятори температури.

Порядок підбору

Визначаємо пропускну здатність клапана при втраті тиску на клапані при ΔP , м³/год:

$$K_v = \frac{3,6 \cdot G_{T1}}{\sqrt{\Delta P}}, \quad (14.5)$$

де G_{T1} – витрата теплоносія на потреби систем опалення та вентиляції, м³/год;

ΔP – допустимі втрати тиску на клапані регулятора теплового потоку, кгс/см².

Повинна виконуватися така умова: $Kv_s > K_v \cdot 1,2$ (запас 20 %).

Підбираємо двоходовий клапан.⁷

Втрати на клапані, кгс/см², знаходимо за формулою

$$\Delta P_{кл} = \left(\frac{3,6 \cdot G_{T1}}{Kv_s} \right)^2. \quad (14.6)$$

Ступінь відкриття клапану, %, знаходимо за формулою

$$X = \frac{K_v}{Kv_s} \cdot 100 \%. \quad (14.7)$$

Повинна виконуватися така умова: $X \geq 30 \%$.

Швидкість потоку, м/с, через клапан знаходимо за формулою

$$v = \frac{4 \cdot G_{T1} \cdot 1\,000}{\pi \cdot d^2}. \quad (14.8)$$

Повинна виконуватися така умова: $v \leq 3 \div 3,5$ м/с.

⁶ При виборі клапанів регуляторів теплового потоку та регулятора перепаду тиску перевагу потрібно надавати клапану регулятора теплового потоку.

⁷ Технічні характеристики двоходових клапанів подані в таблицях Д.4 – Д.6 додатка Д відповідно до даних [30].

14.4 Підбір клапана регулятора перепаду тиску

Регулятори перепаду тиску⁸ призначені для обмеження максимальних витрат теплоносія⁹ та автоматичного підтримання необхідного перепаду тиску на тепловому введенні.

Порядок підбору

Тиск, який має втрачатися на регуляторі перепаду тиску,

$$\Delta P_{\text{рпт}} = P_1 - P_2 - \Delta P_0 - \Delta P_{\text{кл}}, \quad (14.9)$$

де P_1 – тиск у подавальному трубопроводі, кгс/см²;

P_2 – тиск у зворотному трубопроводі, кгс/см²;

ΔP_0 – втрати тиску на обладнанні, трубопроводах та на вузлі обліку теплової енергії, кгс/см²;

$\Delta P_{\text{кл}}$ – втрати тиску на клапані регулятора температури, кгс/см².

Пропускна здатність, м³/год, клапана регулятора перепаду тиску

$$K_v = \frac{3,6 \cdot G_{T1}}{\sqrt{\Delta P_{\text{рпт}}}}. \quad (14.10)$$

За значеннями пропускної здатності (табл. Д.7 або Д.8, дод. Д) підбираємо клапан регулятора перепаду тиску.

Втрати тиску, кгс/см², на клапані регулятора перепаду тиску визначаємо за формулою

$$\Delta P_{\text{рпт}} = \left(\frac{3,6 \cdot G_{T1}}{K_{v_s}} \right)^2, \quad (14.11)$$

де K_{v_s} – умовна пропускна здатність клапана, м³/год.

Ступінь відкриття клапана регулятора перепаду тиску знаходимо за формулою

$$X = \frac{K_v}{K_{v_s}} \cdot 100 \%. \quad (14.12)$$

Повинна виконуватися умова, що $X \geq 30 \%$.

⁸ Технічні характеристики клапанів регулятора перепаду тиску наведені в таблицях Д.7 і Д.8 (дод. Д) відповідно до даних [34].

⁹ Для обмеження максимальної витрати теплоносія замість регулятора перепаду тиску може встановлюватися клапан балансування, але це відбувається, якщо перепад тисків на тепловому введенні менший, ніж 0,08 МПа.

Швидкість потоку, м/с, через клапан регулятора знаходимо за формулою

$$v = \frac{4 \cdot G_{T1} \cdot 1000}{\pi \cdot d^2}. \quad (14.13)$$

Повинна виконуватися така умова: $v \leq 3-3,5$ м/с.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б А.2.4-1:2009 СПДБ. Умовні зображення і позначення трубопроводів та їх елементів. – Чинний від 2010–01–01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. – 15 с.
2. ДСТУ 9243.4:2023 Система проєктної документації для будівництва. Основні вимоги до проєктної документації. – Чинний від 2024–01–04. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 59 с.
3. ДСТУ 9243.7:2023 Система проєктної документації для будівництва. Правила виконання архітектурно-будівельних креслень. – Чинний від 2024–01–04. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 48 с.
4. ДСТУ Б А.2.4-1:2009 Система проєктної документації для будівництва. Умовні зображення і позначки трубопроводів та їх елементів. – Чинний від 2010 – 01 – 01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. – 12 с.
5. ДСТУ Б А.2.4-8:2009 СПДБ. Умовні графічні зображення і позначки елементів санітарно-технічних систем. – Чинний від 2010–01–01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 15 с.
6. ДСТУ 9243.10:2023 Правила виконання специфікації обладнання і будівельної продукції. – Чинний від 2010–01–01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 4 с.
7. ДСТУ Б А.2.4-12:2009 СПДБ. Правила виконання робочої документації тепломеханічних рішень котельних. – Чинний від 2010 – 01 – 01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. – 19 с.
8. ДСТУ Б А.2.4-28:2008 Мережі теплові (тепломеханічна частина). Робочі креслення. – Чинний від 2010–01–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 13 с.
9. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. – Чинний від 2018–01–07. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 56 с.
10. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. – Чинний від 2013–01–03. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. – 113 с.
11. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Чинний від 2022–01–09. – Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2021. – 27 с.

12. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – Чинний від 2011–01–11. – Київ : ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2010. – 127 с.
13. ДБН В.2.2-3:2018. Заклади освіти. – Чинний від 2022–01–09. – Київ : Український зональний науково-дослідний і проектний інститут із цивільного будівництва (КІЇВЗНДІЕП), 2018. – 57 с.
14. ДБН В.2.2-4:2018 Заклади дошкільної освіти. – Чинний від 2022–01–09. – Київ : Український зональний науково-дослідний і проектний інститут по цивільному будівництву (КІЇВЗНДІЕП), 2018. – 40 с.
15. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення. – Чинний від 2022–01–09. – Київ : Український зональний науково-дослідний і проектний інститут з цивільного будівництва (КІЇВЗНДІЕП), 2019. – 44 с.
16. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Чинний від 2014–01–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. – 149 с.
17. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні зі зміною № 1. – Чинний від 2018–01–07. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2022. – 55 с.
18. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – Чинний від 2023–01–03. – Київ : Технічний комітет стандартизації ТК 302 «Енергоефективність будівель і споруд», 2022. – 63 с.
19. Про теплопостачання : Закон України від 2 червня 2005 р. // Відомості Верховної Ради. – 2005. – № 28. – Ст. 373.
20. Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання : Закон України від 22 червня 2017 р. // Відомості Верховної Ради. – 2017. – № 34. – Ст. 370.
21. Єнін П. М. Теплопостачання (частина I Теплові мережі і споруди) : навч. посіб. / П. М. Єнін, Н. А. Швачко. – Київ : Кондор, 2007. – 244 с.
22. Ковальчук В. А. Теплопостачання : навч. посіб. / В. А. Ковальчук, Т. С. Мацнева. – Рівне : НУВГП, 2013. – 300 с.
23. Шульга М. О. Теплогазопостачання і вентиляція : навч. посіб. / О. М. Шульга, О. О. Алексахін, Д. О. Шушляков ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014. – 191 с.
24. Алексахін О. О. Теплогазопостачання і вентиляція. Вибрані задачі : навч. посіб. / О. О. Алексахін, О. В. Панчук ; Держ. ВНЗ «Укр. Держ. ун-т заліз. трансп.». – Харків : УкрДУЗТ, 2017. – 230 с.

25. Тарадай О. М. Теплозабезпечення : монографія / О. М. Тарадай ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 322 с.

26. Низькопотенційна енергетика : навч. посіб. / [А. О. Редько, М. К. Безродний, М. В. Загорученко, Г. С. Ратушняк, О. Ф. Редько, М. Г. Хмельнюк] ; за заг. ред. А. А. Долинського. – Харків : ТОВ «Друкарня Мадрид», 2016. – 412 с.

27. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж : Наказ № 71 затв. М-вом палива та енергетики України від 14.02.2007. Зареєстровано у Міністерстві юстиції України 05.03.2007 за № 197/13464. – Чинний від 05.03.2007–03–05. – Харків : Форт, 2007 – 176 с.

28. Насосне обладнання Wilo [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://wilo.com/ua/uk>, вільний (дата звернення: 20.09.2025). – Назва з титул. екрана.

29. Насосне обладнання Grundfos Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://www.grundfos.com/ua>, вільний (дата звернення: 20.09.2025). – Назва з титул. екрана.

30. Теплотехнічне обладнання [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://www.danfoss.com/uk-ua/>, вільний (дата звернення: 20.09.2025). – Назва з титул. екрана.

31. Облік теплової енергії і води. Системи диспетчеризації [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://antap.com.ua/>, вільний (дата звернення: 20.09.2025). – Назва з титул. екрана.

32. Аrator Powogaz [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://apator-powogaz.com/>, вільний (дата звернення: 20.09.2025). – Назва з титул. екрана.

33. Теплотехнічне обладнання Herz [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://herz.ua/>, вільний (дата звернення: 20.09.2025). – Назва з титул. екрана.

34. Каталог теплотехнічного обладнання [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://www.ter-en.com/ua/calculation/zdv>, вільний (дата звернення: 20.09.2025). – Назва з титул. екрана.

35. Енергоресурс інвест. Вироби для теплопостачання та гарячого водопостачання [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://energoresurs.com/>, вільний (дата звернення: 19.09.2025). – Назва з титул. екрана.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Розрахункові зимові параметри зовнішнього повітря

№ з/п	Назва пункту будівництва	Температура зовнішнього повітря, °С			Кліматичний район	Температурна зона	Тривалість опалювального періоду, Т _р , діб
		найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92, t _{хп}	середня температура опалювального періоду, t _р	Середньомісячна температура липня, t _{лп}			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Вінниця	-21	-0,2	18,7	I	I	182
2	Гайворон	-22	0,3	20,0	II	I	174
3	Дніпро	-24	-0,2	21,6	II	I	172
4	Донецьк	-22	-0,5	21,2	II	I	176
5	Житомир	-22	-0,2	18,5	I	I	184
6	Запоріжжя	-21	0,6	22,4	II	II	166
7	Івано-Франківськ	-20	0,4	18,3	IIIА	I	179
8	Ізмаїл	-15	2	22,3	II	II	151
9	Київ	-22	-0,1	19,8	I	I	176
10	Кропивницький	-22	-0,3	20,4	II	I	175
11	Кривий Ріг	-17	0,2	21,5	II	I	171
12	Лозова	-22	-0,8	21,1	I	I	178
13	Лубни	-23	-0,7	20,2	I	I	180
14	Луганськ	-25	-0,4	22,0	II	I	172
15	Луцьк	-20	0,3	18,4	I	I	180
16	Львів	-19	0,4	17,7	I	I	179
17	Миколаїв	-20	1,1	22,7	II	II	161
18	Одеса	-18	2	22,0	II	II	158
19	Полтава	-23	-0,8	20,5	I	I	178
20	Рівне	-21	0,1	18,2	I	I	182
21	Ромни	-23	-1,1	19,4	I	I	185
22	Сімферополь	-15	2,6	21,8	V	II	154
23	Суми	-25	-1,4	19,5	I	I	187
24	Тернопіль	-20	-0,2	17,8	I	I	184
25	Ужгород	-18	1,4	20,3	IIIБ	II	154
26	Умань	-20	-0,1	19,4	I	I	179
27	Феодосія	-15	3,6	23,2	II	II	142
28	Харків	-23	-1	20,7	I	I	179
29	Херсон	-19	1,3	22,4	II	II	163
30	Хмельницький	-21	-0,1	18,4	I	I	183
31	Черкаси	-21	-0,3	20,1	I	I	178
32	Чернівці	-20	0,5	19,1	IIIА	I	175
33	Чернігів	-23	-0,9	18,5	I	I	187
34	Ялта	-6	5,3	23,6	IV	II	126

Таблиця А.2 – Кліматологічні дані міст України

№ з/п	Місто	Середня температура опалювального періоду, °С	Тривалість опалювального періоду, діб	Тривалість спостереження температур зовнішнього повітря, год, в інтервалах температур, °С										Всього годин
				-34,9 – -30	-29,9 – -25	-24,9 – -20	-19,9 – -15	-14,9 – -10	-9,9 – -5	-4,9 – 0	+0,1 – +5	+5,1 – +8		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Бердянськ	0,8	165	0	9	34	120	222	431	1 087	1 426	631	3 960	
2	Вінниця	-0,2	182	1	10	38	121	308	618	1 180	1 438	655	4 369	
3	Джанкой	2,1	158	0	0	0	0	7	77	451	1 760	1 497	3 792	
4	Дніпро	-0,2	172	0	9	36	125	231	449	1 132	1 488	658	4 128	
5	Донецьк	-0,5	176	0	10	42	176	383	702	1 097	1 169	644	4 223	
6	Євпаторія	3	147	0	0	0	0	6	72	420	1 638	1 392	3 528	
7	Житомир	-0,2	184	0	5	21	99	296	590	1 185	1 489	730	4 415	
8	Запоріжжя	0,6	166	0	9	35	120	223	433	1 093	1 436	635	3 984	
9	Івано-Франківськ	0,4	179	0	10	38	130	240	468	1 179	1 548	683	4 296	
10	Ізмаїл	2	151	0	0	4	15	87	321	840	1 392	965	3 624	
11	Керч	4,5	151	0	0	2	10	76	280	855	1 382	1 019	3 624	
12	Київ	-0,1	176	1	4	29	122	316	590	1 153	1 393	616	4 224	
13	Кропивницький	-0,3	175	0	9	37	127	235	457	1 153	1 514	669	4 201	
14	Луганськ	-0,4	172	1	7	51	154	365	635	992	1 280	643	4 128	
15	Луцьк	0,3	180	0	5	20	96	290	578	1 161	1 456	714	4 320	
16	Львів	0,4	179	0	0	2	19	58	429	1 060	1 666	1 062	4 296	
17	Маріуполь	0,3	169	0	5	34	126	291	573	1 151	1 214	661	4 055	
18	Миколаїв	1,1	161	0	0	7	53	221	449	1 025	1 472	638	3 865	
19	Одеса	2	158	0	0	5	21	128	382	934	1 705	617	3 792	
20	Полтава	-0,8	178	5	8	43	153	372	688	1 165	1 074	764	4 272	
21	Рівне	0,1	182	0	5	21	97	293	584	1 173	1 473	722	4 368	
22	Сімферополь	2,6	154	0	0	3	15	85	332	825	1 329	1 107	3 696	
23	Суми	-1,4	187	1	10	38	125	316	635	1 211	1 479	673	4 488	
24	Тернопіль	-0,2	184	1	10	38	122	312	624	1 192	1 455	663	4 417	
25	Ужгород	1,4	154	0	0	2	17	52	384	874	1 411	956	3 696	
26	Умань	-0,1	179	1	10	37	125	272	540	1 169	1 479	664	4 297	
27	Харків	-1,0	179	0	9	44	179	389	714	1 117	1 189	655	4 296	
28	Херсон	1,3	163	0	0	7	35	159	423	864	1 518	907	3 913	
29	Хмельницький	-0,1	183	1	10	38	121	309	619	1 183	1 445	667	4 393	
30	Черкаси	-0,3	178	1	9	37	119	301	605	1 154	1 406	640	4 272	
31	Чернівці	0,5	175	0	10	37	127	235	458	1 153	1 513	668	4 201	
32	Чернігів	-0,9	187	1	10	38	124	317	634	1 212	1 478	673	4 487	
33	Ялта	5,3	126	0	0	0	0	5	61	360	1 404	1 194	3 024	



Рисунок А.1 – Карта-схема температурних зон України

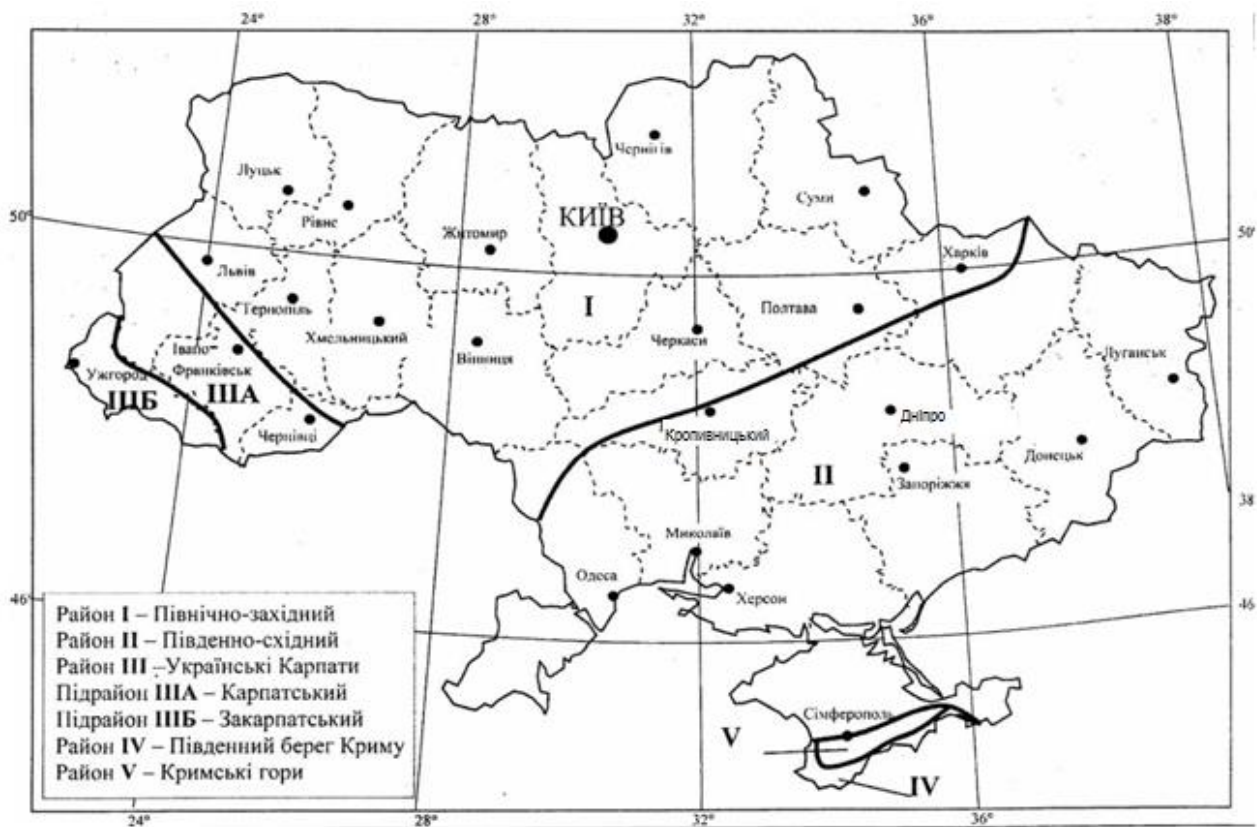


Рисунок А.2 – Архітектурно-будівельне кліматичне районування території України

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Нормативні максимальні теплові витрати житлових і громадських будинків (E_{max})

Ч. ч.	Призначення будинку	Значення E_{max} , кВт · год/м ² [кВт · год/м ³], для температурної зони України	
		I	II
1	Житлові будинки з поверховістю:		
	1–3	$470 \times F_h^{-1/4}$	$400 \times F_h^{-1/4}$
	4–9	55	48
	10–16,	48	42
	17–24	43	38
	понад 25	40	35
2	Громадські будинки та споруди, окрім груп будинків за рядками поверховості 3–6:		
	1–3	$[230 \times V_h^{-1/4}]$	$[200 \times V_h^{-1/4}]$
	4–9	[15]	[13]
	10–16	[14]	[12]
	17–24	[13]	[11]
	понад 25	[12]	[11]
3	Будинки та споруди навчальних закладів	[31]	[28]
4	Будинки та споруди дошкільних навчальних закладів	[36]	[33]
5	Заклади охорони здоров'я	[47]	[42]
6	Підприємства торгівлі	[15]	[12]
7	Готелі	51	44
Примітка. F_h – опалювальна площа житлового будинку, м ² ; V_h – опалювальний об'єм громадського будинку або споруди, м ³ .			

Таблиця Б.2 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків $R_{q \min}$, $m^2 \cdot K/Wt$

Номер поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, $m^2 \cdot K/Wt$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	5,35	4,9
3	Горищні покриття та перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5
4	Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами	3,75	3,3
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
6	Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та громадські будинки	0,44	0,39
7	Вхідні двері в малоповерхові будинки та у квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків	0,6	0,54

Таблиця Б.3 – Коефіцієнт зменшення n для розрахунку тепловтрат

Огорожувальні конструкції	Коефіцієнт
1 Зовнішні стіни і покриття, перекриття горищні (з покрівлею зі штучних матеріалів) і над проїздами	1
2 Перекриття над холодними підвалами, що сполучаються із зовнішнім повітрям, перекриття горищні (із покрівлею з рулонних матеріалів)	0,9
3 Перекриття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами в стінах	0,75
4 Перекриття над неопалюваними підвалами без світлових прорізів у стінах, розташованих вище рівня землі	0,6
5 Перекриття над неопалюваними технічними підвалами, розташованими нижче рівня землі	0,4

Таблиця Б.4 – Укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну людину q_h

Середня за опалювальний період норма витрати води за температури 55 °С на гаряче водопостачання на добу на одну людину, що проживає в будинку з гарячим водопостачанням, л	Питомий показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну людину q_h , Вт, що проживає в будинку		
	з гарячим водопостачанням	з гарячим водопостачанням з урахуванням споживання в громадських будинках	без гарячого водопостачання з урахуванням споживання в громадських будинках
85	247	320	73
90	259	332	73
105	305	376	73
115	334	407	73

Таблиця Б.5 – Розрахункові (питомі середні за рік) добові витрати води в житлових будинках, л/добу, на одного мешканця

Житлові будинки	Кліматичні райони			
	I		II, III, IV та V	
	Витрата води			
	загальна Q_T^{tot}	зокрема гаряча Q_T^h	загальна Q_T^{tot}	зокрема гаряча Q_T^h
З водопроводом і каналізацією без ванн	100	40	110	45
Те саме з газопостачанням	120	48	135	55
З водопроводом, каналізацією і ваннами з водопідігрівачами, які працюють на твердому паливі	150	60	170	70
Те саме з газовими водонагрівачами	210	85	235	95
З централізованим гарячим водопостачанням і сидячими ваннами	230	95	260	105
Те саме з ваннами завдовжки більше ніж 1 500 мм	250	100	285	115
Примітка. Кліматичні райони визначають за рисунком А.2 (дод. А)				

Таблиця Б.6 – Розрахункові (питомі середні за рік) добові витрати води, деяких споживачів

Ч. ч.	Споживачі	Одиниця виміру	Розрахункові (питомі) середні за рік добові витрати води, л/добу на одиницю виміру		Підвищувальний коефіцієнт для III, IV кліматичних районів k_T	Тривалість водорозбору T_{ex} , год/добу
			загальна Q_T^{tot}	у т.ч. гарячої Q_T^h		
1	2	3	4	5	6	7
1	Навчальні заклади (спеціальні, санаторні), будинки дитини, дошкільні дитячі будинки, спеціальні та санаторні школи-інтернати: – із денним перебуванням дітей: – з їдальнями на півфабрикатах;	1 дитина	40	20	1,1	10
	– з їдальнями, які працюють на сировині, і пральнями;	1 дитина	80	30	1,1	10
	– із цілодобовим перебуванням дітей: – з їдальнями на напівфабрикатах;	1 дитина	60	30	1,15	24
	– з їдальнями, які працюють на сировині, і пральнями	1 дитина	120	40	1,15	24
	Навчальноосвітні та спеціалізовані школи, професійно-навчальні заклади, вищі навчальні заклади, інститути підвищення кваліфікації тощо з душовими при гімнастичних залах і їдальнями, які працюють на напівфабрикатах	1 учень (студент і 1 викладач)	20	8	1,1	8

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Дані для конструювання теплової мережі з параметрами
 $p = 1,6 \text{ МПа}$, $t = 150 \text{ }^\circ\text{C}$

Найменування	Умовний діаметр труби, D_y , мм											
	25	40	70	100	150	200	300	400	500	600	800	1 000
Прогін між рухомими опорами трубопроводів, м												
Прокладка на бетонних подушках	1,7	2,5	3	4	5	6	8	8,5	10	10	10	10
Прокладка надземна з П-подібними компенсаторами	2	2,5	3,5	5	7	9	12	14	14	15	16	20
Те саме з чепцевими компенсаторами	2	2,5	3,5	5	7	9	12	13	13	13	13	16
Відстань між нерухомими опорами трубопроводів, м												
З П-подібними компенсаторами	50	60	70	80	100	120	120	160	180	200	200	200
Із чепцевими компенсаторами	–	–	–	70	80	80	100	140	140	160	160	160
<p>Примітка 1. Для відстаней між рухомими опорами при надземній прокладці й по стелажах необхідно вводити такі коефіцієнти: для ділянок перед гнучкими компенсаторами, перед поворотами й для кінцевих ділянок – 0,8; для поворотів – 0,67; для ділянок із кожної сторони чепцевого компенсатора – 0,5.</p> <p>Примітка 2. Відстані між нерухомими опорами задані при розташуванні компенсаторів не ближче 1/3 і не далі 2/3 зазначених відстаней від нерухомих опор. Для ділянок самокомпенсації приймати відстані, рівні 0,6 від зазначених у таблиці.</p>												

Таблиця В.2 – Коефіцієнт α_1 для визначення сумарних еквівалентних довжин місцевих опорів для парових, водяних і конденсатних мереж

Типи компенсаторів	Умовний прохід трубопроводу, D_y , мм	Значення коефіцієнта α_1 для мереж	
		водяних та конденсатних	парових
Транзитні теплові мережі (без відгалужень)			
Сальникові	До 1 400	0,2	0,2
П-подібні із гнутими відводами	До 300	0,3	0,5
П-подібні зі звареними або круто зігнутими відводами	200–350	0,5	0,7
П-подібні зі звареними або круто зігнутими відводами	400–500	0,7	0,9
П-подібні зі звареними або круто зігнутими відводами	600–1 400	1	1,2
Розгалужені теплові мережі			
Сальникові	До 400	0,3	0,4
Сальникові	450–1 400	0,4	0,5
П-подібні із гнутими відводами	До 150	0,3	0,5
П-подібні із гнутими відводами	165–200	0,4	0,6
П-подібні із гнутими відводами	250–300	0,6	0,8
П-подібні зі звареними або круто зігнутими відводами	175–250	0,6	0,8
П-подібні зі звареними або круто зігнутими відводами	300–350	0,8	1,0
П-подібні зі звареними або крутозігнутими відводами	400–500	0,9	1,0
П-подібні зі звареними відводами	600–1 400	1	1,2

Таблиця В.3 – Номенклатура сталевих труб

Умовний прохід d_y	Сталеві водогазопровідні труби ДСТУ 8936:2019											
	<i>Легкі</i>				<i>Звичайні</i>				<i>Посилені</i>			
	Зовнішній діаметр d_3 , мм	Внутрішній діаметр d_b , мм	Товщина стінки δ_c , мм	Маса 1 пм, кг	Зовнішній діаметр d_3 , мм	Внутрішній діаметр d_b , мм	Товщина стінки δ_c , мм	Маса 1 пм, кг	Зовнішній діаметр d_3 , мм	Внутрішній діаметр d_b , мм	Товщина стінки δ_c , мм	Маса 1 пм, кг
10	17	13	2	0,74	17	12,6	2,2	0,8	17	11,4	2,8	0,98
15	21,3	16,3	2,5	1,16	21,3	15,7	2,8	1,28	21,3	14,9	3,2	1,43
20	26,8	21,8	2,5	1,5	26,8	21,2	2,8	1,66	26,8	20,4	3,2	1,86
25	33,5	27,9	2,8	2,12	33,5	27,1	3,2	2,39	33,5	25,5	4	2,91
32	42,3	36,7	2,8	2,73	42,3	35,9	3,2	3,09	42,3	36,3	4	3,78
40	48	42	3	3,33	48	41	3,5	3,84	48	40	4	4,34
50	60	54	3	4,22	60	53	3,5	4,88	60	51	4,5	6,16
65	75,5	69,1	3,2	5,71	75,5	67,5	4	7,05	75,5	66,5	4,5	7,88
80	88,5	81,5	3,5	7,34	88,5	80,5	4	8,34	88,5	79,5	4,5	9,32
100	114	106	4	10,85	114	105	4,5	12,15	114	104	5	13,44
125	140	132	4	13,42	140	131	4,5	15,04	140	129	5,5	18,24
150	165	157	4	15,88	165	156	4,5	17,81	165	154	5,5	21,63

Таблиця В.4 – Номенклатура попередньо ізольованих сталевих труб

d_3 / D_3 , мм	Сталева труба		Захисна оболонка	
	d_3 , мм	δ_{min} , мм	D_3 , мм	δ_{min} , мм
32/90	32	2,5	90	2,2
38/110	38		110	2,5
45/110	45			
57/125	57	3,5	125	3,0
76/140	76		140	
89/160	89		160	
108/200	108	4,0	200	3,2
114/200	114		225	3,5
133/225	133			
159/250	159	4,5	250	3,9
219/315	219	6,0	315	4,9
273/400	273	7,0	400	6,3
325/450	325	8,0	450	7,0
377/500	377	9,0	500	7,8
426/560	426	7,0	560	8,8
530/710	530		710	11,1

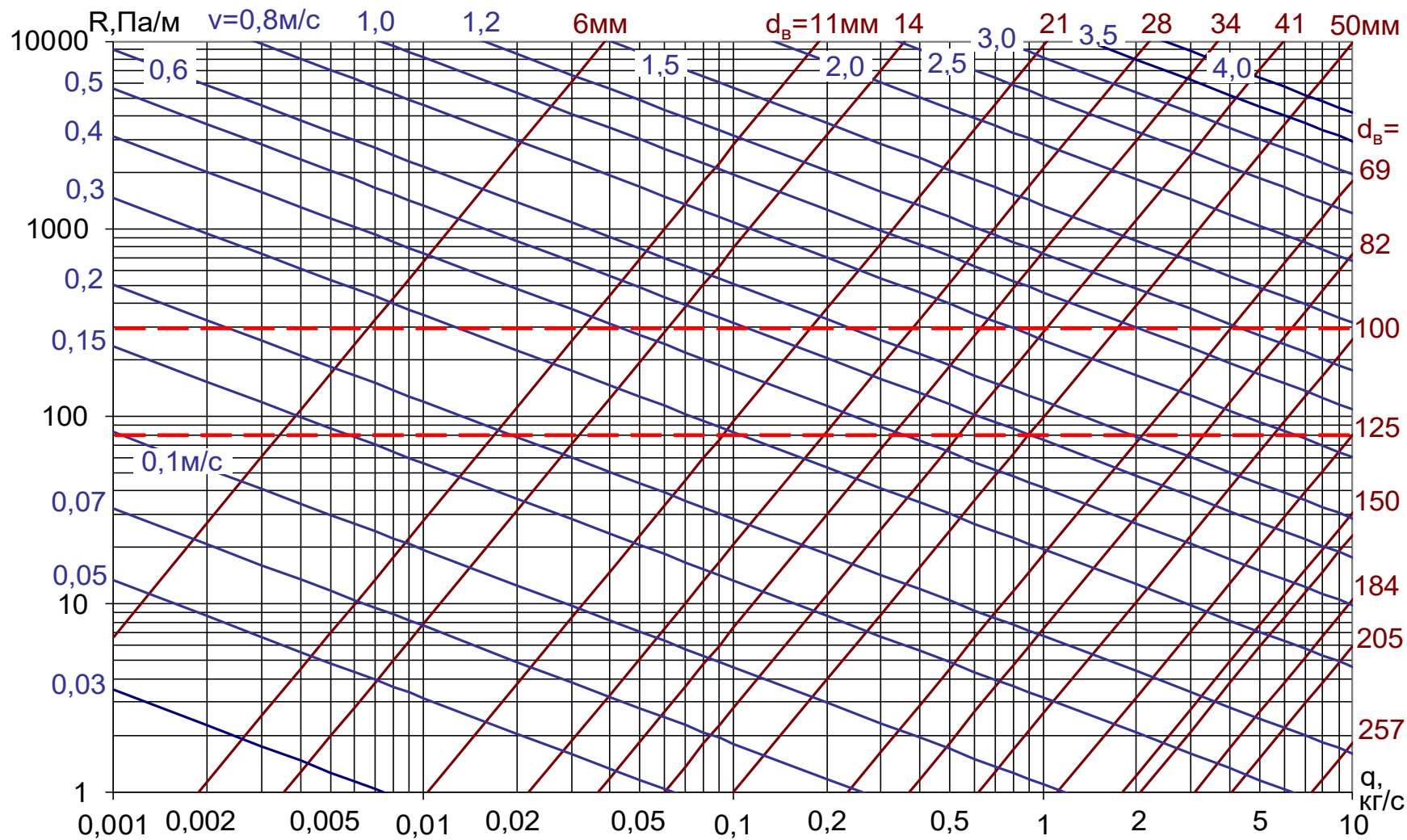


Рисунок В.1 – Залежність R від q для води при малих значеннях витрат ($k_c = 0,5$ мм; $T = 150$ °С, $\rho = 917$ кг/м³)

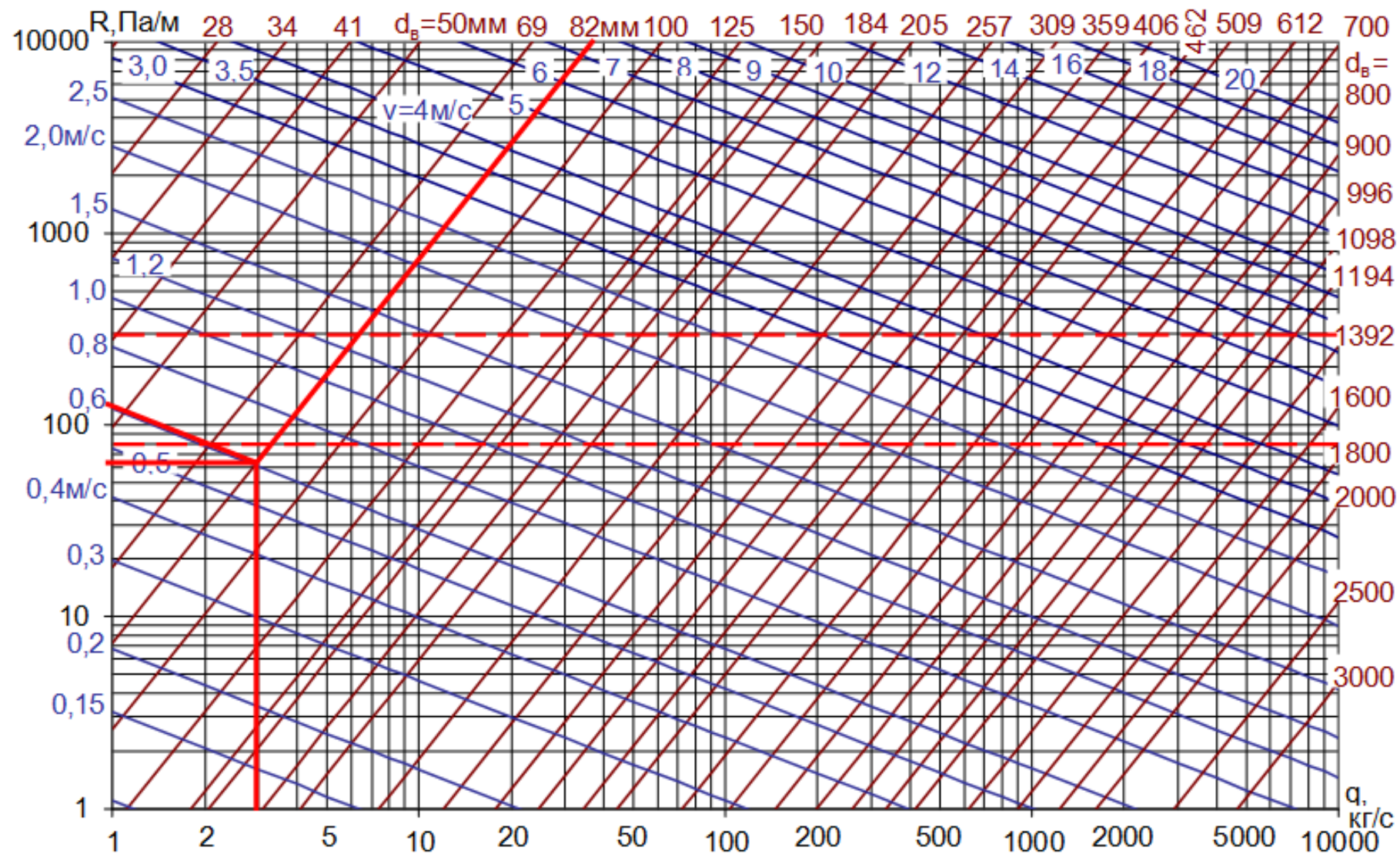


Рисунок В.2 – Залежність R від q для води при великих значеннях витрат ($k_c = 0,5$ мм; $T = 150$ °С, $\rho = 917$ кг/м³)

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Мінімальна відстань між будівельними конструкціями та трубопроводами теплових мереж для непрохідних каналів [9]

Умовний прохід трубопроводів, мм	Відстань від поверхні теплоізоляційної конструкції трубопроводів на просвіт, мм, не менше			
	До стінки каналу	До поверхні теплоізоляційної конструкції суміжного трубопроводу	До перекриття каналу	До дна каналу
25–80	70	100	50	100
100–250	80	140	50	150
300–350	100	160	70	150
400	100	200	70	180
500–700	110	200	100	180
800	120	250	100	200
900–1400	120	250	100	300

Примітка. При реконструкції теплових мереж із використанням існуючих будівельних конструкцій допускається відхилення від розмірів, указаних в цій таблиці.

Таблиця Г.2 – Мінімальна відстань між будівельними конструкціями та трубопроводами теплових мереж для тунелів, надземного прокладання та теплових пунктів [9]

Умовний прохід трубопроводів, мм	Відстань від поверхні теплоізоляційної конструкції трубопроводу на просвіт, мм, не менше				
	до стінки тунелю	до перекриття тунелю	до дна тунелю	до поверхні теплоізоляційної конструкції суміжного трубопроводу в тунелі, при надземному прокладанні та в теплових пунктах	
				по вертикалі	по горизонталі
25–80	150	100	150	100	100
100–250	170	100	200	140	140
300–350	200	120	200	160	160
400	200	120	200	160	200
500–700	200	120	200	200	200
800	250	150	250	200	250
900	250	150	300	200	250
1 000–1 400	350	250	350	300	300

Примітка. При реконструкції теплових мереж із використанням існуючих будівельних конструкцій допускається відхилення від розмірів, указаних у цій таблиці.

Таблиця Г.3 – Мінімальна відстань між будівельними конструкціями та трубопроводами теплових мереж для вузлів трубопроводів у тунелях, камерах і павільйонах [9]

Найменування відстані	Відстань, мм, не менше
1	2
Від підлоги або перекриття до поверхні теплоізоляційних конструкцій трубопроводів (для переходу)	700
Бокові проходи для обслуговування арматури та сальникових компенсаторів (від стінки до фланця арматури або до компенсатора) при діаметрах труб, мм:	700
до 500	600
від 600 до 900	700
від 1 000 і більше	1 000
Від стінки до фланця корпусу сальникового компенсатора (з боку патрубка) при діаметрах труб, мм:	
до 500	600 (уздовж осі труби)
600 і більше	800 (уздовж осі труби)
Від підлоги або перекриття до фланця арматури або до осі болтів сальникових ущільнювачів	400
Те саме до поверхні теплоізоляційної конструкції відгалужень труб	300
Від висунутого шпінделя засувки (або штурвала) до стіни або перекриття	200
Для труб діаметром 600 мм і більше між стінками суміжних труб зі сторони сальникового компенсатора	500
Від стінки або від фланця засувки до штуцерів для випускання води або повітря	100
Від фланця засувки на відгалуженні до поверхні теплоізоляційних конструкцій основних труб	100
Між теплоізоляційними конструкціями суміжних сільфонових компенсаторів при діаметрах компенсаторів, мм:	
до 500	100
600 і більше	150

ДОДАТОК Д



Контактна особа
Електронна пошта
Телефон

Клієнт

Контактна особа
Електронна пошта
Телефон

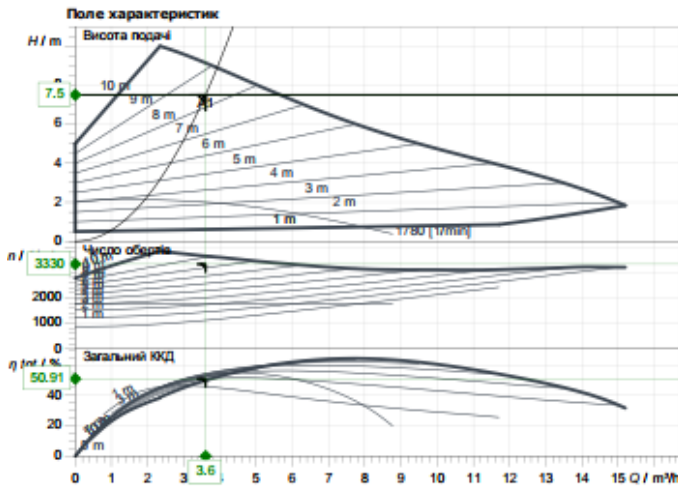
Технічні характеристики

Насос з мокрим ротором Premium Smart
Stratos MAXO 32/0,5-10 PN6/10

Назва проекту Проект без назви 2025-09-17 11:45:46.711

Номер проекту
Місце встановлення
№ поз. клієнта

Дата 17.09.25



Задані експлуатаційні дані

Подача 3.60 m³/h
Висота подачі 7.50 m
Медіа Вода 100 %
Температура середовища 50.00 °C
Густина 988.11 kg/m³
Кінематична в'язкість 0.55 mm²/s

Гідравлічні дані (робоча точка)

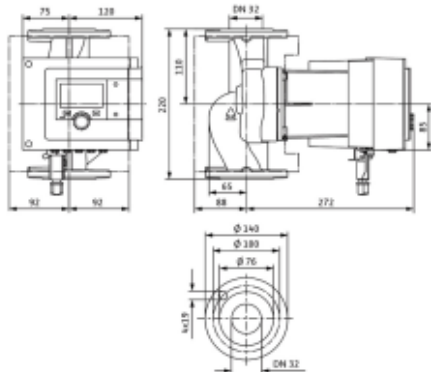
Подача 3.60 m³/h
Висота подачі 7.50 m
Споживана потужність P1 0.14 kW

Дані виробів

Насос з мокрим ротором Premium Smart
Stratos MAXO 32/0,5-10 PN6/10
Режим роботи dp-v
Макс. робочий тиск 10 bar
Температура середовища -10 °C ... +110 °C
Макс. T довкілля 40 °C

Дані двигуна/насоса

Конструкція двигуна EC-двигун
Індекс енергетичної ефективності (IE3)
Під'єднання до мережі 1~230 V / 50 Hz
Допустиме відхилення напруги +10 %
Макс. швидкість 4000
Споживана потужність P1(макс.) 0.25 kW
Current consumption 1.09 A
Клас захисту IPX4D
Клас ізоляції F
Випромінювання перешкод EN 61800-3;2004+A1
Стійкість до перешкод EN 61800-3;2004+A1
Різьбове кабельне з'єднання



Розміри під'єднання

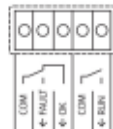
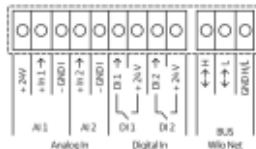
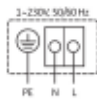
Зі всмоктуючої сторони DN 32, PN 6/10
Зі сторони напору DN 32, PN 6/10
Монтажна довжина 220 mm

Матеріали

Корпус насоса 5.1301/EN-GJL-250
Робоче колесо PPS-GF40
Вал 1.4122, DLC-покриття
Матеріал підшипників графіт, просочений антимонієм

Інформація для замовлення

Вага прибл. 11.1 kg
Артикульний номер 2164579



Можливі з'єднання

Версія ПЗ
Версія даних

Sprix® 5-2025.1 • 2025/07/04 (Build 216.1083054), 64 bit
29.05.2025

Сторінки 1 / 1

Рисунок Д.1 – Характеристики високоефективного насоса Wilo Stratos MAXO 32/0,5-10 PN 10 з мокрим ротором для забезпечення циркуляції води в системі гарячого водопостачання

Таблиця Д.1 – Технічні характеристики перетворювача витрат Sharky-775

Номінальний діаметр, мм	Д, мм	15	15	20	20	20	25	25	32	32	40	50	65	80	100
Номінальна витрата, м ³ /год	q _p	0,6	1,5	0,6	1,5	2,5	3,5	6,0	3,5	6,0	10,0	15,0	25,0	40,0	60,0
Мінімальна витрата, л/год	q _i	6	6	6	6	10	24	35	24	35	40 ³ /100	60 ³ /150	100 ³ /250	160	240 ³ /600
Максимальна витрата, м ³ /год	q _s	1,2	3,0	1,2	3,0	5,0	7,0	12,0	7,0	12,0	20	30	50	80	120
Монтажна довжина, мм	L	110	110	190	190	190	260	260	260	260	300	270	300	300	360
Робочий тиск, атм	PN	16	16	16	16	16	16	16	16	25	25	25	25	25	25
Втрати тиску при q _p , мбар.	ΔP	85	75	85	75	100	44	128	44	128	95	80	75	80	75

Таблиця Д.2 – Технічні характеристики лічильника гарячої води JS Master+

Номінальний діаметр, мм	Д, мм	25	25	32	32	40
Безперервна (номінальна) витрата, м ³ /год	Q ₃	6,3	10	6,3	10	16
Мінімальна витрата, л/год	Q ₁	79	125	79	125	200
Максимальна витрата, м ³ /год	Q ₄	7,875	12,5	7,875	12,5	20
Середня (перехідна) витрата, л/год	Q ₂	126	200	126	200	320
Монтажна довжина, мм	L	260	260	260	260	300
Робочий тиск, атм	PN	16	16	16	16	16
Втрати тиску при Q ₃ , кПа	ΔP	63	63	63	63	63

Таблиця Д.3 – Технічні характеристики лічильника гарячої води MWN-130 Nubis

Номінальний діаметр, мм	Д, мм	50	65	80	100	125
Безперервна (номінальна) витрата, м ³ /год	Q ₃	25	40	63	100	160
Мінімальна витрата, м ³ /год	Q ₁	0,625	1,0	1,575	2,5	4,0
Максимальна витрата, м ³ /год	Q ₄	31,25	50	78,75	125	200
Середня (перехідна) витрата, л/год	Q ₂	1,0	1,6	2,52	4,0	6,4
Монтажна довжина, мм	L	200	200	225	250	250
Робочий тиск, атм	PN	16	16	16	16	16
Втрати тиску при Q ₃ , кПа	ΔP	16	16	16	16	16

Таблиця Д.4 – Технічні характеристики клапану регулятора теплового потоку VM-2

Ду, мм	З'єднання	$Kv_s, \text{м}^3/\text{год}$
15	Муфтове	0,25
		0,4
		0,63
		1,0
		1,6
		2,5
		4,0
20	Муфтове	4,0
		6,3
25	Муфтове	6,3
		8,0
32	Муфтове	10
40	Муфтове	16
50	Муфтове	25

Таблиця Д.5 – Технічні характеристики клапану регулятора теплового потоку VB-2

Ду, мм	З'єднання	$Kv_s, \text{м}^3/\text{год}$
15	Фланцеве	0,25
		0,4
		0,63
		1,0
		1,6
		2,5
		4,0
20	Фланцеве	6,3
25	Фланцеве	10,0
32	Фланцеве	16
40	Фланцеве	25
50	Фланцеве	40

Таблиця Д.6 – Технічні характеристики клапана регулятора теплового потоку VFM-2

Ду, мм	З'єднання	$Kv_s, \text{м}^3/\text{год}$
65	Фланцеве	63,0
80	Фланцеве	100,0
100	Фланцеве	160,0
125	Фланцеве	250,0
150	Фланцеве	400,0
200	Фланцеве	630,0
250	Фланцеве	900,0

Таблиця Д.7 – Технічні характеристики клапана регулятора перепаду тиску AVP

Ду, мм	З'єднання	$Kv_s, \text{м}^3/\text{год}$
15	Муфтове	1,0
		1,6
		2,5
		4,0
20	Муфтове	6,3
25	Муфтове	8,0
15	Фланцеве	4,0
20	Фланцеве	6,3
25	Фланцеве	8,0
32	Фланцеве	12,5
40	Фланцеве	16,0
50	Фланцеве	20,0

Таблиця Д.8 – Технічні характеристики клапана регулятора перепаду тиску AFP/VFG2

Ду, мм	З'єднання	$Kv_s, \text{м}^3/\text{год}$
40	Фланцеве	20,0
50	Фланцеве	32,0
65	Фланцеве	50,0
80	Фланцеве	80,0
100	Фланцеве	125
125	Фланцеве	160
150	Фланцеве	280
200	Фланцеве	320
250	Фланцеве	400

ДОДАТОК Е

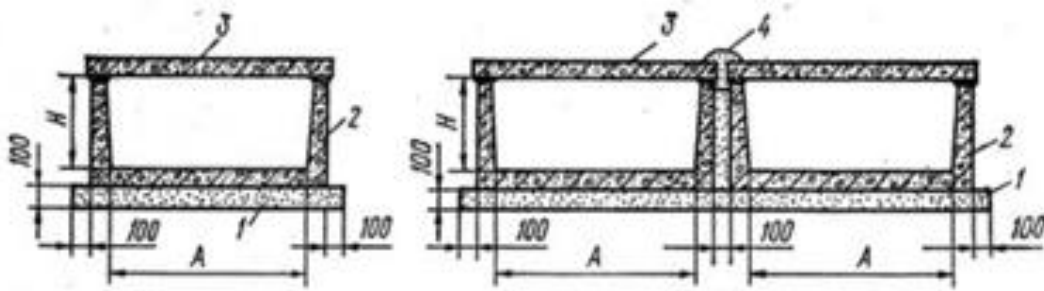


Рисунок Е.1 – Канали типу КЛ:
1 – піщана подушка; 2 – канал; 3 – плита перекриття; 4 – цементна заливка

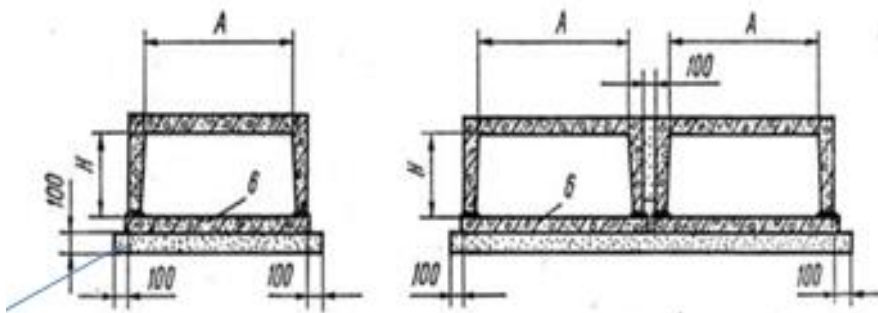


Рисунок Е.2 – Канали типу КЛп

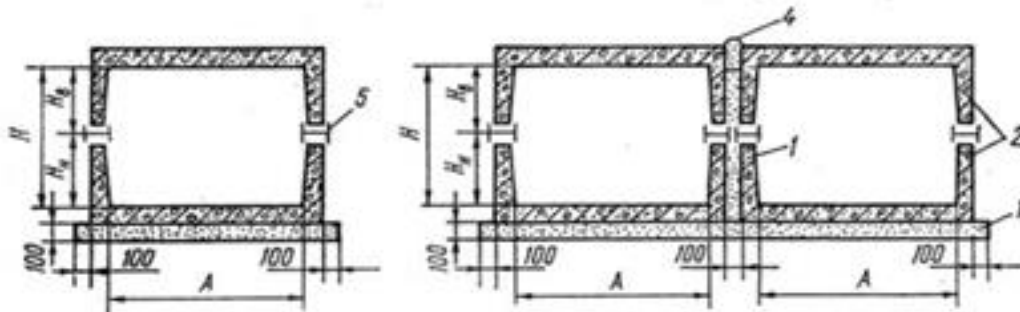


Рисунок Е.3 – Канали типу КЛс

Таблиця Е.1 – Збірні залізобетонні канали з лотків

Тип каналу	А, мм	Н = Н _н + Н _в , мм				
КЛ, КЛп	300	300	–	–	–	–
	450		–	–	–	–
	600		450	600	–	–
	900	450	600	900	1 200	–
	1 200		–	–	–	–
	1 500		–	–	–	1 500
	1 800	600	900	1 200	1 500	–
	2 100		–	–	–	–
	2 400	900	1 200	1 500	–	–
	3 000		–	–	–	–
КЛс	900	900	1 200	–	–	–
	1 200		–	–	–	–
	1 500		1 500	–	–	–
	1 800	1 200	–	–	–	–
	2 100		–	–	–	–

ДОДАТОК Ж

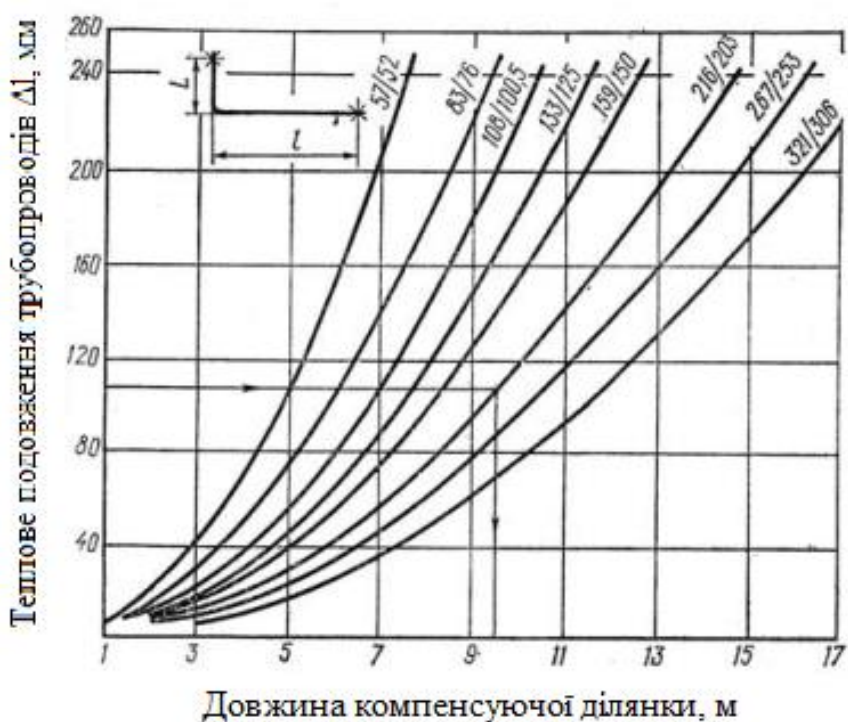


Рисунок Ж.1 – Графік для підбору Г-подібних компенсаторів

Таблиця Ж.1 – Компенсуюча здатність Δ , мм, П – подібних компенсаторів

Діаметр, мм	В/Н	Продовження, мм при «виліті», м			
		$8D_H$	$12D_H$	$16D_H$	$24D_H$
1	2	3	4	5	6
57	0,5	13	28	48	80
	1	18	37	65	108
	2	26	56	98	167
	4	42	94	164	282
108	0,5	31	61	104	200
	1	37	76	125	260
	2	50	104	176	372
	4	76	163	280	605
219	0,5	74	136	213	400
	1	85	158	252	490
	2	104	204	334	670
	4	148	293	494	1 030
325	0,5	117	207	316	585
	1	127	237	368	705
	2	155	296	472	940
	4	206	413	678	1 410

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3	4	5	6
426	0,5	150	272	417	780
	1	168	312	490	940
	2	204	392	610	1 265
	4	275	452	920	1 910
529	0,5	195	348	530	960
	1	215	392	610	1 114
	2	254	480	765	1 495
	4	332	660	1 080	2 200

Таблиця Ж.2 – Значення корегувального коефіцієнта ε

Температура теплоносія, °C	Коефіцієнт ε	
	трубопровід у холодному стані	трубопровід у робочому стані
≤ 250	0,5	0,5
251–300	0,6	0,5
301–400	0,7	0,5
401–450	1,0	0,35

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації

до виконання курсової роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ»

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання галузі знань G – Інженерія, виробництво та будівництво зі спеціальності G19 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Цивільна інженерія»)

Укладачі: **ГВОЗДЕЦЬКИЙ** Олександр Вадимович,
РЕДЬКО Ігор Олександрович,
ЧАЙКА Юрій Іванович

Відповідальний за випуск *Ю. І. Чайка*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *О. В. Гвоздецький, І. В. Волосожарова*

План 2025, поз. 601М

Підп. до друку 28.05.2026. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 5,2.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 8386 від 14.07.2025.