

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему : Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика
Багачка

Виконав студент

групи 601 НТ

спеціальності

144 Теплоенергетика

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Ільїн Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Кутний Б.А.

(прізвище та ініціали)

Допустити до захисту:

завідувач кафедри "Теплогазопостачання,
вентиляції та теплоенергетики"

"

к.т.н., проф. Голік Ю.С.
2025 р.

Полтава - 2025 року

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут нафти і газу

Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 144 Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії Голік Ю.С.

"__" ____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Ільїн Юрій Васильович

Тема проекту Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка

1. Керівник проекту Кутний Б.А. д.т.н. професор.

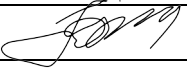
затверджені наказом вищого навчального закладу №818-фа від "09" 08 року 2024

2. Строк подання студентом роботи 20.01. 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1.Аналіз використання альтернативних видів палива; 2.Розрахунок теплової потужності котельні; 3.Гідравлічний розрахунок теплової мережі. 4.Підбір котельних агрегатів та пальникових пристроїв 5. Підбір та розрахунок додаткового обладнання комунальної котельні ;

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
—	—		

6. Дата видачі завдання 13.04. 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення теплових навантажень і річне споживання тепла	09.10 – 20.10 2024 р.	
2	Спосіб регулювання теплових навантажень та побудова графіку температур	21.10 – 11.11 2024 р.	
3	Гідравлічний розрахунок теплової мережі	12.11 – 1.12 2024 р.	
4	Розрахунок теплової схеми	2.12 – 20.12 2024 р.	
5	Підбір основного та допоміжного обладнання	21.12 – 10.01 2025 р.	

Студент


(підпис)

Ільїн Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту


(підпис)

Кутний Б.А.

(прізвище та ініціали)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: «Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика
Багачка».

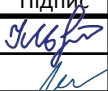
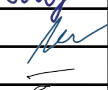
Полтава– 2024 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ І РІЧНЕ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛА	9
1.1 Загальні дані	9
1.2 Теплове навантаження житлових приміщень.....	9
1.3 Визначення річного споживання теплової енергії.....	13
1.4 Побудова графіку Росандера.....	17
РОЗДІЛ 2 СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ	
ПОБУДОВА ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФІКУ	20
2.1. Методика регулювання теплових навантажень.....	20
2.2. Розрахунок і побудова температурного графіка первинного контуру.....	21
2.3. Розрахунок і побудова температурного графіка вторинного контуру.....	26
2.3.1. Розрахунок системи опалення.....	26
2.3.2. Визначення середньозваженої температури і сумарної витрати вторинного теплоносія.....	27
3 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ	30
3.1 Гідравлічний розрахунок	30
3.1. Підбір мережевих насосів.....	39
РОЗДІЛ 4 ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ МЕРЕЖІ	44
4.1 Розрахунок теплової ізоляції	44
4.2 Розрахунок теплових втрат.....	46
5 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ	57
5.1 Дані розрахунку	57

					601НТ -11393696.ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка		
Розроб.		Ільїн Ю.В.					
Перевір.		Кутний Б.А.					
Реценз.							
Н. Контр.		Голік Ю.С.					
Затверд.					НУПП ім Ю.Кондратюка		
					Літ.	Арк.	Акрушів
						4	83

РОЗДІЛ 6 ВИБІР ОСНОВНОГО І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ	64
6.1 Підбір котельних агрегатів	64
6.2 Підбір пального пристрою	66
6.3.Підбір насосного обладнання.....	68
6.4 Вибухобезпека обладнання.....	73
6.5 Забезпечення пожежної безпеки.....	74
6.6 Забезпечення мікроклімату.....	75
6.7 Освітлення котельні.....	76
6.8 Економічні показники	77
ВИСНОВОК.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81

					601НТ -11393696.ДП				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка	Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Ільїн Ю.В.						4	83
Перевір.		Кутний Б.А.							
Реценз.									
Н. Контр.		Голік Ю.С.							
Затверд.						НУПП ім Ю.Кондратюка			

ВСТУП

Теплопостачання є однією з основних підсистем енергетики. Енергетика - це сукупність систем і установок для перетворення первинних енергетичних ресурсів в необхідні національній економіці і населенню форми енергії і передачі цієї енергії від джерел її виробництва до об'єктів використання. На опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання житлових, громадських та промислових будівель припадає близько 70%, а на технологічні потреби припадає лише близько 30% від загального споживання тепла країною.

Опалення є однією з головних потреб людей, які живуть у регіонах із суворими кліматичними умовами. У зв'язку з цим необхідно прагнути до оптимізації витрат та підвищення екологічної стійкості систем опалення. Житловий сектор, що має велике енергетичне навантаження, надає величезне вплив на довкілля, що було розглянуто у роботах [11], [9]. У країнах Європейського Союзу (ЄС) системи опалення та гарячого водопостачання є основними споживачами енергії у житловому секторі, і їхня частка становить відповідно 70 та 14 % у загальному енергобалансі будівель [6]. З цієї причини ЄС прийняв директиви щодо енергетичної ефективності будівель [5] з метою зниження річного споживання енергії. В даний час приділяється дуже велике увагу до вивчення техніко-економічних та екологічних характеристик різних систем опалення [7]. Протягом останнього десятиліття було запропоновано та вивчено кілька нових побутових опалювальних систем з метою зменшення споживання енергії та впливу на довкілля, при цьому було проведено їх порівняння з центральним теплопостачанням.

В останні роки багато підприємств, а особливо промислові, шукають шляхи підвищення ефективності газопостачання котелень. Це пов'язано з тим, що будь-яке обладнання стає непридатним для експлуатації, так як котельні агрегати мають низький ККД. У зв'язку з цим зростають витрати газу. Деякі з них застаріли в експлуатації та експлуатації, в цих котельнях необхідно працювати на підвищення ефективності, а саме на модернізацію.

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модернізація котельні – це комплекс заходів, необхідних для підвищення ефективності її роботи, підвищуючи потужність і безпеку, знижуючи витрати на її використання. Основними роботами при модернізації котельні є як заміна самої будівлі котельні, так і обладнання. Такий сучасний підхід необхідний у випадках, коли збільшився викид димових газів в екосистему. Перехід з одного виду палива на інший, і коли немає можливості побудови нового джерела теплопостачання. [1]

Реконструкція котельні – це заміна зношеного обладнання, яке вже не придатне для експлуатації, на нове.

На сьогоднішній день не всі котельні промислових будівель, які були побудовані в минулому столітті, працюють на природному газі. Крім того, занадто застаріли самі котли, пальникові котли, теплообмінне обладнання, насоси та автоматика таких котелень. Так як термін служби такого обладнання становить від 20 до 25 років. Вони не відповідають сучасним вимогам і по-своєму дизайну, так за своїми технічними даними. Результат роботи котелень із застарілим обладнанням

Це дуже сумно, адже все це призводить до частих поломок, підвищених витрат на ремонт із заміною окремих вузлів і деталей і аж до тимчасового призупинення виробництва на час ліквідації аварійної ситуації в котельні. [2]

Сучасна реконструкція котельні, значно підвищує теплову ефективність об'єкта. а також безпосередньо впливає на теплову потужність, за рахунок оновлених котлів, які мають ККД 90%.

Своєчасна реконструкція в котельні дозволить значно підвищити якість послуг, знизити витрати на придбання енергоносіїв і водонагрівачів.

Таким чином, можна зробити висновок, що для підвищення ККД котельні необхідна реконструкція, так як це збільшить продуктивність котельні.

В даний час основним ресурсом для виробництва електроенергії і тепла в

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В даний час котельня в с.Велика Багачка призначена для опалення, гарячого водопостачання.

Система теплопостачання замкнута. Теплоносієм для системи опалення та гарячого водопостачання є нагрівальна вода $t = 95 \div 70$ °C, яка готується в мережевій установці котельні.

Водопідготовка для живлення котлів і заправки теплової мережі проводиться в водоочисній установці за схемою 2-х ступеневого Na-катиона з подальшим деаерацією в деаeratorі вакуумного типу.

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ І РІЧНЕ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛА

1.1 Загальні дані

Проект реконструкції комунальної котельні в селищі Велика Багачка передбачає заміну котельних агрегатів та насосного обладнання в існуючій котельній.

Основними споживачами тепла є житлові будинки, на них припадає основне навантаження на опалення та гаряче водопостачання. Також споживачами тепла є громадські та житлові будівлі, промислові об'єкти та об'єкти побуту.

Кліматичні параметри для с.Велика Багачка прийнято як до найближчого м.Полтава, на холодний період року беруться за [12] і заносяться в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 Кліматологічні параметри проектування міста

Ім'я	Найменування	Вимір	Розмір
Розрахункова температура повітря	$T_{зр}$	°C	-23
Тривалість опалювального періоду	n	діб	178
Середня температура повітря під час опалювального сезону	$T_{с.зр}$	°C	- 0,8

1.2 Теплове навантаження житлового приміщення

Згідно з [1] при розробці схем теплопостачання визначаються розрахункові теплові навантаження:

1) для промислових підприємств, що плануються до будівництва, - за укрупненими нормативами розвитку основного (профільного) виробництва або проектів аналогічних галузей;

2) для житлових районів, що плануються до забудови, – за укрупненими показниками щільності розміщення теплових навантажень або за конкретними тепловими характеристиками будівель і споруд відповідно до генеральних планів забудови територій населеного пункту.

Розрахункове навантаження на опалення житлових і громадських будівель:

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q'_o = q_o \cdot F \cdot (1 + k_1) , \quad (1.1)$$

де q_o - збільшений показник максимального теплового потоку на опалення житлових будівель на 1 м^2 загальної площі, прийнято по [1], Вт/м^2

F – площа житлових будинків, м^2

K_1 - коефіцієнт, який враховує тепловий потік для нагріву громадських будівель, згідно з рекомендаціями [13] ми приймаємо $k_1 = 0,25$.

Переважає забудова в селесі Велика Багачка являє собою нійкоповерхову забудову Наведено приклад розрахунку по вулиці Калініна, 9.

Висота будівлі – 15 м, висота стель – ≈ 3 м, звідси і поверховість

Приймаємо $15/3 = 5$ поверхів. Будівлі були зведені після 1985 року.

Прийнято $Q_o = 87 \text{ Вт/м}^2$.

Площа житлових будинків: $F_1 = 19\,500 \text{ м}^2$;

Розрахункове навантаження на опалення визначається за формулою (1.1)

$$Q'_o = 87 \cdot 530 \cdot (1 + 0,25) = 0,0577 \text{ МВт}$$

Для громадських будівель, розташованих в житловій зоні, а також якщо витрата води для них невідомий, рекомендується визначати розрахунок споживання тепла для житлової площі в цілому по [1]:

$$Q_{\text{гвп}}^{\text{ср}} = \frac{1,2 \cdot N_{\text{ж}} \cdot (a+b) \cdot (55-t_{\text{х}}^3) \cdot c_{\text{в}}}{24 \cdot 36} \cdot 10^{-3} \quad (1.3)$$

де $N_{\text{ж}}$ – кількість жителів, $N_{\text{ж}} = 230$ осіб;

Коефіцієнт 1,2 враховує охолодження гарячої води в абонентських кімнатах системи гарячого водопостачання [3];

a - середньотижнева норма споживання води на гаряче водопостачання при температурі 55°C на людину на добу, що проживає в будівля з гарячим водопостачанням. Ми приймаємо і те, і інше для житлових квартирних типу з централізованим гарячим водопостачанням, обладнані душовими кабінами і ваннами довжиною від 1,5 до 1,7 м, в Відповідно до [14], $a = 105 \text{ л/(добу} \cdot \text{чол.)}$;

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

b - норма витрати води на гаряче водопостачання, що витрачається в громадських будівель, при температурі 55°C , рекомендується [14] приймати $b = 25 \text{ л/}(доба \cdot \text{чол.})$;

t_x^3 – температура холодної (водопровідної) води, яка береться в опалювальний сезон $t_x^3 = 5^{\circ}\text{C}$ [12];

c_v - це середня теплоємність води в розглянутому інтервалі температури, $c_v = 4,190 \text{ Дж/}(\text{кг} \cdot \text{K})$.

Тоді теплове навантаження на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{звп}}^{\text{cp}} = \frac{1,2 \cdot 230 \cdot (105+25) \cdot (55-5) \cdot 4190}{24 \cdot 36} \cdot 10^{-3} = 0,0087 \text{ МВт.}$$

Середня витрата тепла на гаряче водопостачання житлових районів населених пунктів в неопалюваний період визначається виразом:

$$Q_{\text{звп}}^{\text{cp}} = Q_{\text{звп}}^{\text{cp}} \cdot \frac{55-t_x^{\text{л}}}{55-t_x^3} \cdot \beta, \quad (1.4)$$

де $t_x^{\text{л}}, t_x^3$ температура холодної водопровідної води влітку і

в зимовий період, при відсутності даних, може бути взято $t_x^{\text{л}} = 15^{\circ}\text{C}$, $t_x^3 = 5^{\circ}\text{C}$ [12];

β - коефіцієнт, що враховує зниження витрати тепла на гарячу водопостачання в теплу пору року.

$$Q_{\text{звп}}^{\text{cp}} = 0,0087 \cdot \frac{55-15}{55-5} \cdot 0,8 = 0,0056 \text{ МВт.}$$

Теплові навантаження представлені в таблиці 1.2. Дані були отримані на переддипломній практиці.

На рис.1 наведено ген.план та розташування споживачів теплової енергії

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

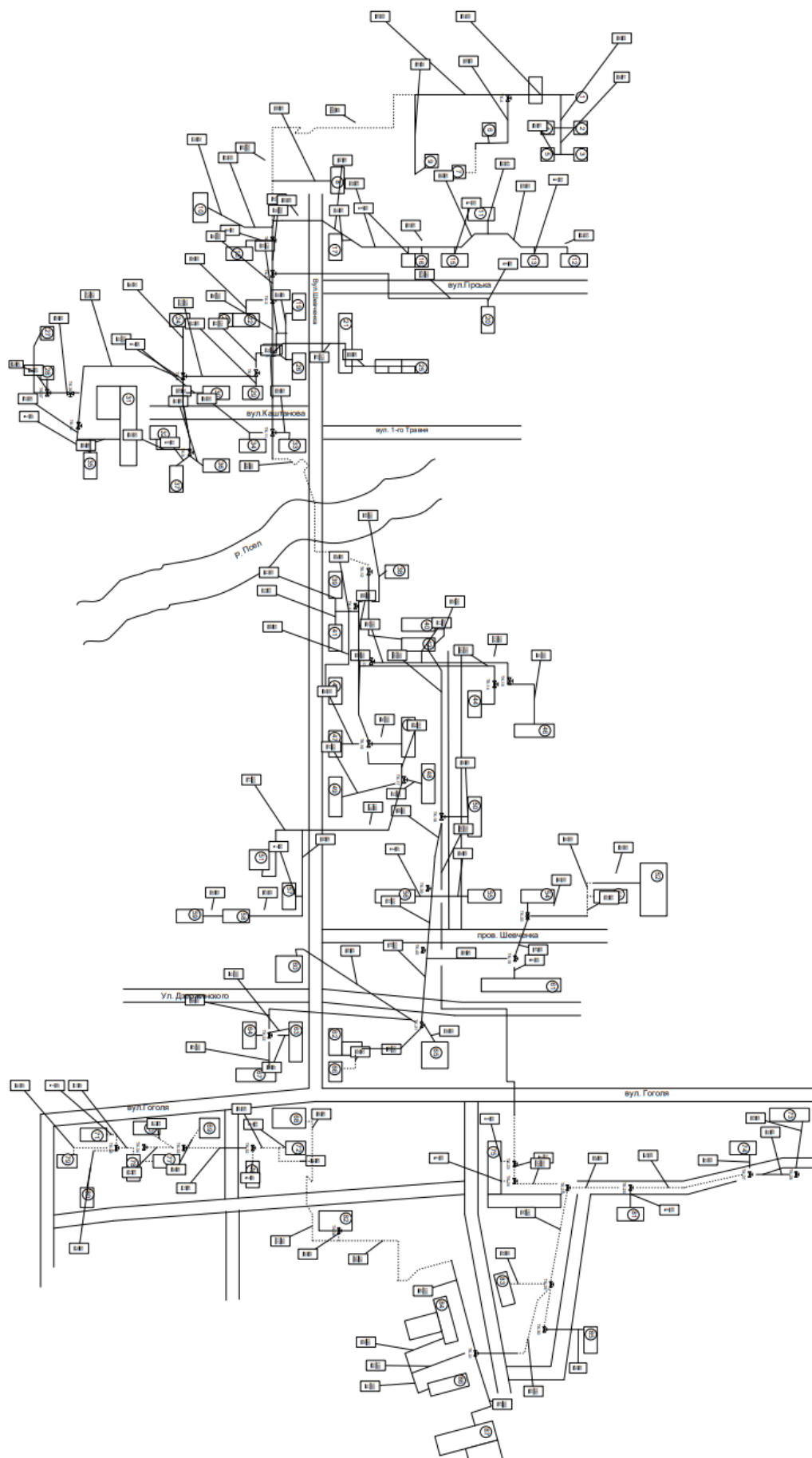


Рис.1 Генеральний план розташування абонентів що обслуговує котельня

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.2 – Теплові навантаження

№ п/п	Найменування споживача	Q_o^p , МВт	$Q_{ГВ}^{ср.з}$, МВт	$Q_{ГВ}^{ср.л}$, МВт
1	Ветеринарна лабораторія	0,0155	-	-
2	Житловий буд 3 пов.	0,0083	0,0012	0,0008
3	Житловий буд 2 пов.	0,0117	0,0018	0,0011
4	Житловий буд 2 пов.	0,0117	0,0018	0,0011
5	Житловий буд 2 пов.	0,0085	0,0013	0,0008
6	Житловий буд 2 пов.	0,0139	0,0021	0,0013
7	Житловий буд 2 пов.	0,0085	0,0013	0,0008
8	Житловий буд 2 пов.	0,062	0,0093	0,006
9	Адмін. будівля	0,0065	-	-
10	Житловий буд 2 пов.	0,0103	0,0015	0,001
11	Житловий буд 2 пов.	0,0042	0,0006	0,0004
12	Житловий буд 3 пов.	0,0577	0,0087	0,0055
13	Житловий буд 2 пов.	0,0466	0,007	0,0045
14	Житловий буд 2 пов.	0,0355	0,0053	0,0034
15	Житловий буд 2 пов.	0,101	0,0152	0,0097
16	Житловий буд 2 пов.	0,071	0,0107	0,0068
17	Майстерня	0,0067	-	-
18	Житловий буд 3 пов.	0,0599	0,009	0,0058
19	Житловий буд 2 пов.	0,202	0,0303	0,0194
20	Житловий буд 2 пов.	0,294	0,0441	0,0282
21	Житловий буд 2 пов.	0,1276	0,0191	0,0122
22	Житловий буд 2 пов.	0,0744	0,0112	0,0071
23	ДЮСШ	0,0036	-	-
24	Житловий буд 2 пов.	0,423	0,0635	0,0406
25	Житловий буд 2 пов.	0,0709	0,0106	0,0068
26	Житловий буд 2 пов.	0,0107	0,0016	0,001
27	Житловий буд 2 пов.	0,012	0,0018	0,0012
28	Житловий буд 2 пов.	0,0581	0,0087	0,0056
29	Житловий буд 2 пов.	0,2415	0,0362	0,0232
30	Школа	0,2053	0,0308	0,0197
31	Дит.сад	0,0444	0,0067	0,0043
32	Житловий буд 2 пов.	0,052	0,0078	0,005
33	Житловий буд 2 пов.	0,039	0,0059	0,0037

Продовження таблиці 1.2

34	Гараж школи №1	0,04	-	-
35	Дитячий садок №3	0,0988	0,0148	0,0095
36	Житловий буд 2 пов.	0,0755	0,0113	0,0072
37	Житловий буд 2 пов.	0,0571	0,0086	0,0055
38	Житловий буд 2 пов.	0,0685	0,0103	0,0066
39	Житловий буд 2 пов.	0,0677	0,0102	0,0065
40	Житловий буд 2 пов.	0,2348	0,0352	0,0225
41	Житловий буд 2 пов.	0,2081	0,0312	0,02
42	Житловий буд 3 пов.	0,3159	0,0474	0,0303
43	Житловий буд 2 пов.	0,1389	0,0208	0,0133
44	Житловий буд 2 пов.	0,294	0,0441	0,0282
45	Житловий буд 2 пов.	0,2176	0,0326	0,0209
46	Житловий буд 2 пов.	0,0718	0,0108	0,0069
47	Житловий буд 2 пов.	0,0503	0,0075	0,0048
48	Центр зайнятості	0,0311	0,0047	0,003
49	Бібліотека	0,0444	0,0067	0,0043
50	Пенсійний фонд	0,0492	0,0074	0,0047
51	ТОВ "Зірка"	0,0188	0,0028	0,0018
52	Ринок	0,0188	-	-
53	Житловий буд 2 пов.	0,0229	0,0034	0,0022
54	Житловий буд 2 пов.	0,0719	0,0108	0,0069
55	Житловий буд 2 пов.	0,0899	0,0135	0,0086
56	Музей	0,0592	0,0089	0,0057
57	Торгові ряди	0,0945	0,0142	0,0091
58	Реєстр актів цивільного стану	0,0282	0,0042	0,0027
59	Адміністрація	0,098	0,0147	0,0094
60	Адміністрація гаражу	0,023	-	-
61	Клуб	0,1697	0,0255	0,0163
62	Гараж	0,003	-	-
63	Житловий буд 2 пов.	0,1094	0,0164	0,0105
64	Житловий буд 2 пов.	0,0991	0,0149	0,0095
65	Житловий буд 2 пов.	0,0776	0,0116	0,0074
66	Дитячий садок №1	0,0483	0,0072	0,0046
67	Банк	0,0473	0,0071	0,0045
68	Магазин №1	0,0105	-	-
69	Магазин №2	0,0745	0,0112	0,0072

Продовження таблиці 1.2

70	Житловий буд 2 пов.	0,0095	0,0014	0,0009
71	Житловий буд 2 пов.	0,0986	0,0148	0,0095
72	Житловий буд 2 пов.	0,0462	0,0069	0,0044
73	Гараж	0,0114	-	-
74	Гараж	0,0236	-	-
75	Гараж Ощадбанку	0,0081	0,0012	0,0008
76	Житловий буд 2 пов.	0,0083	0,0012	0,0008
77	Житловий буд 2 пов.	0,0093	0,0014	0,0009
78	Адмін.будівля	0,0356	-	-
79	Житловий буд 2 пов.	0,096	0,0144	0,0092
80	Житловий буд 2 пов.	0,108	0,0162	0,0104
81	Житловий буд 2 пов.	0,0084	0,0013	0,0008
82	Житловий буд 2 пов.	0,0539	0,0081	0,0052
83	Школа No2	0,388	0,0582	0,0372
Разом		6,5312	0,9502	0,6077

1.3 Визначення річного споживання тепла

Річне споживання тепла визначається після попереднього виявлення теплових навантажень.

Тепловий потік для опалення:

$$Q_o^{cp} = Q_o^p \cdot \frac{t_{вн} - t_{от}^{cp}}{t_{вн} - t_o}, \quad (1.5)$$

Де Q_o^p знаходиться максимальний тепловий потік для нагріву при проектуванні

температура зовнішнього повітря для проектування опалення, МВт;

$t_{вн}$ – середня температура внутрішнього повітря нагрітого

будівель, °С;

$t_{от}^{cp}$ – середня температура зовнішнього повітря за період від

середньодобова температура повітря 8 °С і менше (опалення періоду), для міста Полтава= - 0,2 °С;

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t_o – Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування
Опалення.

$$Q_o^{cp} = 0,0577 \cdot \frac{20 - (-0,8)}{20 - (-23)} = 0,027 \text{ МВт}$$

Річні витрати тепла на опалення:

$$Q_o^{p\dot{c}} = Q_o^{cp} \cdot n_o, \quad (1.7)$$

Яка n_o тривалість опалювального періоду, по місту Полтава

$$n_o = 4488 \text{ годин}$$

$$Q_o^{\text{год}} = 0,027 \cdot 4488 = 121,17 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$$

Річні витрати тепла на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{год}} = Q_{\text{ГВ}}^{\text{cp.з}} \cdot n_o + Q_{\text{ГВ}}^{\text{cp.л}} \cdot (n_{\text{ГВ}} - n_o), \quad (1.9)$$

Де $Q_{\text{ГВ}}^{\text{cp.з}}$ середнє навантаження на гаряче водопостачання для

опалювальний період, МВт;

$Q_{\text{ГВ}}^{\text{cp.л}}$ - Середнє навантаження на гаряче водопостачання для

неопалювального періоду, МВт;

$n_{\text{ГВ}}$ - Тривалість роботи системи гарячого водопостачання з урахуванням

випробувань системи гарячого водопостачання, аварійні

Відключення та ремонти, $n_{\text{ГВ}} = 8400$ годин.

$$Q_{\text{ГВ}}^{p\dot{c}} = 0,0087 \cdot 4910 + 0,0056 \cdot (8400 - 4488) = 64,62 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$$

Річне споживання тепла:

$$Q^{p\dot{c}} = Q_o^{p\dot{c}} + Q_{\text{ГВ}}^{p\dot{c}}, \quad (1.10)$$

$$Q^{\text{год}} = 121,17 + 64,62 = 185,79 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$$

Річна витрата палива:

$$B^{\text{год}} = \frac{Q^{p\dot{c}}}{Q_{\text{н}}^p \cdot \eta}, \quad (1.11)$$

де $Q^{p\dot{c}}$ – сумарне річне споживання тепла, МДж/рік;

$Q_{\text{н}}^p$ – низьча теплотворна здатність еталонного палива, кВт /кг;

					601НТ-11393696.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 8,13 \text{ кВт/кг};$$

η - Ефективність джерела теплопостачання; $\eta = 0,9$.

$$B^{\text{pic}} = \frac{185,79}{8,13 \cdot 0,9} = 7,61 \text{ т}_{\text{у.л.}}/\text{рік}$$

1.4 Побудова графіка Россандера

Кількість годин вимірювання температури зовнішнього повітря протягом опалювального сезону в місту Полтава представлена в таблиці 1.3. [1].

Таблиця 1.3 – Кількість годин температури зовнішнього повітря в опалювальний період

Температура зовнішнього повітря, t_z , °C	-23	-20	-15	-10	-5	0	5	8
Кількість годин опалювального періоду, коли t_z він залишався нижче цього значення	8	45	161	391	723	1224	1128	803

Залежність поточного теплового навантаження опалення від зміни температури зовнішнього повітря описується рівнянням:

$$Q_o = Q_o^{\text{р}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_z}{t_{\text{вн}} - t_o}, \quad (1.12)$$

де Q_o – поточне значення теплового навантаження на опалення, МВт;

$t_{\text{вн}}$ - середня температура повітря в приміщенні і нагрівається

будівель, °C;

$t_{\text{н}}$ - поточне значення температури зовнішнього повітря, °C;

t_o - Розрахункова температура зовнішнього повітря для

конструкція нагріву, °C.

Так як рівняння є рівнянням прямої залежності, то графік залежності $Q_o = f(t_{\text{н}})$ можна провести по двох точках. Перший з них $Q_o^{\text{р}} = 0,0577$ МВт. Другу точку слід приймати на кордоні початку опалювального періоду (точка $t_{\text{н}} = + 8^{\circ}\text{C}$).

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$Q_o^{+8} = 0,0577 \cdot \frac{20-8}{20-(-23)} = 0,016 \text{ МВт}$$

Навантаження на гаряче водопостачання під час опалювального сезону є постійним і дорівнює $Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср.з}} = 0,0087 \text{ МВт}$.

У неопалювальний період навантаження на гаряче водопостачання також постійне і дорівнює $Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср.л}} = 0,0056 \text{ МВт}$.

Розрахункові теплові навантаження при поточних температурах зовнішнього повітря представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Розрахунок теплових навантажень при поточних температурах зовнішнього повітря

$t_z, ^\circ\text{C}$	$Q_o, \text{МВт}$	$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср.з}}, \text{МВт}$	$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср.л}}, \text{МВт}$	$Q_{\Sigma}, \text{МВт}$	$n, \text{ год}$
-23	6,53	0,95	-	7,48	6
-20	6,08	0,95	-	7,03	135
-15	4,95	0,95	-	5,90	452
-10	3,45	0,95	-	4,40	1117
-5	2,01	0,95	-	2,96	2276
0	0,93	0,95	-	1,88	4002
8	0,26	0,95	-	1,21	4488

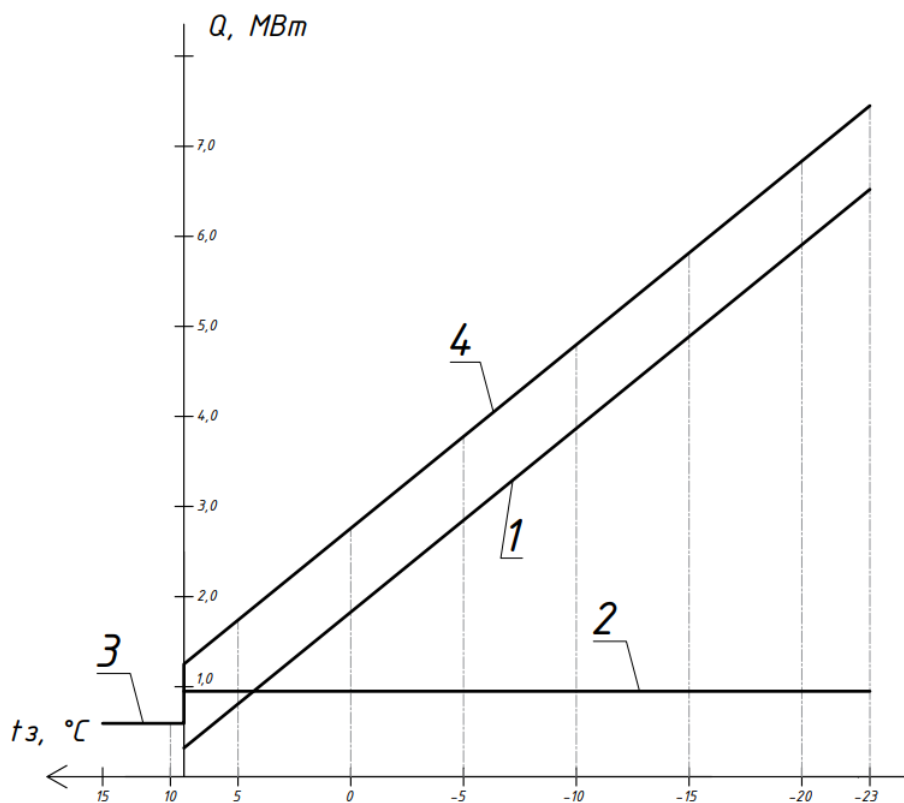


Рисунок 2 – Графік залежності тепlopостачання від температур зовнішнє повітря (1 – навантаження на опалення, 2 – навантаження гарячою водою взимку, 3 – навантаження гарячою водою влітку, 4 – сумарне теплове навантаження).

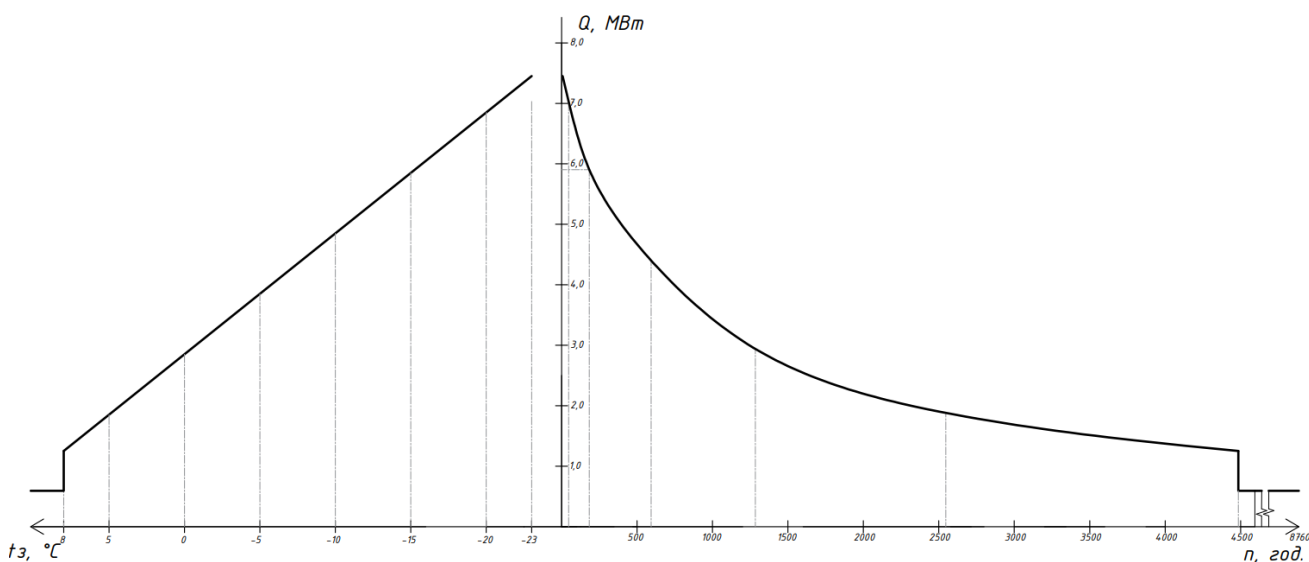


Рисунок 3 - Графік річного споживання тепла

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601НТ -11393696.ДП

Арк.

19

РОЗДІЛ 2 СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ. ПОБУДОВА ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФІКУ

2.1 Методика регулювання теплових навантажень

Теплове навантаження абонентів не є постійним. Вона змінюється в залежності від метеорологічних умов (температура зовнішнього повітря, вітру, інсоляції), режиму споживання води на гаряче водопостачання, режиму роботи технологічного обладнання та інших факторів. Для забезпечення високої якості теплопостачання, а також економічних режимів вироблення тепла в котельні і транспортування тепла по теплових мережах вибирається відповідний метод управління.

Залежно від способу впливу на температуру нагріву води можливі чотири способи регулювання:

1. якісний спосіб регулювання – полягає в регулюванні подачі тепла шляхом зміни температури теплоносія при збереженні постійної кількості теплоносія, що подається на блок управління;
2. кількісний метод – полягає в регулюванні подачі тепла шляхом зміни витрати теплоносія при його постійній температурі на вході в блок управління;
3. якісний і кількісний метод – полягає в регулюванні подачі тепла шляхом одночасної зміни витрати і температури теплоносія;
4. Скіпи подачі тепла – використовуються при плюсовій температурі зовнішнього повітря.

Спосіб регулювання теплових навантажень є якісним. Система теплопостачання закрита, двотрубна, з централізованим приготуванням і подачею гарячої води з котельні споживачам.

Теплова схема котельні для опалення та вентиляції складається з двох контурів: первинного і вторинного.

Нагріта в водогрійному котлі вода надходить в нагрівачі, де нагріває воду, що надходить в систему опалення.

Принципова схема системи теплопостачання наведена на малюнку 2.1.

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

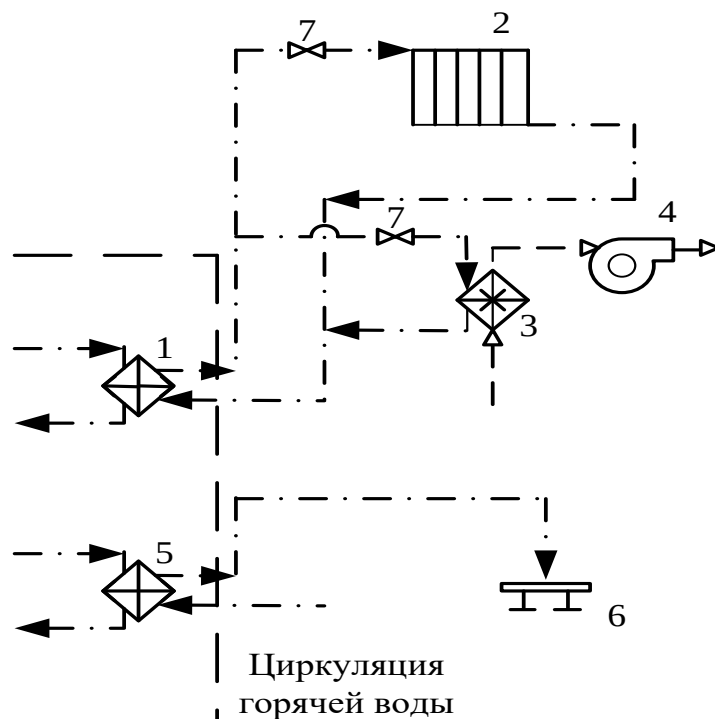


Рисунок 4 – Принципова схема тепlopостачання

1. Умовні позначення:

2. Очищення мережевої води

3. Опалювальні прилади

4. Вентиляційні нагрівачі

5. Апарат штучної вентиляції легень

6. Водонагрівачі

7. Регулятори температури

2.2 Розрахунок і побудова температурного графіка першого контуру

У цьому пункті визначається графік роботи первинного контуру, з відомим температурним графіком вторинного контуру $\tau_{o1}/\tau_{o2} = 95/70$ °C. Для тепlopостачання систем опалення в котельні встановлено чотири водогрійних котла Viessman VITOMAX 300 HW

Температура котла на виході $\tau_{t1} = 150$ °C.

Температура котла на вході $\tau_{t2} = 75$ °C.

Середня логарифмічна різниця температур:

$$\Delta t_{\text{ср.лог.}} = \frac{(\tau_{\text{т1}} - \tau_{\text{т2}}) - (\tau_{\text{т2}} - \tau_{\text{о2}})}{\ln \frac{\tau_{\text{т1}} - \tau_{\text{о1}}}{\tau_{\text{т2}} - \tau_{\text{о2}}}}, \quad (2.1)$$

де $\tau_{\text{т1}}$ – температура теплоносія на виході з котла, $\tau_{\text{т1}} = 150^\circ\text{C}$;

$\tau_{\text{т2}}$ – Приймається температура теплоносія на вході в котел $\tau_{\text{т2}} = 75^\circ\text{C}$;

$\tau_{\text{о1}}$ – температура теплоносія на виході з нагрівача, $\tau_{\text{о1}} = 95^\circ\text{C}$;

$\tau_{\text{о2}}$ – температура теплоносія на вході в нагрівач, $\tau_{\text{о2}} = 70^\circ\text{C}$.

$$\Delta t_{\text{ср.лог.}} = \frac{(150 - 95) - (75 - 70)}{\ln \frac{150 - 95}{75 - 70}} = 25,02^\circ\text{C}$$

Еквівалент витрати мережевої води першого контуру для опалення:

$$W_o = \frac{Q_o^p}{\tau_{\text{т1}} - \tau_{\text{т2}}}, \quad (2.2)$$

де Q_o^p – Розрахункове теплове навантаження на опалення,

$$Q_o^p = 6,5312 \text{ МВт}$$

$$W_o = \frac{6,5312 \cdot 10^3}{150 - 75} = 87,083$$

Витрата води в мережі вторинного контуру на опалення:

$$W_o^p = \frac{Q_o^p}{\tau_{\text{о1}} - \tau_{\text{о2}}}, \quad (2.3)$$

$$W_o^p = \frac{6,5312 \cdot 10^3}{95 - 70} = 435,41 \text{ кВт/}^\circ\text{C}$$

Вищий та нижчий еквіваленти:

$$W_{\text{м}} = 87,083 \text{ кВт/}^\circ\text{C}, \quad W_{\text{с}} = 435,41 \text{ кВт/}^\circ\text{C}$$

Умовний параметр мережевого водонагрівача:

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi = \frac{Q_o^p}{\Delta t^{cp.log} \sqrt{W_o \cdot W_o^p}}, \quad (2.4)$$

$$\Phi = \frac{6,5312 \cdot 10^3}{25,02 \cdot \sqrt{870,83 \cdot 435,41}} = 1,34$$

Безрозмірна питома теплова навантаження мережевого водонагрівача:

$$\varepsilon = \frac{1}{0,35 \frac{W_M}{W_6} + 0,65 + \frac{1}{\Phi} \sqrt{\frac{W_M}{W_6}}}, \quad (2.5)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{0,35 \frac{87,083}{435,41} + 0,65 + \frac{1}{1,34} \sqrt{\frac{87,083}{435,41}}} = 0,949$$

Фактична температура на вході в котел:

$$\tau_{\partial 2}^* = \tau_{\partial 1} - \frac{\varepsilon \cdot W_i (\tau_{\partial 1} - \tau_{\hat{1} 2})}{W_{\hat{1}}}, \quad (2.6)$$

$$\tau_{\tau 2}^* = 150 - \frac{0,949 \cdot 87,08 \cdot (150 - 70)}{87,08} = 74,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температурний графік первинного контуру $\tau_{\tau 1} / \tau_{\tau 2} = 150 / 74,08 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Розрахунок якісного регулювання полягає у визначенні температури води в опалювальній мережі в залежності від температури зовнішнього повітря за умови постійної витрати теплоносія.

Відносне теплове навантаження первинного ланцюга:

$$\overline{Q_m} = \frac{t_{\theta}^p - t_3}{t_{\theta}^p - t_{3,p}}, \quad (2.7)$$

де t_{θ}^p - температура повітря в приміщенні, $^{\circ}\text{C}$;

t_3 - температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{3,p}$ - Температура зовнішнього повітря в режимі проектування, $^{\circ}\text{C}$.

Приклад розрахунку відносного теплового навантаження для температури зовнішнього повітря $t_{\theta} = -20^{\circ}\text{C}$:

$$\overline{Q_m} = \frac{20 - (-20)}{20 - (-23)} = 0,93$$

Різниця температур води в трубопроводах першого контуру:

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$\delta\tau_T^p = \tau_{T1}^p - \tau_{T2}^p, \quad (2.8)$$

$$\delta\tau_T^p = 150 - 75 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

Різниця температур води у вторинному контурі теплової мережі:

$$\delta\tau_o^p = \tau_{o1}^p - \overline{\tau}_2, \quad (2.9)$$

де $\overline{\tau}_2$ - Середня температура теплоносія опалення при проектному режимі

$$\overline{\tau}_2 = \tau_{o2}^p = 70^\circ\text{C}.$$

$$\delta\tau_o^p = 95 - 70 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Еквівалент витрати теплоносія першого контуру, з якісним регулюванням теплового навантаження

$$W_T = W_T^p = \text{const.}$$

$$W_m = W_m^p = \frac{Q_o^p}{\delta\tau_m^p}, \quad (2.10)$$

$$W_m^p = \frac{6531}{75} = 87,083 \text{ кВт/}^\circ\text{C}$$

Еквівалент витрати вторинного теплоносія при якісному регулюванні теплового навантаження також постійний:

$$W_o = W_o^p = \frac{Q_o^p}{\delta\tau_o^p}, \quad (2.11)$$

$$W_o^p = \frac{6531}{25} = 261,24 \text{ кВт/}^\circ\text{C}$$

Безрозмірне теплове навантаження теплообмінника:

$$\varepsilon_m = \frac{Q_o^p}{W_m^m \cdot (\tau_{T1}^p - \overline{\tau}_2)}, \quad (2.12)$$

де W_m^T - найнижчий еквівалент витрати теплоносія,

$$W_m^T = 87,083 \text{ кВт/}^\circ\text{C}.$$

$$\varepsilon_m = \frac{6531}{87,083 \times (150 - 70)} = 0,937$$

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\varepsilon_T = \text{const}$ з якісним методом регулювання.

Температура теплоносія на виході з котла при $t_3 = -20\text{ }^\circ\text{C}$:

$$\tau_{T1} = t_{\text{в}}^p + \Delta t_o^p \cdot \overline{Q}_m^{0,8} + \delta \tau_m^p \cdot \overline{Q}_m \cdot \left(\frac{W_o^p}{W_m^m} \cdot \frac{1}{\varepsilon_m} - \frac{0,5}{1} \right), \quad (2.13)$$

де Δt_o^p - Температурний напір опалювального приладу при проектуванні

Режим, $^\circ\text{C}$.

$$\Delta t_o^p = \frac{\tau_{o1}^p + \tau_{o2}^p}{2} - t_{\text{в}}^p, \quad (2.14)$$

$$\Delta t_o^p = \frac{95+70}{2} - 20 = 62,5\text{ }^\circ\text{C}$$

$$\tau_{T1} = 20 + 62,5 \cdot 0,93^{0,8} + 25 \cdot 0,93 \cdot \left(\frac{261,24}{87,083} \cdot \frac{1}{0,937} - \frac{0,5}{1} \right) = 141,75\text{ }^\circ\text{C}$$

Температура теплоносія на вході в котел при $t_{\text{н}} = -20\text{ }^\circ\text{C}$:

$$\tau_{T2} = t_{\text{в}}^p + \Delta t_o^p \cdot \overline{Q}_m^{0,8} + \delta \tau_m^p \cdot \overline{Q}_m \cdot \left(\frac{W_o^p}{W_m^m} \cdot \frac{1}{\varepsilon_m} - \frac{W_o^p}{W_m^m} - \frac{0,5}{1} \right), \quad (2.15)$$

$$\tau_{T2} = 20 + 62,5 \cdot 0,93^{0,8} + 25 \cdot 0,93 \cdot \left(\frac{261,24}{87,08} \cdot \frac{1}{0,933} - \frac{261,24}{87,083} - \frac{0,5}{1} \right) = 72,03$$

Розрахунок температур теплоносія для інших температур зовнішнього повітря аналогічний і наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Температура теплоносія першого контуру при поточних температурах зовнішнього повітря

$t_3, ^\circ\text{C}$	$\overline{Q}_T, \text{ МВт}$	$\tau_{T1}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{T2}, ^\circ\text{C}$
-23	1,00	150,00	75,00
-20	0,93	141,75	72,03
-15	0,81	122,93	61,93
-10	0,70	103,94	51,64
-5	0,58	84,73	41,15
0	0,47	65,26	37,40
8	0,28	49,34	35,00

Витрата первинного теплоносія:

					601НТ-11393696.ДП	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_m = \frac{Q_o^p}{c \cdot (\tau_{m1}^p - \tau_{m2}^p)}, \quad (2.16)$$

де c - Теплова ємність теплоносія, $c = 4,19$ кДж/кг·°С

$$G_o = \frac{65312}{4,19 \cdot (150 - 75)} = 207,83 \text{ кг/с}$$

Виходячи з даних таблиці 2.1 і отриманого споживання, графік рис. 2.2.

2.3 Розрахунок і побудова температурного графіка вторинного контуру

2.3.1 Розрахунок системи опалення

Приклад розрахунку температури зовнішнього повітря $t_3 = -20^\circ\text{C}$.

Відносне теплове навантаження на опалення:

$$\overline{Q_o} = \frac{t_o^p - t_3}{t_o^p - t_{3,p}}, \quad (2.17)$$

$$\overline{Q_o} = \frac{20 - (-20)}{20 - (-23)} = 0,93$$

Розрахункова різниця температур теплоносія в магістралях подачі і обратки при $t_x = t_{3,p}$:

$$\delta\tau_o^p = \tau_{o1}^p - \tau_2, \quad (2.18)$$

$$\delta\tau_o^p = 95 - 70 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Розрахунковий перепад температур в системі опалення:

$$\theta_o^p = \delta\tau_o^p = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температура мережевої води в лінії подачі:

$$\tau_{o1} = t_B^p + \Delta t_o^p \cdot \overline{Q_o}^{0,8} + \left(\delta\tau_o^p - \frac{\theta_o^p}{2} \right) \cdot \overline{Q_o}, \quad (2.19)$$

$$\tau_{o1} = 20 + 62,5 \cdot 0,93^{0,8} + \left(25 - \frac{25}{2} \right) \cdot 0,93 = 85,07 \text{ }^\circ\text{C}$$

					601НТ-11393696.ДП	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура мережевої води в зворотному трубопроводі:

$$\tau_{o2} = \tau_{o1} - \delta \tau_o^p \cdot \overline{Q_o}, \quad (2.20)$$

$$\tau_{o2} = 85,07 - 25 \cdot 0,93 = 61,82 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розрахунок температур теплоносія в подаючому і зворотному трубопроводах при поточних температурах зовнішнього повітря аналогічний і дані розрахунку наведені в таблиці 2.2.

Точка зовнішнього перелому визначається методом підстановки за формулою (2.19), де $\overline{Q_o} = \frac{t_g^p - t_{н.и.}}{t_g^p - t_{з.р.}}$

$$70 = 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20 - t_{н.и.}}{20 - (-23)} \right)^{0,8} + \left(25 - \frac{25}{2} \right) \cdot \frac{20 - t_{н.и.}}{20 - (-23)}$$

$$t_{н.и.} = -11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.3.2 Визначення середньозважених температур і сумарної витрати вторинного теплоносія

Спочатку визначається витрата вторинного теплоносія на опалення. Так як в місті якісне регулювання теплового навантаження на опалення, то і витрата теплоносія на обігрів постійний.

$$G_o = \frac{Q_o^p}{c \cdot (\tau_{o1}^p - \tau_{o2}^p)}, \quad (2.30)$$

$$G_o = \frac{6531}{4,19(95 - 70)} = 62,35 \text{ кг/с}$$

Сумарна витрата теплоносія на опалення при $t_z = -23^\circ\text{C}$:

$$\Sigma G = G_o, \quad (2.31)$$

$$\Sigma G = 62,35 \text{ кг/с}$$

Середньозважена температура теплоносія, що повертається в котельню:

$$\overline{\tau_2} = \frac{G_o \tau_{o2}}{G_o}, \quad (2.32)$$

При $t_z = -23 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\overline{\tau_2} = \frac{62,35 \cdot 61,82}{62,35} = 61,82 \text{ } ^\circ\text{C}$$

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок для інших температур аналогічний і дані розрахунку наведені в таблиці 2.2.

Температура зовнішнього повітря °C	Параметри теплоносія				
	Температура, °C			Споживання, кг/с	
	τ_{o2}	τ_{o1}	$\overline{\tau_2}$	G_o	ΣG
-23	70	95	70	62,35	62,35
-20	65	85	62	62,35	62,35
-15	61	80	59	62,35	62,35
-10	57	74	56	62,35	62,35
-5	53	67	53	62,35	62,35
0	49	59	49	62,35	62,35
8	44	40	35	62,35	62,35

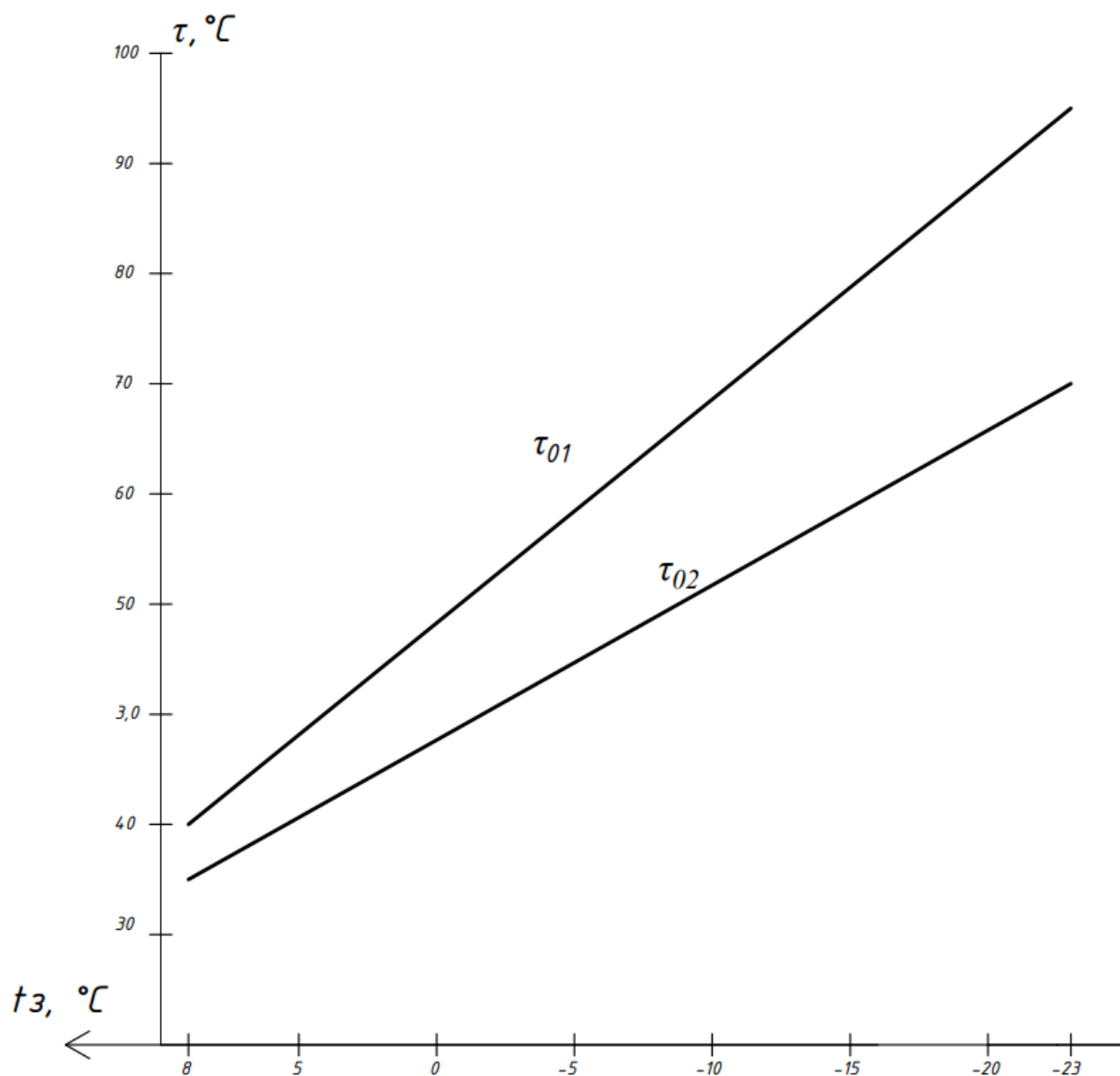


Рисунок 5 – Графік управління навантаженням на опалення

3 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Гідравлічний розрахунок

Гідравлічний розрахунок є одним з важливих розділів проектування та експлуатації теплової мережі.

Метою гідравлічного розрахунку є визначення перепаду тиску (напору).

Для проведення гідравлічних розрахунків уточнюються: вказується схема і профіль теплової мережі, місця розташування споживачів і розрахункові навантаження, відомі діаметри трубопроводів.

Розрахунок почався з вибору головної магістралі.

Основна магістраль являє собою пов'язану систему ділянок від джерела до найвіддаленішого споживача.

За номограмою для гідравлічного розрахунку трубопроводів швидкість руху і лінійний перепад тиску на ділянці визначаються відомим діаметром трубопроводу і відомим значенням витрати теплоносія.

Наведемо приклад гідравлічного розрахунку ділянки головної магістралі ТСК – ТК – 11.

1. Номінальна витрата в цій секції становить 2,368 кг/с;
2. Визначити приблизний діаметр трубопроводу:

$$d = \frac{A_d^B \cdot G^{0,38}}{R_1^{0,19}} \text{ м.} \quad (3.1)$$

3. Найближчий стандартний діаметр до [1]:

$$d_{\text{ст}} = 150 \text{ мм.}$$

4. Визначте середню швидкість на цій ділянці:

$$v = \frac{4 \cdot 25,368}{3,14 \cdot 0,15^2} = 1,4 \text{ м/с} \quad (3.2)$$

визначити режим руху теплоносія (критерій Рейнольдса):

$$\text{Re} = \frac{1,4 \cdot 0,15}{0,296 \cdot 10^{-6}} = 709459,5 \quad (3.3)$$

Значення приведенного коефіцієнта Рейнольдса:

$$\text{Re}_{\text{пр}} = 568 \cdot \frac{d_{\text{ГОСТ}}}{k} \quad (3.4)$$

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Re_{гд} = 568 \cdot \frac{0,15}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 170400$$

5. Коефіцієнт гідравлічного тертя визначається за формулою, так як значення $Re > Re_{пр}$, [14]:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,5}{0,15} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,0346 \quad (3.5)$$

6. Фактичне значення питомих втрат тиску, має вигляд:

$$R = \frac{0,0346 \cdot 958,4 \cdot 1,4^2}{0,15 \cdot 2} = 200$$

На цій ділянці є один компенсатор залози, тому сума місцевих коефіцієнтів опору дорівнює 0,2.

Визначте втрати тиску при терті за формулою (4,5), де, геометрична довжина ділянки становить 48 м:

$$\Delta p_{тр} = 15,74 \cdot 48 = 755,5 \text{ Па.}$$

7. Використовуючи формулу (4.7), визначте місцеві втрати тиску в цій ділянці:

$$\Delta p_{м} = \frac{0,2 \cdot 958,4 \cdot 2,2^2}{2} = 463,87 \text{ Па}$$

8. Загальні втрати на цій ділянці визначаються за формулою (4.8):

$$\Delta p = 755,5 + 463,87 = 1219,37 \text{ Па.}$$

Таким же чином проводиться розрахунок інших ділянок магістралі. Результати розрахунків зведені в таблицю 3.1.

					601НТ -11393696.ДП	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМН												
Адк.												
№ док.м.												
Підпис												
дата												
601НТ - 11393696.ДП												
З 2												
Таблиця 3.1 – Гідравлічний розрахунок теплових мереж в житловому районі												
№	Ім'я ділянки	Спожи вання, кг/с	Діапе тр, мм	Довж ина м	Швидк ість, м/с	Питомий перепад тиску, Па/м	Перепад тиску, кПа	Сума місцевого опору, $\sum \zeta$	Падіння тиску місцевого опору, кПа	Загальний перепад тиску на ділянці, кПа	Перепад тиску в магістралі, кПа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Розрахунок основних ділянок												
1	Котельная-ЦТП	6,46	250	20	1.36	90	1.8	10	8.954	10.754		
2	ЦТП - ТК-11	2,53	150	335	1.48	200	67	13	13.823	80.823	91.578	
3	ТК-11 - ТК-5	2,44	150	79	1.43	180	14.22	3.5	3.459	17.679	109.257	
4	ТК-5 - ТК-3	0,88	150	36	0.52	24	0.864	3.5	0.452	1.316	110.573	
5	ТК-3 - ТК-2	0,68	200	15	0.22	5	0.075	3.5	0.085	0.160	110.733	
6	ТК-2 - ТК-1	0,479	200	15	0.16	0	0	3.5	0.042	0.042	110.775	
7	ТК-1 - ввід 10	0,429	200	37	0.16	0	0	3	0.035	0.035	110.810	
8	ввід 10 - т.а	0,462	200		0.15	0	0	4	0.045	0.045	110.855	
9	т.а - ввід 17	0,316	80	54	0.65	72	3.888	4	0.816	4.704	115.558	
10	ввід 17 - ввід 16	0,245	80	35	0.50	38	1.33	4	0.490	1.820	117.379	
11	ввод 16 - ввід 15	0,144	80	55	0.30	18	0.99	6	0.254	1.244	118.623	
12	ввід 15 - ввід 11	0,108	80	58	0.22	11	0.638	5	0.120	0.758	119.381	
13	ввід 11 - ввід 13	0,104	50	45	0.55	100	4.5	5	0.728	5.228	124.609	
14	ввід 13 - ввід 12	0,057	50	48	0.30	28	1.344	1	0.045	1.389	125.997	
Розрахунок відгалудження №1												
1	Котельня - ЦТП	6,46	250	20	1.36	90	1.8	10	8.954	10.754		
2	ЦТП - ТК-18	2,0628	150	240	1.20	150	36	5.5	3.867	39.867	50.621	
3	ТК-18 - ТК-23	1,26	150	388	0.74	40	15.52	7.5	1.974	17.494	68.116	

Змн												
Док.												
№ док.м.												
Підпис												
Дата												
601НТ - 11393696.ДП												
ЗЗ												
Продовження таблиці 3.1												
4	TK-23 - TK-25	1,1636	150	155	0.68	38	5.89	8	1.790	7.680	75.795	
5	TK-25 - TK-29	1,0703	150	52	0.62	34	1.768	3.5	0.662	2.430	78.226	
6	TK-29 - TK-31	0,9659	150	93	0.56	28	2.604	5.5	0.848	3.452	81.678	
7	TK-31 - TK-38	0,416	125	220	0.35	14	3.08	8.5	0.504	3.584	85.262	
8	TK-38 - Т.б	0,3804	100	117	0.50	34	3.978	8	0.968	4.946	90.208	
9	Т.б - Т.с	0,2813	80	18	0.58	56	1.008	4	0.646	1.654	91.862	
10	Т.с - TK-32	0,2708	80	46	0.56	51	2.346	3.5	0.524	2.870	94.733	
11	TK-32 - TK-33	0,2246	80	71	0.46	32	2.272	3.5	0.361	2.633	97.365	
12	TK-33 - TK-34	0,098	80	24	0.20	0	0	3.5	0.070	0.070	97.435	
13	TK-34 - TK-35	0,0637	40	11	0.52	0	0	6.5	0.862	0.862	98.297	
14	TK-35 - 71	0,0473	40	7	0.39	0	0	1	0.073	0.073	98.370	
Розрахунок відгалудження №2												
1	Котельная- ЦТП	0,646	250	20	1.36	90	1.8	10	8.954	10.754		
2	ЦТП - Т.д	0,186	200	17	0.61	18	0.306	3	0.547	0.853	11.607	
3	Т.д - TK-13	0,155	150	20	0.91	61	1.22	0.5	0.199	1.419	13.026	
4	TK-13 - TK-16	0,115	150	55	0.67	39	2.145	7.5	1.642	3.787	16.813	
5	TK-16 - TK- 17	0,768	150	28	0.45	17	0.476	5.5	0.536	1.012	17.825	
6	TK - 17 - Т.м	0,256	100	118	0.34	16	1.888	4	0.220	2.108	19.933	
7	Т.м - ввід 57	0,0184	80	54	0.38	23	1.242	4	0.279	1.521	21.454	
8	ввід 57 - ввід 58	0,0161	65	62	0.50	60	3.72	1	0.123	3.843	25.296	
9	ввід 58 - ввід 59	0,0089	50	33	0.47	70	2.31	0	0	2.310	27.606	

ЗМН			Таблиця 3.2 – Гідравлічний розрахунок відгалужень (складних і простих) теплових мереж в житловому приміщенні																				
Адк.																							
№ докум.																							
Підпис																							
Дата																							
601НТ-11393696.ДП																							
												Розрахунок відгалудження №3											
												1	т.а -ввід 8	0,0146	200		0.05	0	0	3	0.003	0.00337	
												2	ввід 8-ввід 9	0,0084	200	97	0.03	0	0	1	0	0.0004	0.00374
														0,0084	69	250	0.23	12	3	9	0.238	3.238	3.241
												3	ввід 9- ТК-4	0,0078	69	90	0.22	0	0	3.5	0.079	0.079	3.320
												4	ТК-4 - ввід 1	0,0055	69	45	0.15	0	0	3	0.034	0.034	3.355
												5	ввід 1- ввід 2	0,0040	69	35	0.11	0	0	4	0.024	0.024	3.378
												6	ввід 2- ввід 3	0,0020	51	35	0.10	0	0	3	0.015	0.015	3.394
												7	ввід 3- ввід 5	0,0008	51	25	0.04	0	0	0	0	0	3.394
												1	ТК-4 - ввід 6	0,0022	69	90	0.06	0	0	4	0.0074	0.0074	
												2	ввід 6 - 6	0,0013						0			
												1	ТК-5 - ТК-6	0,0714	125	37	0.60	40	1.48	3.5	0.6120	2.0920	
												2	ТК-6 - ТК-8	0,065	125	113	0.55	33	3.729	3.5	0.5165	4.2455	6.3376
												3	ТК-8 - ТК-36	0,0268	125	175	0.23	0	0	5	0.1230	0.1230	6.4606
												4	ТК-36 - ввід 35	0,0245	80	27	0.50	38	1.026	4.5	0.5530	1.5790	8.0396
												5	ввід 35 - 31	0,0205	80	45	0.42	30	1.35	0	0.0000	1.3500	9.3896
												1	ТК-5 - т.н	0,013	125	16	0.11	0	0	5	0.0293	0.0293	
												2	т.н - 20	0,0070	40	15	0.58	150	2.25	1	0.1643	2.4143	2.4436
	т.н - 19	0,0059	40	15	0.49	110	1.65	1	0.1172	1.7672													
З 4																							

ЗМН		Продовження таблиці 3.2									
Адк.											
№ док.м.											
Підпис											
Дата											
601НТ - 11393696.ДП											
35											
1	TK-5 - 21	0,71	125	57	0.60	40	2.28	1	0.1761	2.4561	
2	21- 25	0,423	80	59	0.87	130	7.67	2	0.7308	8.4008	10.8570
1	TK-36 - TK-37	0,022	50	20	0.12	0	0	4	0.0276	0.0276	
2	TK-37 - 27	0,010	40	75	0.09	0	0	2	0.0075	0.0075	0.0351
Розрахунок відгалудження №4											
1	TK-8 - TK-7	0,384	100	15	0.51	35	0.525	3.5	0.4333	0.9583	
2	TK-7 - TK-9	0,143	76	60	0.33	12	0.72	4.5	0.2314	0.9514	1.9097
3	TK-9 - 36	0.98	50	12	0.52	80	0.96	1	0.1306	1.0906	2.0420
	ВВід 1 - 1	0.155						0			
	ВВід 2 - 2	0.083						0			
	ВВід 3 - 3	0.117						0			
	ВВід 4 - 4	0.117						0			
	ВВід 6 - 7	0.085						2			
	ВВід 8 - 8	0.62	50	56	0.33	32	1.792	0	0	1.7920	
	ВВід 9- 9	0.065	25	40	0.14	17	0.680	1	0.0090	0.6890	
	ВВід 10 - 10	0.103	25	70	0.22	43	3.010	1	0.0227	3.0327	
		0.103	65	43	0.03	0	0.000	0	0	0.0000	
	ВВід 11 - 11	0.042	40	36	0.03	0	0.000	0	0	0.0000	
	ВВід 13- 13	0.466	50	9	0.24	18	0.162	0	0	0.1620	
	ВВід 15 - 15	0.355	50	6	0.19	10	0.060	0	0	0.0600	
	ВВід 16 - 16	1.01	50	6	0.53	90	0.540	0	0	0.5400	
	ВВід 17 - 17	0.71	50	15	0.37	40	0.600	0	0	0.6000	
	TK-1 - 18	0.067	32	5	0.09	0	0.000	1	0.0036	0.0036	
	TK-2 - 20	2.02	100	275	0.27	10	2.750	2	0.0683	2.8183	

					Продовження таблиці 3.2											
ЗМН	Адк.	№ док-м.	Підпис	дата												
601НТ -11393696.ДП							2.02	80	8	0.41	32	0.256	1	0.0833	0.3393	
						ТК-3 - 22, 23	2.02	50	30	1.06	90	2.700	1	0.5461	3.2461	
						ТК-6 - 29	0.581	50	13	0.31	30	0.390	0	0.0000	0.3900	
						ТК-7 - 30	2.415	80	2	0.50	40	0.080	0	0.000	0.0800	
						ТК-8 - 24	0.036	32	18	0.05	150	2.700	0	0.0000	2.7000	
						ТК-9 - 32	0.444	50	25	0.23	17	0.425	1	0.0264	0.4514	
						ТК-11 - 33	0.52	50	20	0.27	24	0.480	1	0.0362	0.5162	
						ТК-11 - 34	0.39	50	29	0.20	12	0.348	1	0.0204	0.3684	
						ТК- 37 - 28	0.12	40	18	0.10	0	0.000	0	0.0000	0.0000	
						ВВІД 35 - 35	0.4	40	2	0.33	50	0.100	0	0.0000	0.1000	
					Розрахунок відгалудження №5											
					1	Тк-25 - ТК-26	0.933	65	28	0.29	25	0.7	3.5	0.143	0.843	
					2	ТК-26- ТК-27	0.84	65	74	0.26	18	1.332	4.5	0.149	1.481	
					3	ТК-27 - ТК-28	0.745	65	19	0.23	15	0.285	0.5	0.013	0.298	
					4	ТК-28 - 73	0.745	65	63	0.23	15	0.945	0	0.000	0.945	
					1	ТК-31 - Т.К	1.619	100	29	0.21	0	0	3	0.066	0.066	
					2	Т.К - 84	1.08	100	25	0.14	0	0	1	0.010	0.010	
						Т.К - 86	0.539	100	14	0.07	0	0	1	0.002	0.002	
					1	ТК-34 - 78	0.35					0				
					2	78-77	0.114					0				
					1	ТК-18 - ТК- 39	7.503	100	68	0.99	140	9.52	4.5	2.119	11.639	
					2	ТК-39 - ТК-40	7.127	100	31	0.94	130	4.03	3.5	1.487	5.517	
					3	ТК-40 - ТК-21	4.935	100	61	0.65	59	3.599	3.5	0.713	4.312	
					4	ТК-21 - ТК-22	2.304	100	146	0.30	13	1.898	5.5	0.244	2.142	
					5	ТК-22 - 67	1.094	100	42	0.14	0	0	0	0.000	0.000	
					1	ТК-21 - 62	0.342	100	62	0.04	0	0	1	0.001	0.001	

Продовження таблиці 3.2

	ТК-18 - 50	0.503	50	26	0.26	22	0.572	0	0	0.572
	ТК-19 -61	0.945	65	6	0.29	25	0.15	0	0	0.150
	ТК-20 -54	0.492						0		
Розрахунок відгалудження №6										
1	ТК-13 - ТК-41									
2	Тк-41 - ввiд 43									
3	ввiд 43- т.О	1.256	80	28	0.26	10	0.28	3	0.0966	0.3766
4	т.О-41	0.685	50	10	0.36	40	0.4	0	0	0.4000
	т.к -39	0.571	50	14	0.30	28	0.392	0	0	0.3920
	ТК-41 - 38	0.755	100	43	0.10	0	0	3	0.0143	0.0143
	ввiд 43- 43	0.677	50	58	0.36	36	2.088	3	0.1840	2.2720
	т.д - 46	3.159	100	172	0.41	25	4.3	3.5	0.2922	4.5922
		3.159	100	15	0.41	25	0.375	0	0	0.3750
	ТК-13 - 44	2.348	150	140	0.14	0	0	2.5	0.0228	0.0228
	ТК-16 - 45	2.081	100	28	0.27	10	0.28	0	0	0.2800
	ТК-16 - 47	1.389	50	28	0.73	125	3.5	0	0	3.5000
	ТК-17 - 48	2.94	100	13	0.39	20	0.26	0	0	0.2600
	ТК-17 - 49	2.176	100	37	0.29	12	0.444	0	0	0.4440
	т.м - 51	0.718	100	41	0.09	0	0	3	0.0129	0.0129
	ввiд 57 - 57	0.229	50	7	0.12	0	0	0	0	0

3.2 Підбір мережних насосів

Мережеві насоси призначені для підтримки циркуляції води в теплових мережах.

Продуктивність робочих мережевих насосів приймається рівною розрахунковій витраті води в опалювальному агрегаті ($G = 25$ т/год).

Потужність резервного насоса повинна дорівнювати потужності робочого насоса.

Напір насоса, кПа, приймається рівним сумі втрат напору при розрахунковій витраті води

$$\Delta H_{cm} = \Delta H_{cn} + \Delta H_{nod} + \Delta H_{ob} + \Delta H_{ob}, \quad (3.6)$$

де ΔH_{cn} – втрати напору в нагрівальному агрегаті, прийняті $\Delta H_{cn} = 30$ кПа;

ΔH_{nod} та ΔH_{ob} – втрати напору в подаючому і зворотному трубопроводах теплових мереж відповідно, м.в.ст. $\Delta H_{nod} + \Delta H_{ob} = 12,5$ кПа;

ΔH_{ob} – Втрата голови в локальній системі абонента, м.в.ст, прийняті $\Delta H_{ob} = 2,5$ м.в.ст.

$$\Delta H_{cm} = 12,5 + 12,5 + \frac{2,5 \cdot 9,8 \cdot 970}{1000} + 30 = 51,765 \text{ кПа.}$$

Для установки в котельні були прийняті три мережевих насоса КМ 30/10. Частота обертання – 2900 об/хв. Ці насоси являють собою відцентрові моноблочні насоси з прямим підключенням мотор-насос і загальним валом. Експлуатаційні обмеження: температура рідини від -10°C до $+90^{\circ}\text{C}$, температура навколишнього повітря не більше 40°C , манометрична висота всмоктування не більше 7 м, максимально допустимий кінцевий тиск в корпусі насоса 10 бар, безперервна робота.

Побудова характеристики мережі

$$\Delta H_{сети} = S \cdot V^2, \quad (3.7)$$

де S – Опір мережі, $\frac{\text{м} \cdot \text{ч}^2}{\text{м}^6}$.

Встановлюючи різні значення джерела живлення, будуємо характеристики

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						39
Ззм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

мережі, значення заносимо в таблицю 3.2

Таблиця 3.2 – Побудова характеристики мережі

V, м³/год	7,20	18,00	21,60	25,20	27,00
ΔН, м.вод.ст.	0,47	2,93	4,21	5,74	6,58

Спочатку побудуємо характеристики одного насоса, значення наведені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Побудова характеристики для одного насосу

V, м³/год	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ΔН, м.вод.ст.	3,93	3,92	3,88	3,82	3,76	3,65	3,44	3,1	2,4

Потім будуємо характеристику трьох насосів, що працюють паралельно.

Комбіновані характеристики мережі і трьох насосів, що працюють паралельно, показані на малюнку 1.

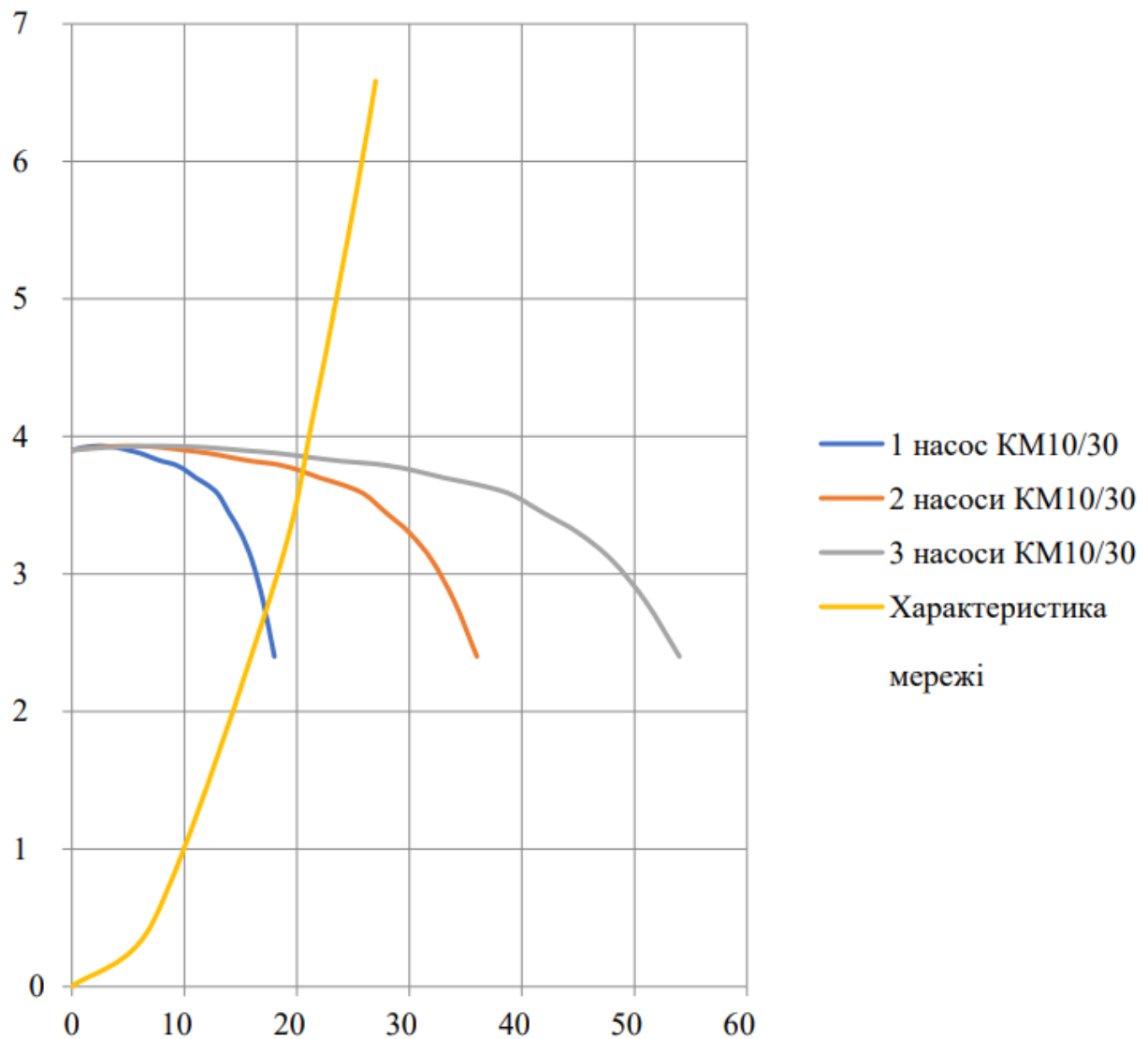


Рисунок 6 – Робота існуючих насосів в мережі

Параметри точки перехічення:

$V_d = 22 \text{ м}^3/\text{год}$, $H_d = 3,8 \text{ м.вод.ст.}$. Виходячи з цих висновків, результати не є задовільними.

Для нормальної роботи системи опалення для установки доступні три насоси NM 80/250.

Спочатку побудуємо характеристики одного насоса, значення наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Побудова характеристики для одного насоса

V, м³/год	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0
ΔН, м.вод.ст.	6,5	6,6	6,6	6,6	6,5	6,2	5,9	5,5	5,1	4,5

Потім будуємо характеристику трьох насосів, що працюють паралельно.

Комбіновані характеристики мережі і трьох насосів МТВ 50-200, що працюють паралельно, показані на малюнку 3.2.

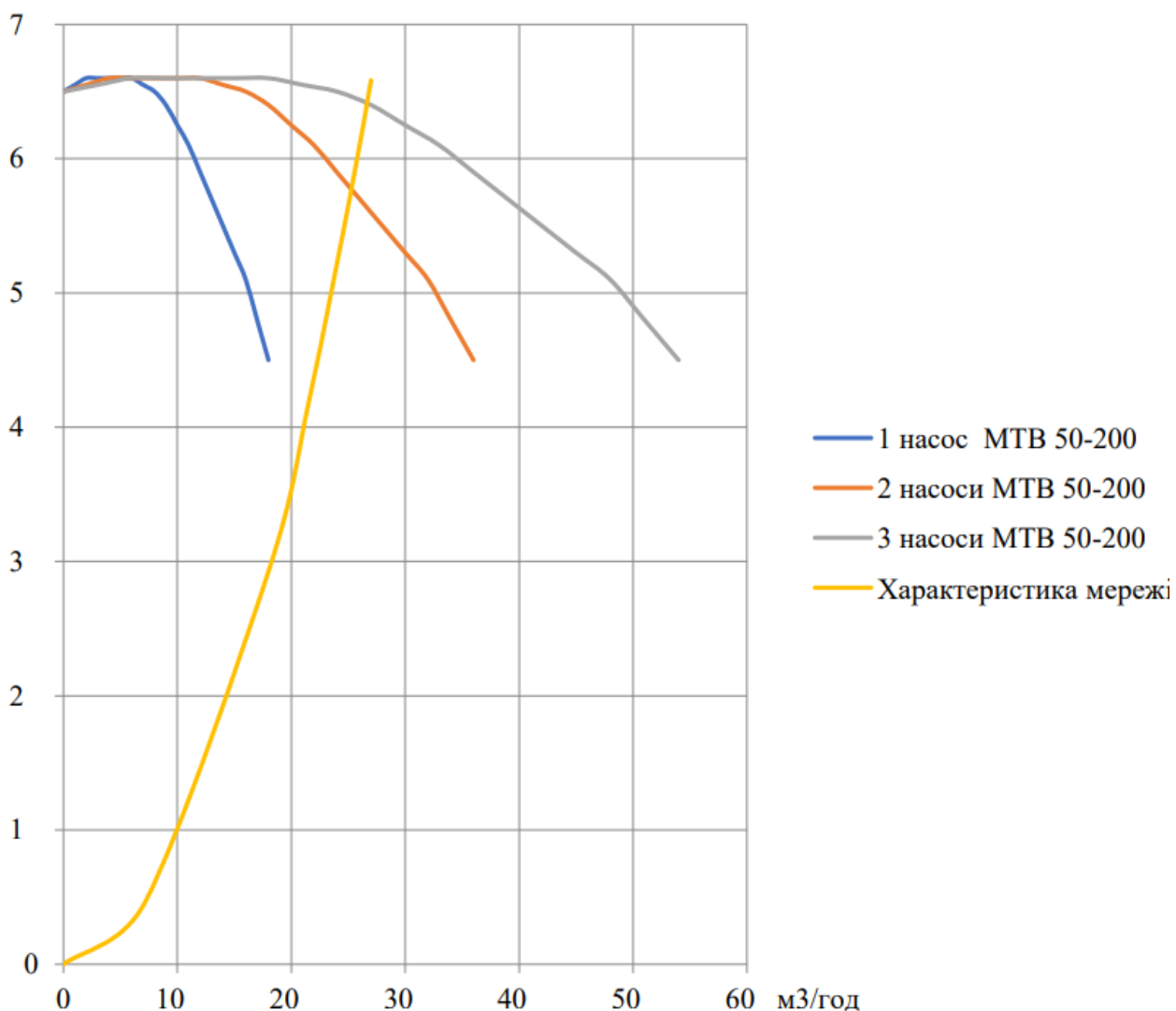


Рисунок 7 – Принцип роботи насосів, запропонованих для установки на задану мережу

Параметри точки пересічення:

$V_d=25,0$ м³/год, $H_d=5,8$ м.вод.ст.

Таким чином, двох насосів Grundfos MTB 50-200 достатньо для подачі проектної кількості води.

Було визначено перепад тиску на ділянці головної магістралі, який склав 125 кПа. Втрати голови в локальній системі абонента приймаються в розмірі 25 м.вод.ст. Згідно з гідравлічними розрахунками, зробленими в 90-х роках, трьох насосів КМ 30/10, встановлених в модульній котельні, буде недостатньо для нормальної роботи системи теплопостачання. Пропонується замінити насоси на марку Grundfos MTB 50-200. Для нормальної роботи системи теплопостачання буде достатньо двох насосів, що працюють паралельно.

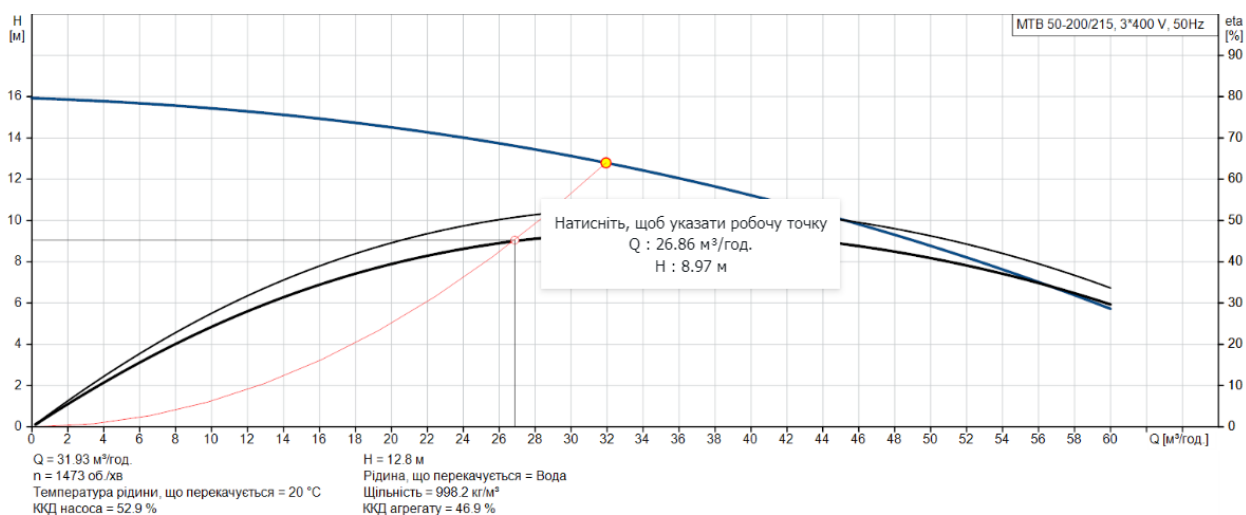


Рис.8 Робоча точка насосу Grundfos MTB 50-200

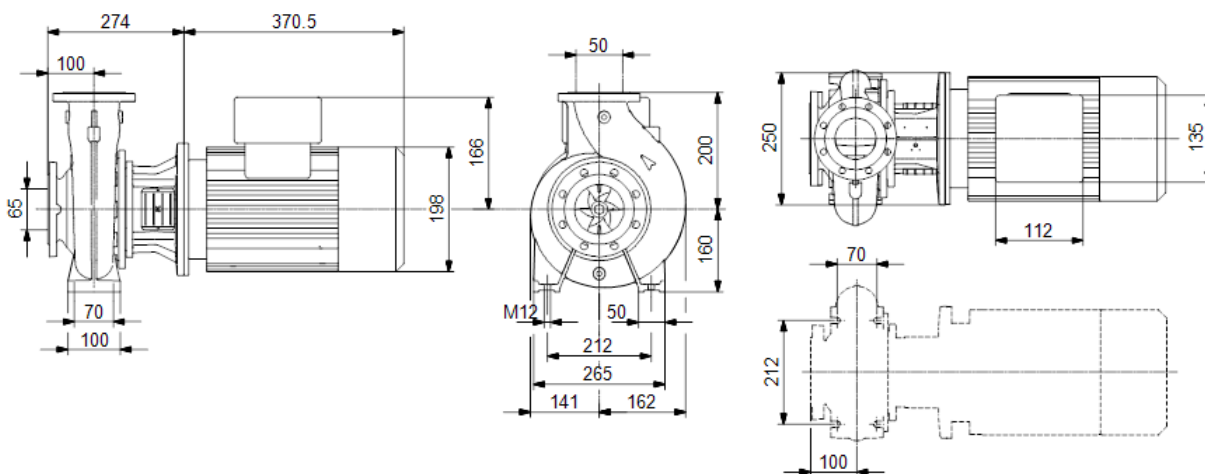


Рис.9 Загальний вид насосу Grundfos MTB 50-200

					601НТ -11393696.ДП	Лист
Ззм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

РОЗДІЛ 4 ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ МЕРЕЖІ

4.1 Розрахунок теплової ізоляції

Тип прокладки теплової труби:

Надземні трубопроводи служать довше і їх набагато простіше ремонтувати, але сфера їх застосування обмежена щільністю архітектурних будівель та іншим захаращенням низькорівневого повітряного простору. На підході трубопроводів до житлових приміщень прийнята підземна безканальна прокладка теплопроводів в монолітній оболонці зі спіненого поліуретану, який є тепловим і гідравлічним ізолятором.

Основні параметри мережі:

Повітряна прокладка: рекомендується брати орієнтовну середню температуру за рік, але основні навантаження на нашу мережу (а значить і основні втрати) існують тільки під час опалювального сезону, тому Візьмемо розраховану середню температуру за опалювальний період. Ці дані для нашої географічної зони взяті з таблиці 1.1: $t_o = t_{cp} = -0,8^{\circ}\text{C}$.

Прокладка під землею: повинна бути розрахована середньорічна температура ґрунту на глибині осі трубопроводу, прийнято: $t_o = 5^{\circ}\text{C}$.

Розрахункова температура теплоносія є середньою за рік, але, з причин, зазначених вище, за розрахункову температуру ми приймемо середню температуру за опалювальний період. Трубопровід подачі – $\tau_1 = 95^{\circ}\text{C}$; Зворотний трубопровід – $\tau_2 = 64,84^{\circ}\text{C}$

Інші параметри:

Згідно з [9], вони беруться шляхом інтерполяції по номінальній прохідності і температурі теплоносія.

Середня швидкість вітру під час опалювального сезону – $\omega = 4,2 \text{ м/с}$

Ізоляційний матеріал:

Пінополіуретан із закритими порами з цілісною структурою, покритий фольгою.

Коефіцієнт теплопровідності – $\lambda_{\text{из}} = 0,03 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$

Волопоглинання – не більше $200 \text{ см}^3/\text{м}^3$

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						4.4
Ззм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Щільність (суха) – 50 кг/м³

Міцність на стиск – 4 кг/см³ = 0,4 МПа (тобто відповідають вимогам [9]
до ізоляції для безканального прокладання теплопроводів); рН>8,5

4.1 Розрахунок товщини шару утеплювача

Приклад розділу ТК1-ТК2:

Товщина шару утеплювача:

$$R = \frac{\tau - t_o}{q_n \cdot k}, \quad (4.1)$$

$$R = \frac{95+0,8}{55 \cdot 1} = 1,765 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт}$$

де τ – температура теплоносія, °C

R – лінійний термічний опір теплопередачі, (м·°C)/Вт

t_o – Температура навколишнього середовища, °C

q_n – Стандартні лінійні втрати, Вт/м

k – Коефіцієнт розташування і типу кладки береться за [9]:

Для повітряної прокладки - $k = 1$, для підземної безвводної $k = 1$.

Склад термічного опору:

$$R = R_v + R_{тр} + R_{ги} + R_{из} + R_{пс} + R_n + R_{ск} + R_k + R_{гр}, \quad (4.2)$$

де R_v – Опір теплопередачі від теплоносія до стіни

Труби.

$R_{тр}$ – Опір стінки труби

$R_{ги}$ – стійкість гідроізоляційного шару. Відсутнє в нашому випадку,

Так як обраний матеріал є гідроізоляційним засобом.

$R_{из}$ – опір ізоляційного шару.

$R_{пс}$ – стійкість покривного шару. Цей шар також інтегрований в

Ізоляційні.

R_n – стійкість до передачі тепла в навколишнє середовище.

$R_{ск}$ – опір передачі тепла від повітря в каналі до стінки каналу.

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						46
Ззм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Відсутня - у нас прокладка без воздуховода.

R_k – опір стінки каналу.

$R_{гр}$ – Стійкість ґрунту. Відсутнє у випадку з повітрям прокладання⁴⁵ теплових трубопроводів.

Між теплоносієм і навколишнім середовищем є ще один прошарок - це шар фольги, але його стійкість вкрай низька:

- для повітряної прокладки:

$$R = R_{тр} + R_{из} + R_n, \quad (4.3)$$

- для підземної:

$$R = R_{тр} + R_{из} + R_{гр} + R_n, \quad (4.4)$$

Рівняння розрахунку термічних опорів на погонний метр мають вигляд:

$$R_{тр} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{ст}} \cdot \ln \left(\frac{d_n}{d_b} \right), \quad (4.5)$$

$$R_{об} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 24} \cdot \ln \left(\frac{0,036}{0,032} \right) = 78,1 \cdot 10^{-5}$$

де d_b – внутрішній діаметр трубопроводу, м;

d_n – зовнішній діаметр трубопроводу, м;

$\lambda_{ст}$ – Теплопровідність стінки, для сталевих труби: $\lambda_{ст} = 24 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

$$R_{I3} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{cm}} \cdot \ln \left(\frac{d_n^{I3}}{d_b^{I3}} \right), \quad (4.6)$$

d_n^{I3} – наружный діаметр циліндричного ізолюючого слоя, м;

d_b^{I3} – внутренний діаметр слоя ізолятора, м;

$\lambda_{ст}$ – Теплопровідність утеплювача, $\text{Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

Так як $\lambda_{ст} = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$, Беручи до уваги поправку на вологість ґрунту, теплопровідність теплоізоляції залишається колишньою для пінополіуретану.

$$R_n = \frac{1}{\pi \cdot d_n^{I3} \cdot \alpha_{зов}}, \quad (4.7)$$

$$R_n = \frac{1}{3,14 \cdot 0,136 \cdot 23,1} = 0,101$$

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						47
Ззм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де d_3^{i3} – зовнішній діаметр ізолюваного теплопроводу.

α_{306} – Передача тепла зовнішньої стінки теплопроводу повітрю:

$$\alpha_{306} = 4,65 \cdot \frac{\omega^{0,7}}{d_n^{u3,0,3}}, \quad (4.8)$$

$$\alpha_{306} = 4,65 \cdot \frac{4,2^{0,7}}{0,136^{0,3}} = 23,1$$

Термічний опір ґрунту при прокладці:

$$R_{zp} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp}} \cdot \ln \left[2 \cdot \frac{H}{d_n^{u3}} + \sqrt{\frac{4 \cdot H^2}{(d_n^{u3})^2} - 1} \right], \quad (4.9)$$

$$R_{zp} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,326} \cdot \ln \left[2 \cdot \frac{2}{0,136} + \sqrt{\frac{4 \cdot 2^2}{(0,136)^2} - 1} \right] = 0,277$$

де H – глибину залягання теплопроводу, беремо $H = 2$ м.

$\lambda_{гр}$ – Теплопровідність ґрунту, згідно з [6]: для вологого, глинистого (суглинного) ґрунту розрахунковий коефіцієнт теплопровідності

$$\lambda_{гр} = 2,326 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$$

Залишилося отримати формулу розрахунку товщини шару утеплювача:

$$R_{i3} = R - R_{mp} + R_{zp} + R_n, \quad (4.10)$$

$$R_{i3} = 1,765 - 78,1 \cdot 10^{-5} + 0,277 + 0,101 = 2,142$$

Розрахунок товщини шару утеплювача:

$$\delta_{i3} = d_n \cdot 0,5 \cdot (e^{R_{i3} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \lambda_{i3}} - 1) \cdot 1000, \quad (4.11)$$

$$\delta_{i3} = 0,036 \cdot 0,5 \cdot (e^{2,142 \times 2 \times 3,14 \times 0,03} - 1) \cdot 1000 = 8,78 \text{ мм}$$

Оскільки обраний матеріал не піддається ущільненню (наприклад, мінераловатні мати), формула 4.11 є остаточною. Температура на поверхні ізоляції, яка не повинна перевищувати 75 °С для теплоізоляційних поверхонь трубопроводів, розташованих поза робочою або обслуговуваною зонами. Температура поверхні ізоляції з умови рівності конвективних і теплопровідних потоків:

$$\frac{t_n - t_o}{R_n} = \frac{\tau - t_n}{R_{i3}} \rightarrow t_n = \frac{R_n \cdot \tau + R_{i3} \cdot t_o}{R_{i3} + R_n}$$

					601НТ -11393696.ДП	Лист
Ззм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$t_n = \frac{0,101 \cdot 95 + 2,142 \cdot 2,1}{2,142 + 0,101} = 6,28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

При розрахунку зворотного трубопроводу розрахункова температура протікає в ньому теплоносія набагато нижче гранично допустимої

$\tau_2 = 64,84^\circ\text{C} < 75^\circ\text{C}$. Вказавши товщину ізоляції прямого і зворотного трубопроводів від стану $\delta_{i3}^{nod}/\delta_{i3}^{ze} = 1/(0,45...0,55)$, Визначте фактичне значення товщини шару утеплювача за формулою (4.11).

Результати розрахунків за формулами 4.6 - 4.11 зведені в таблицю 4.1. Одиниця виміру термічного опору в таблиці – $(\text{м}\cdot^\circ\text{C})/\text{Вт}$, коефіцієнт теплопередачі – $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$, тепловтрати – $\text{Вт}/\text{м}$, температура – $^\circ\text{C}$.

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						49
Ззм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 Результати розрахунку теплової ізоляції

№ п/п	Найменування ділянки теплової мережі	Діаметр перерізу теплової мережі, м	Опір ізоляції ділянки теплової мережі, (м·°C)/Вт	Товщина ізоляції ділянки теплової мережі, мм
1	TK1-TK2	0,2	2,045	47,427
2	TK1-18	0,034	2,141	9,337
3	TK2-TK3	0,2	2,045	47,427
4	TK3-TK5	0,15	2,065	36,224
5	TK5-TK11	0,15	2,065	36,224
6	TK11-33	0,05	2,126	13,158
7	TK11-34	0,05	2,126	13,158
8	TK5-19	0,125	2,077	30,555
9	19-26	0,04	2,135	10,776
10	TK5-TK6	0,125	2,077	30,555
11	TK6-TK8	0,125	2,077	30,555
12	TK6-29	0,05	2,126	13,158
13	TK8-24	0,032	2,143	8,855
14	TK8-TK7	0,1	2,090	24,831
15	TK8-TK36	0,125	2,077	30,555
16	TK36-TK 37	0,05	2,126	13,158
17	TK37-28	0,04	2,135	10,776
18	TK37-27	0,04	2,135	10,776
19	TK36-TK10	0,08	2,103	20,203
20	TK10-35	0,04	2,135	10,776
21	35-31	0,08	2,103	20,203
22	TK7-30	0,08	2,103	20,203
23	TK7-TK9	0,076	2,106	19,271
24	TK9-32	0,05	2,126	13,158
25	TK9-36	0,05	2,126	13,158
26	TK9-37	0,032	2,143	8,855
27	TK5-21	0,125	2,077	30,555
28	21-25	0,08	2,103	20,203
29	TK1-10	0,065	2,114	16,698
30	TK1-8	0,05	2,126	13,158
31	TK1-A	0,069	2,111	17,635
32	A-9	0,025	2,150	7,163

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						50
Ззм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Продолжение таблицы 4.1

33	А-ТК4	0,069	2,111	17,635
34	ТК4-1	0,069	2,111	17,635
35	1-2,4	0,69	1,951	152,500
36	2,4-3,5	0,051	2,125	13,395
37	ТК2-20	0,1	2,090	24,831
38	ТК1-17	0,08	2,103	20,203
39	17-16	0,08	2,103	20,203
40	16-15	0,08	2,103	20,203
41	15.-11	0,08	2,103	20,203
42	15.11.	0,08	2,103	20,203
43	11.-13	0,05	2,126	13,158
44	13.-12	0,05	2,126	13,158
45	ТК11-ТК12	0,15	2,065	36,224
46	ТК12-38	0,1	2,090	24,831
47	ТК12-ТК41	0,08	2,103	20,203
48	ТК41-39	0,05	2,126	13,158
49	ТК41-41	0,05	2,126	13,158
50	ТК41-ТК18	0,1	2,090	24,831
51	ТК12-42	0,1	2,090	24,831
52	42-40	0,25	2,029	58,490
53	42-ТК18	0,2	2,045	47,427
54	ТК41-43	0,05	2,126	13,158
55	ТК18-ТК15	0,1	2,090	24,831
56	ТК15-46	0,1	2,090	24,831
57	ТК18-44	0,15	2,065	36,224
58	ТК18-ТК16	0,15	2,065	36,224
59	ТК16-45	0,1	2,090	24,831
60	ТК16-47	0,05	2,126	13,158
61	ТК16-ТК17	0,15	2,065	36,224
62	ТК17-48	0,1	2,090	24,831
63	ТК17-49	0,1	2,090	24,831
64	ТК17-Б	0,1	2,090	24,831
65	Б-57	0,05	2,126	13,158
67	Б-51	0,1	2,090	24,831
68	57-58	0,065	2,114	16,698
69	58-59	0,05	2,126	13,158

Продолжение таблицы 4.1

70	TK18-50	0,05	2,126	13,158
71	TK18-TK39	0,1	2,090	24,831
72	TK39-56	0,04	2,135	10,776
73	TK39-55	0,065	2,114	16,698
74	TK39-TK40	0,1	2,090	24,831
75	TK40-TK19	0,08	2,103	20,203
76	TK19-61	0,065	2,114	16,698
77	TK19-TK20	0,065	2,114	16,698
78	TK20-54	0,05	2,126	13,158
79	TK20-53	0,05	2,126	13,158
80	TK20-52	0,05	2,126	13,158
81	TK40-TK21	0,1	2,090	24,831
82	TK21-65	0,065	2,114	16,698
83	TK21-62	0,1	2,090	24,831
84	TK21-66	0,032	2,143	8,855
85	TK21-TK22	0,1	2,090	24,831
86	TK22-63	0,04	2,135	10,776
87	TK22-67	0,1	2,090	24,831
88	TK22-64	0,1	2,090	24,831
89	TK21-60	0,065	2,114	16,698
90	TK18-TK23	0,15	2,065	36,224
91	TK23-75	0,065	2,114	16,698
92	TK23-TK24	0,15	2,065	36,224
93	TK24-TK25	0,15	2,065	36,224
94	TK25-TK26	0,065	2,114	16,698
95	TK26-81	0,065	2,114	16,698
96	TK26-TK27	0,065	2,114	16,698
97	TK27-TK28	0,065	2,114	16,698
98	TK27-74	0,065	2,114	16,698
99	TK28-73	0,065	2,114	16,698
100	TK25-TK29	0,15	2,065	36,224
101	TK29-83	0,05	2,126	13,158
102	TK29-TK30	0,15	2,065	36,224
103	TK30-85	0,05	2,126	13,158
104	TK29-TK31	0,15	2,065	36,224
105	TK31-87	0,15	2,065	36,224

Продолжение таблицы 4.1

106	TK31-86	0,1	2,090	24,831
107	TK31-84	0,1	2,090	24,831
108	TK31-TK38	0,125	2,077	30,555
109	TK38-82	0,065	2,114	16,698
110	TK38-B	0,1	2,090	24,831
111	B-68	0,08	2,103	20,203
112	B-72	0,08	2,103	20,203
113	B-TK32	0,08	2,103	20,203
114	TK32-76	0,04	2,135	10,776
115	TK32-TK33	0,08	2,103	20,203
116	TK33-69	0,08	2,103	20,203
117	TK33-70	0,08	2,103	20,203
118	TK33-TK34	0,08	2,103	20,203
119	TK34-TK35	0,04	2,135	10,776
120	TK35-71	0,04	2,135	10,776
121	TK35-79	0,04	2,135	10,776
122	TK35-80	0,05	2,126	13,158

4.2 Розрахунок теплових втрат

Отримані раніше значення товщини утеплювача необхідно провести корекцію на відповідність державним стандартам і технічним умовам. Далі перераховуються значення термічного опору.

Визначення питомих теплових втрат з погонного метра прямого і зворотного трубопроводів.

Підземні трубопроводи: їх взаємний вплив враховується шляхом введення додаткового фіктивного опору:

$$R_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{гр}}} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot H}{B} \right)^2}, \quad (4.13)$$

$$R_0 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,326} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 2}{0,28} \right)^2} = 0,73$$

де B – Відстань між осями трубопроводів, $B = d_3 + 0,2$ м;

H – Глибина залягання трубопроводів в ґрунті, $H=2$ м

Питомі теплові втрати прямих і зворотних теплових трубопроводів:

$$q_1 = \frac{(\tau_1 - t_0) \cdot R_2 - (\tau_2 - t_0) \cdot R_0}{R_1 \cdot R_2 - R_0^2}, \quad (4.14)$$

$$q_1 = \frac{(95 + 2,1) \cdot 2,392 - (64,84 + 2,1) \cdot 0,73}{2,267 \cdot 2,392 - 0,73^2} = 37,21$$

$$q_2 = \frac{(\tau_2 - t_0) \cdot R_1 - (\tau_1 - t_0) \cdot R_0}{R_1 \cdot R_2 - R_0^2}, \quad (4.15)$$

$$q_2 = \frac{(95 + 2,1) \cdot 2,267 - (64,84 + 2,1) \cdot 0,73}{2,267 \cdot 2,392 - 0,73^2} = 30,51$$

$$R_1 = R_{i31} + R_{\text{зр}}, \quad (4.16)$$

$$R_1 = 2,045 + 0,222 = 2,267$$

$$R_2 = R_{i32} + R_{\text{зр}}, \quad (4.17)$$

$$R_2 = 2,17 + 0,222 = 2,392$$

					601НТ -11393696.ДП	Лист
Ззм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

де.. R_{i31} – опір ізоляції першого трубопроводу;

R_{i32} – опір ізоляції другого трубопроводу;

$R_{гр}$ – Опір ґрунту;

τ_1, τ_2 – Середня температура теплоносіїв в прямому і зворотному напрямку

Загальні втрати:

$$Q_{тп} = (q_1 + q_2) \cdot l \cdot k_m, \quad (4.18)$$

$$Q_{тп} = (37,21 + 30,51) \cdot 5 \cdot 1,15 = 389,39$$

де k_m – коефіцієнт, враховує втрати тепла через клапани, фланці та опори, $k_m = 1,15$.

l – протяжність ділянки.

Результати розрахунку за формулами 4.14 -4.18 зведені в таблицю 4.2.

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						55
Ззм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 Результати розрахунку тепловтрат

Наименование участка, м	Протяжність ділянки, м	R ₀	Напря́м				Q, Вт
			Прямий		Зворотний		
			R, (м·°C)/Вт	q, Вт/м	R, (м·°C)/Вт	q ,Вт/м	
TK1-TK2	15	0,68	2,27	28,55	2,57	12,39	706,10
TK1-18	5	1,14	2,42	26,67	2,74	7,55	196,76
TK2-TK3	16	0,68	2,27	28,55	2,57	12,39	753,17
TK3-TK5	36	0,77	2,30	27,98	2,61	11,35	1628,4
TK5-TK11	79	0,77	2,30	27,98	2,61	11,35	3573,5
TK11-33	20	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	806,98
TK11-34	29	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	1170,1
TK5-19	15	0,83	2,32	27,69	2,63	10,73	662,82
19-26	15	1,12	2,41	26,73	2,73	7,83	596,03
TK5-TK6	37	0,83	2,32	27,69	2,63	10,73	1634,9
TK6-TK8	113	0,83	2,32	27,69	2,63	10,73	4993,3
TK6-29	13	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	524,54
TK8-24	18	1,15	2,42	26,66	2,74	7,45	706,01
TK8-TK7	15	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	645,57
TK8-TK36	175	0,83	2,32	27,69	2,63	10,73	7733,0
TK36-TK 37	18	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	726,28
TK37-28	18	1,12	2,41	26,73	2,73	7,83	715,23
TK37-27	75	1,12	2,41	26,73	2,73	7,83	2980,1
TK36-TK10	27	0,96	2,36	27,16	2,68	9,39	1134,8
TK10-35	2	1,12	2,41	26,73	2,73	7,83	79,471
35-31	45	0,96	2,36	27,16	2,68	9,39	1891,4
TK7-30	2	0,96	2,36	27,16	2,68	9,39	84,063
TK7-TK9	60	0,97	2,36	27,11	2,68	9,25	2509,2
TK9-32	25	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	1008,7
TK9-36	12	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	484,19
TK9-37	5	1,15	2,42	26,66	2,74	7,45	196,11
TK5-21	57	0,83	2,32	27,69	2,63	10,73	2518,7
21-25	59	0,96	2,36	27,16	2,68	9,39	2479,8
TK1-10	103	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	4245,5
TK1-8	106	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	4277,0

Продовження таблиці 4.2

TK1-A	250	1,00	2,37	27,03	2,69	9,00	10360,
A-9	40	1,19	2,43	26,60	2,75	7,10	1550,3
A-TK4	90	1,00	2,37	27,03	2,69	9,00	3729,6
TK4-1	45	1,00	2,37	27,03	2,69	9,00	1864,8
1-2,4	35	0,31	2,11	32,15	2,40	17,16	1984,6
2,4-3,5	35	1,07	2,39	26,84	2,71	8,30	1414,3
TK2-20	275	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	11835,
TK1-17	54	0,96	2,36	27,16	2,68	9,39	2269,7
17-16	35	0,96	2,36	27,16	2,68	9,39	1471,1
16 - 15	50	0,96	2,36	27,16	2,68	9,39	2101,5
15 - 11	58	0,96	2,36	27,16	2,68	9,39	2437,8
15 - 11	17	0,96	2,36	27,16	2,68	9,39	714,54
11 - 13	45	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	1815,7
13 - 12	48	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	1936,7
TK11-TK12	335	0,77	2,30	27,98	2,61	11,35	15153,
TK12-38	43	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	1850,6
TK12-TK41	28	0,96	2,36	27,16	2,68	9,39	1176,8
TK41-39	25	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	1008,7
TK41-41	10	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	403,49
TK41-TK18	56	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	2410,1
TK12-42	20	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	860,77
42-40	20	0,60	2,24	29,06	2,54	13,23	972,84
42-TK18	32	0,68	2,27	28,55	2,57	12,39	1506,3
TK41-43	68	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	2743,7
TK18-TK15	172	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	7402,6
TK15-46	15	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	645,57
TK18-44	140	0,77	2,30	27,98	2,61	11,35	6332,8
TK18-TK16	55	0,77	2,30	27,98	2,61	11,35	2487,9
TK16-45	28	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	1205,0
TK16-47	28	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	1129,7
TK16-TK17	36	0,77	2,30	27,98	2,61	11,35	1628,4
TK17-48	13	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	559,50
TK17-49	37	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	1592,4

Продовження таблиці 4.2

TK17-Б	118	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	5078,5
Б-57	57	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	2299,9
Б-51	41	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	1764,5
57-58	62	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	2555,5
58-59	33	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	1331,5
TK18-50	26	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	1049,0
TK18-TK39	68	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	2926,6
TK39-56	3	1,12	2,41	26,73	2,73	7,83	119,20
TK39-55	26	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	1071,6
TK39-TK40	31	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	1334,1
TK40-TK19	50	0,96	2,36	27,16	2,68	9,39	2101,5
TK19-61	6	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	247,31
TK19-TK20	47	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	1937,2
TK20-54	5	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	201,74
TK20-53	20	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	806,98
TK20-52	58	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	2340,2
TK40-TK21	61	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	2625,3
TK21-65	35	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	1442,6
TK21-62	62	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	2668,3
TK21-66	88	1,15	2,42	26,66	2,74	7,45	3451,6
TK21-TK22	146	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	6283,6
TK22-63	12	1,12	2,41	26,73	2,73	7,83	476,82
TK22-67	100	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	4303,8
TK22-64	8	0,90	2,34	27,39	2,65	10,03	344,30
TK21-60	82	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	3379,9
TK18-TK23	388	0,77	2,30	27,98	2,61	11,35	17551,
TK23-75	5	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	206,09
TK23-TK24	6	0,77	2,30	27,98	2,61	11,35	271,40
TK24-TK25	139	0,77	2,30	27,98	2,61	11,35	6287,6
TK25-TK26	28	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	1154,1
TK26-81	8	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	329,74
TK26-TK27	74	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	3050,1
TK27-TK28	19	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	783,15
TK27-74	10	1,01	2,38	26,99	2,69	8,86	412,18

Продовження таблиці 4.2

TK28-73	18	1,0	2,38	26,99	2,69	8,86	741,93
TK25-TK29	52	0,7	2,30	27,98	2,61	11,35	2352,2
TK29-83	51	1,0	2,39	26,83	2,71	8,26	2057,8
TK29-TK30	35	0,7	2,30	27,98	2,61	11,35	1583,2
TK30-85	25	1,0	2,39	26,83	2,71	8,26	1008,7
TK29-TK31	93	0,7	2,30	27,98	2,61	11,35	4206,8
TK31-87	57	0,7	2,30	27,98	2,61	11,35	2578,3
TK31-86	29	0,9	2,34	27,39	2,65	10,03	1248,1
TK31-84	46	0,9	2,34	27,39	2,65	10,03	1979,7
TK31-TK38	140	0,8	2,32	27,69	2,63	10,73	6186,4
TK38-82	20	1,0	2,38	26,99	2,69	8,86	824,37
TK38-B	117	0,9	2,34	27,39	2,65	10,03	5035,5
B-68	46	0,9	2,36	27,16	2,68	9,39	1933,4
B-72	18	0,9	2,36	27,16	2,68	9,39	756,57
B-TK32	46	0,9	2,36	27,16	2,68	9,39	1933,4
TK32-76	2	1,1	2,41	26,73	2,73	7,83	79,47
TK32-TK33	71	0,9	2,36	27,16	2,68	9,39	2984,
TK33-69	10	0,9	2,36	27,16	2,68	9,39	420,3
TK33-70	25	0,9	2,36	27,16	2,68	9,39	1050,
TK33-TK34	24	0,9	2,36	27,16	2,68	9,39	1008,
TK34-TK35	11	1,1	2,41	26,73	2,73	7,83	437,0
TK35-71	7	1,12	2,41	26,73	2,73	7,83	278,1
TK35-79	19	1,12	2,41	26,73	2,73	7,83	754,9
TK35-80	76	1,07	2,39	26,83	2,71	8,26	3066,

5 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

5.1 Дані розрахунку

В котельній села Велика Багачка пропонується встановити чотири водогрійні котли типу Viessman VITOMAX 300HW для теплопостачання систем опалення та для забезпечення теплом системи гарячого водопостачання.

Теплова схема водогрійної частини котельні двоконтурна. Нагріта в бойлері вода надходить в калорифери, де нагріває воду, що надходить в систему опалення і гаряче водопостачання і повертається в котел. Така схема дозволяє забезпечити надійну роботу котлів без розпізнавальних знаків.

Для видалення з води вуглекислого газу і кисню в котельні встановлений вакуумний деаератор. Зазвичай вакуумні деаератори частіше встановлюють в котельнях з водогрійними котлами, так як кисень і вуглекислий газ видаляються при більш низьких температурах, ніж в деаераторі атмосферного типу. Однак вакуумні деаератори вимагають ретельного нагляду під час роботи.

Завдання розрахунку теплової схеми котельні полягає у визначенні витрат витрат, температур і тисків теплоносіїв (гарячої води) по їх потоках всередині котельні. За результатами цього розрахунку підбирається обладнання котельні.

Розрахунок водогрійної частини котельні проводиться в трьох режимах:

1. максимум-зимовий;
2. режим найхолоднішого місяця;
3. літній режим.

Вихідні дані для розрахунку теплової схеми котельні з водогрійними котлами для закритої системи теплопостачання представлені в таблиці 5.1.

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						59
зм.	Лист	Нодокум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку теплової схеми котельні з водогрійними котлами для закритої системи тепlopостачання

Ім'я	Позн.	Значення величини при характерних режимах роботи котельні			Примітка.
		Максимум зимових	Найхолодніший місяць	Літо	
1	2	3	4	5	6
Місто розташування котельні	-	с. Велика Багачка Полтавська область			
Максимальне споживання теплової енергії, МВт: - для обігріву житлових громадських будівель	Q_o	6,53	6,53	-	задано
- середнє споживання тепла на гаряче водопостачання	$Q_{гв}^{cp}$	0,97	0,97	0,627	задано
Розрахункова температура зовнішнього повітря для обігріву, °C	t_n	-23	-10,1	-	
Температура сирої води	$t_{c.в.}$	5	5	15	
Температура повітря в приміщенні, °C	t_B^p	20	20	-	задано
Вид палива	Природний газ + водень				

Продовження таблиці 5.1

Максимальна температура прямої водопровідної води, °С	$t_1^{\max}$	95	95	-	задано
Максимальна температура зворотної води, °С	$t_1^{\max}$	70	70	-	Задано
Температура води після деаератора, °С	T	70	70	70	прийнята
Тепловміст води після деаератора, ккал/кг	h	70,2	70,2	70,2	З таблиць насиченості Парі і води
Температура живильної води, °С	T'	70	70	70	задано
Температура сирової води після хімічної обробки води, °С	T ₁	40	40	40	задано
ККД підігрівачів	η	0,98	0,98	0,98	задано
Питомий об'єм води в системі теплопостачання в тоннах на 1 Гкал/год сумарного теплопостачання для опалення та гарячого водопостачання міст і житлових районів	$g_{\text{сист}}^{\text{ж}}$	26	26	26	прийнята

Продовження таблиці 5.1

Фактор допоміжних потреб хімічної очистки води	$K_{\text{ХВО}}^{\text{CH}}$	1,2	1,2	1,2	прийнята
Внутрішній коефіцієнт втрати пари	$K_{\text{ПОТ}}$	0,02	0,02	0,02	прийнята
Температура прямої мережевої води на виході з водогрійних котлів, °C	t'_{BK}	95	95	95	задано
Тепловміст води на виході з котла, ккал/кг	h'_{BK}	95,8	95,8	95,8	З таблиць насиченості Парі і води
Температура зворотної мережевої води на вході водогрійних котлів, °C	t_{BK}^2	70	70	70	задано
Теплоємність води після охолоджувача деаерованої води, ккал/кг	h_4	62,3	62,3	62,3	З таблиць насиченості Парі і води
Коефіцієнт втрат в замкнутій системі тепlopостачання і в системі споживача, %	$K_{\text{Т.с.}}$	1,5	1,5	-	прийнята

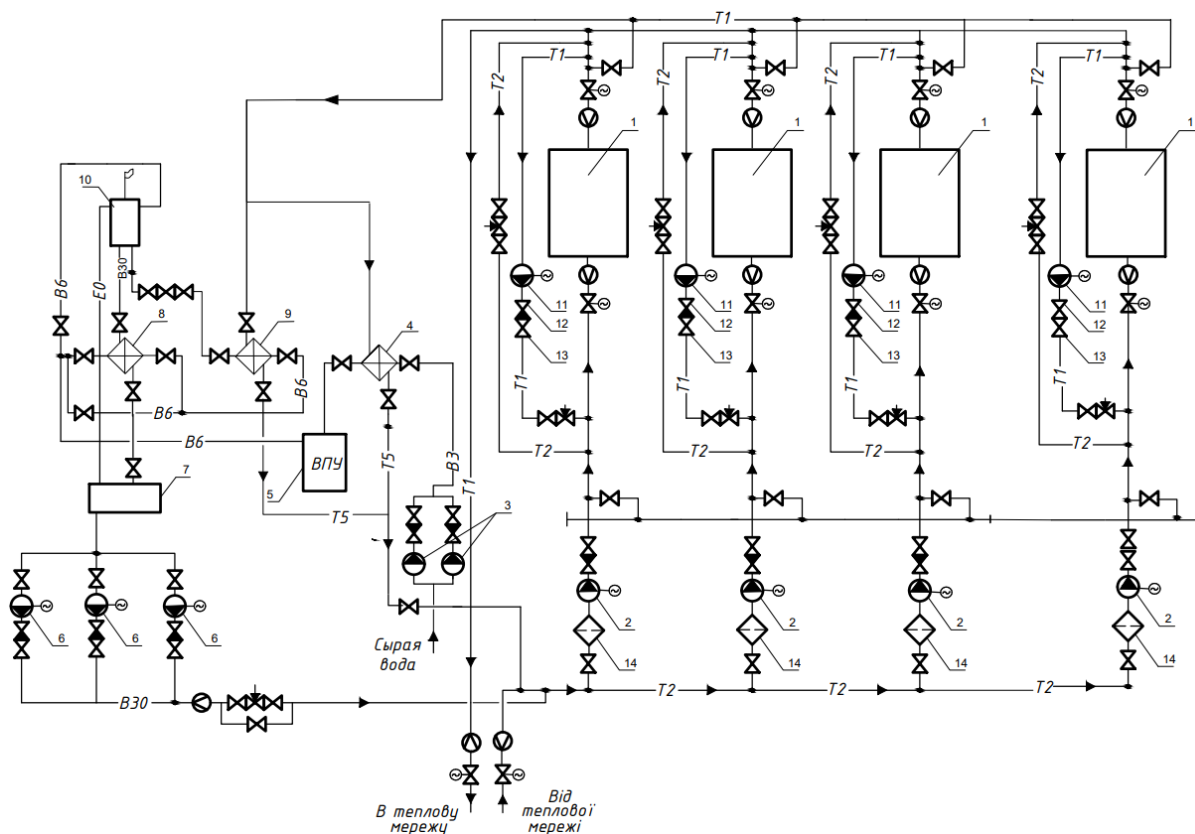


Рис.10 Теплова схема котельні

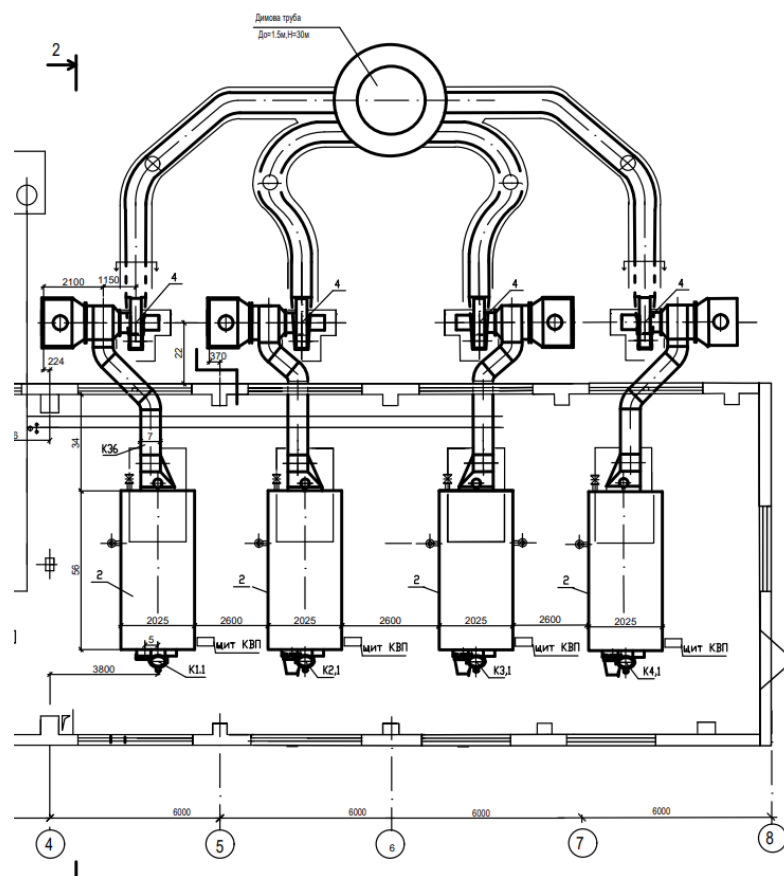


Рис. 11 Компанування котельних агрегатів в котельній залі

зм.	Лист	Нодокум.	Підпис	Дата

601НТ -11393696.ДП

Лист

63

РОЗДІЛ 6 ВИБІР ОСНОВНОГО І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Підбір котельних агрегатів

Котельня обладнана 4 котлами VIESMANN VITOMAX 300-HW. Водогрійні котли VIESMANN VITOMAX 300-HW призначені для отримання гарячої води температурою до 150 °С використовуються в системах опалення, гарячого водопостачання промислових і побутових цілей.

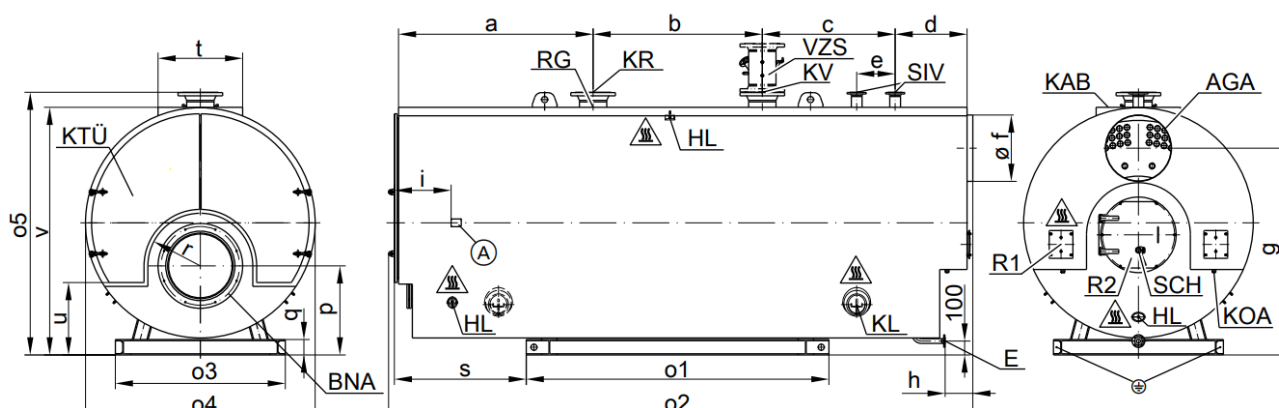


Рис12. Загальний вид VIESMANN VITOMAX 300-HW

де – колектор відпрацьованих газів GA Підключення пальника BNA Е Зливне сопло - DN 40 PN 40 Люк HL - 100 мм x 150 мм Верхня пластина котла KAV KL Люк - 220 мм x 320 мм Паровідвідник KOA - ніпель R 1 1/2 KR Зворотна лінія котла KTÜ Дверцята котла KV Лінія живлення котла R1 Отвір для очищення колектора димових газів R2 Отвір для очищення печі RG Дві муфти для додаткових пристроїв керування - R 1/2 Оглядова яма SCH Розпірка лінії живлення сопла клапана SIV VZS як аксесуар (необхідний для $\geq 120^{\circ}\text{C}$)

Даний котельний агрегат пропонує економічно вигідне та ефективне рішення, яке може працювати на 100% водню за допомогою відповідного пальника. Використання водню значно зменшує викиди CO₂. Викиди NO_x, які зазвичай вищі при спалюванні водню в порівнянні зі звичайним природним газом, знижуються до рівнів, порівнянних з природним газом, завдяки технічному досвіду і конфігурації Vitomax. Це означає, що низькі значення NO_x, нижчі за законодавчі вимоги, також можливі, що захищає систему від майбутніх норм викидів.

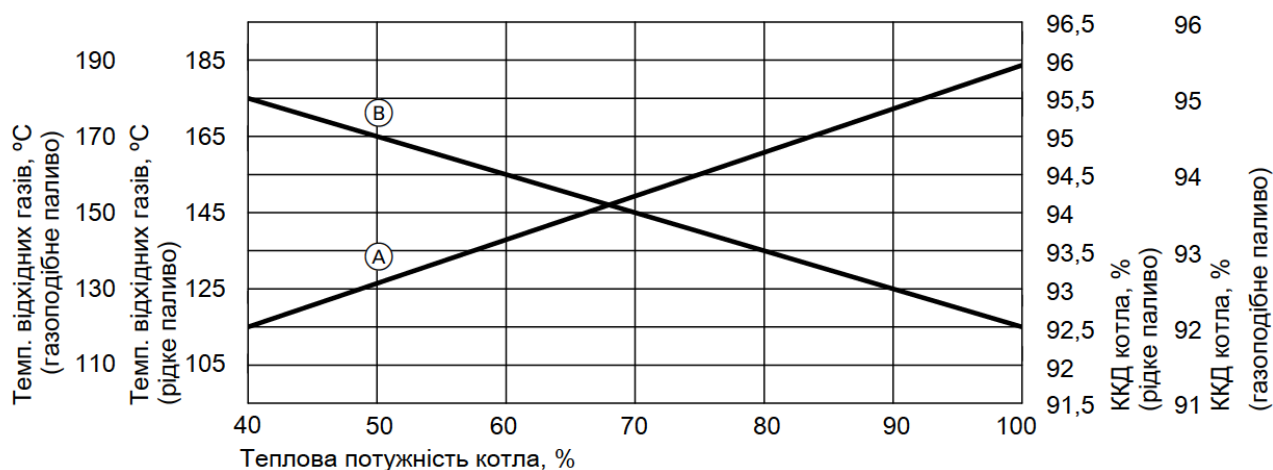


Рис. 13 Графік залежності ККД котла від температури відхідних газів

Таблица 6.1 Технические характеристики котлѐв VIESMANN VITOMAX 300-HW

Показник	VIESMANN VITOMAX 300-HW
Номинальная тепловая мощность, МВт	2,1
Вид топлива	Газ/водень/рідке паливо
Тиск води на вході в котел, не більше, МПа	0,9 (1,6)
Температура води на вході, °C	70
Температура води на виході, °C	150 (115)
Гідравлічний опір, МПа	0,08 (0,15)
Діапазон регулювання теплоємності по відношенню до номінальної, %	30-100
Температура димових газів, °C, газ/мазут	143/172
Повний призначений термін служби, років, не менше	20

За даними виробника, номінальна теплова потужність одного котла становить 2,1 МВт

З розрахунку видно, що встановлена потужність водогрійних котлѐв відповідає нашим умовам.

6.2 Підбір пальникового пристрою

Котли комплектуються Weishaupt тип WM-G50/1-A ZM-NR. Пальник встановлений на повітряній коробці котла, яка кріпиться до щитка на передньому екрані.

Переваги встановлення обраних пальників

Можливість працювати на різних видах газів

- Природний газ E, LL,
- Зріджений газ: бутан / пропан
- Міський газ, коксовий газ
- Біогаз, газ із осадів стічних вод
- Шахтний газ, водень
- Різні змішувальні пристрої згідно з технічними нормативами викидів
 - Стандартний
 - Low NO_x
 - multiflam
 - Рециркуляція димових газів
- Плавно-двоступеневий або модульований режим роботи в залежності від управління
 - Придатний для періодичної і безперервної роботи
 - Можливість регулювання потужності за допомогою термостата, пресостата або аналогових сигналів

• Відкидний корпус повітрозабірника

Опціональні розширення

- Регулювання частоти обертання для модульованої роботи
- Регулятор потужності KS20, вмонтований в електричну кришку (з використанням W-FM50)
- Забір повітря через повітропровід

					601HT -11393696.ДП	Лист
						66
зм.	Лист	Нодокум.	Підпис	Дата		

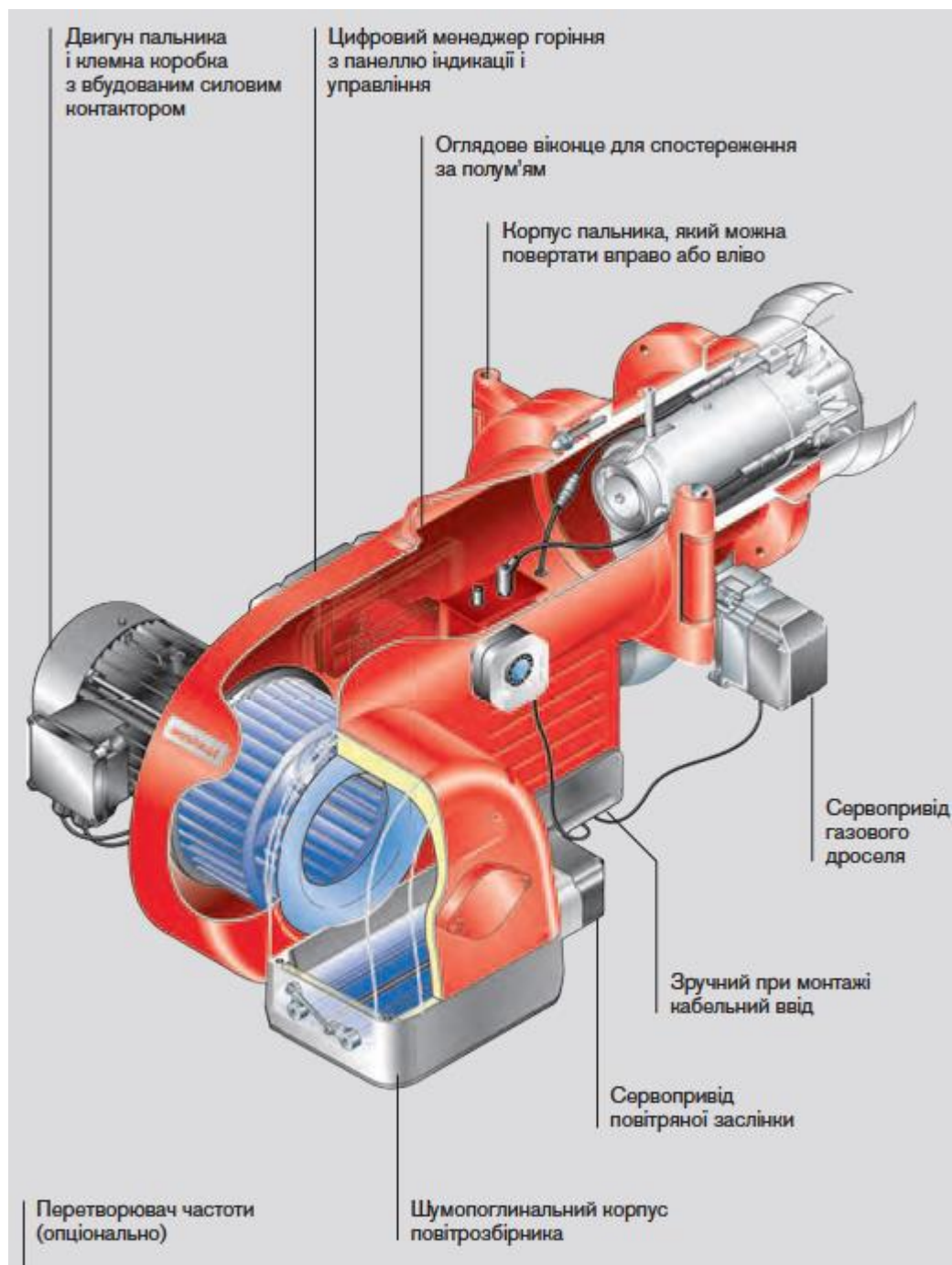


Рис.14 Схема влаштування пальника Weishaupt тип WM-G50/1-A ZM-NR.

Дані моделі пальників дозволяють регулювати вмісту O_2 і комбіновано регулювати CO/O_2 у димових газах, завдяки системам контролю концентрацій O_2 та CO_2 . Регулювання відбувається завдяки точному дозуванню повітря яке забезпечують сервоприводи. Все це дає змогу безпечно контролювати процес горіння шляхом постійного вимірювання залишкового кисню у димових газах в результаті чого протягом всього року можливо отримати постійні показники

					601HT -11393696.ДП	Лист
зм.	Лист	Нодокум.	Підпис	Дата		

емісії через константний надлишок повітря. Робота пальника при мінімальному надлишку повітря. Підвищений теплотехнічний коефіцієнт корисної дії дає можливість заощаджувати енергію. Можливість подальшого дооснащення (при наявності W-FM200) Комбіноване регулювання CO/O₂ • Максимальна безпека завдяки наявності двох незалежних вимірювальних систем.

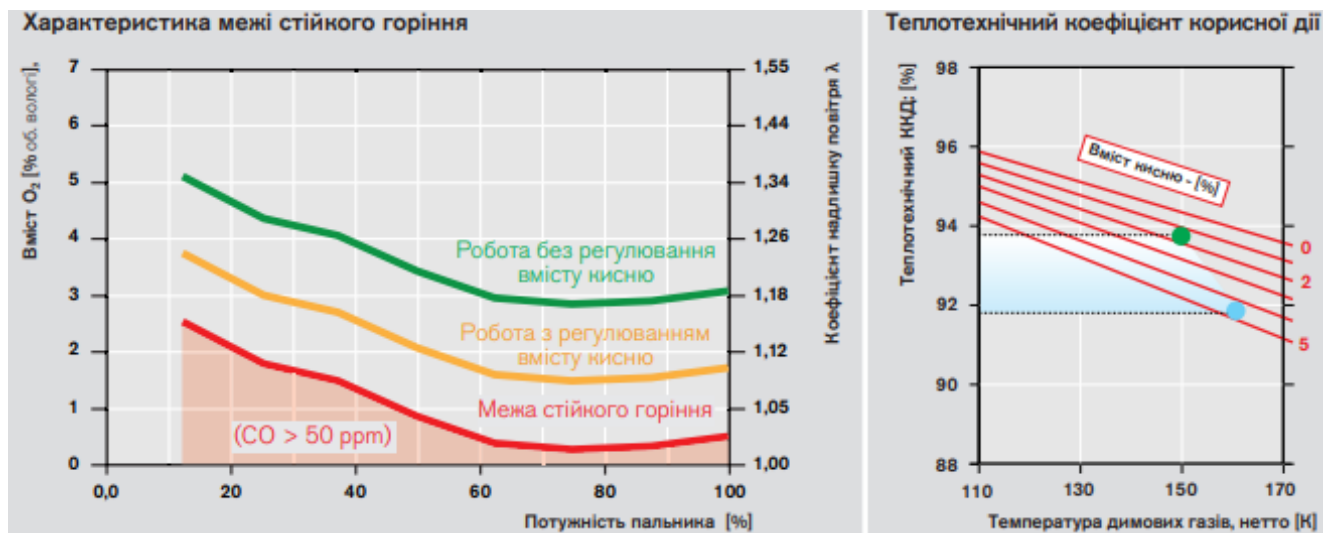


Рис. 15 Вплив регулювання кількості O₂ та CO₂ на ефективність та стабільність роботи пальника.

6.3 Підбір насосного обладнання

Вибір будь-якого насоса робиться з урахуванням напору і подачі. Звичайно, важливе значення має тип середовища, що перекачується, і температура цього середовища. Обрана нами схема підключення абонентів і водяного опалення передбачає вибір насосів для наступних цілей:

Мережеві труби забезпечують рух води в мережних трубопроводах. Джерело [1] вимагає як мінімум двох мережних насосів, один з яких є резервним;

Підживлення - компенсують протікання води в мережі. Для закритої мережі їх кількість також має бути не менше двох, з одним резервним;

Циркуляційні – створюють циркуляцію води в локальних системах водопостачання. Вимоги до їх кількості аналогічні попереднім.

Мережеві насоси

Вибір мережевого насоса розглядається в розділі 3.

Таблиця 6.3 Характеристика насосу

68

Тип насосу	ел/двигун , кВт/об.хв	Q, м ³ /год	Н, м	Маса, кг
Grundfos TP 32-120/2.	160/1460	119	22,8	228

Підживлюючі насоси

Напір цього насоса повинен дорівнювати сумарному статистичному напору мережі, тобто: $\Delta H_n = P_{cm} = 6,0 \text{ м. вод.ст.}$

Поставка підживлювального насоса повинна забезпечувати поповнення втрат в мережі для закритих систем теплопостачання передбачити 0,75% від обсягу дозаправки (щодо загального обсягу води в мережі) і аварійне поповнення в обсязі 2%. То:

$$V_n = 0,0075 \cdot Q \cdot 65, \quad (6.2)$$

$$V_{av} = 0,02 \cdot Q \cdot 65, \quad (6.3)$$

де Q – Потужність системи теплопостачання, Q = 7,51МВт;

65 – обсяг мережі на МВт навантаження, розрахункове значення

$$V_n = 0,0075 \cdot 7,51 \cdot 65 = 3,66 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$V_{av} = 0,02 \cdot 7,51 \cdot 65 = 9,76 \text{ м}^3/\text{год.}$$

					601НТ -11393696.ДП	Лист
зм.	Лист	Нодокум.	Підпис	Дата		

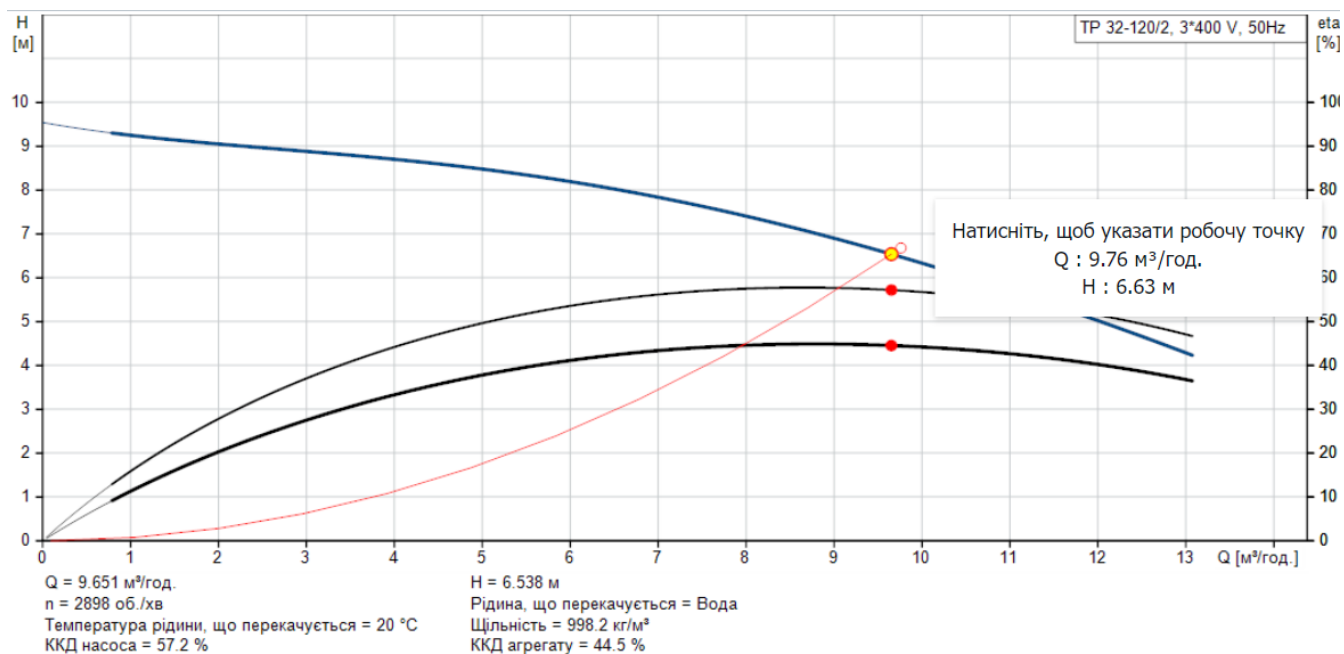


Рис.16 Робоча точка на графіку продуктивності Grundfos TP 32-120/2

Обрано 3 насоси Grundfos TP 32-120/2. Характеристики обраних насосів:

Таблиця 6.4 Характеристика насосе

Насос	Подача, м³/год	Напір, м. вод.ст.	Частота, об/хв	Потужність э/д, кВт	Максимальний робочий тиск, бар
Grundfos TP 32-120/2	13	9	2900	1,5	16

зм.	Лист	Нодокум.	Підпис	Дата

601HT -11393696.ДП

Лист

70

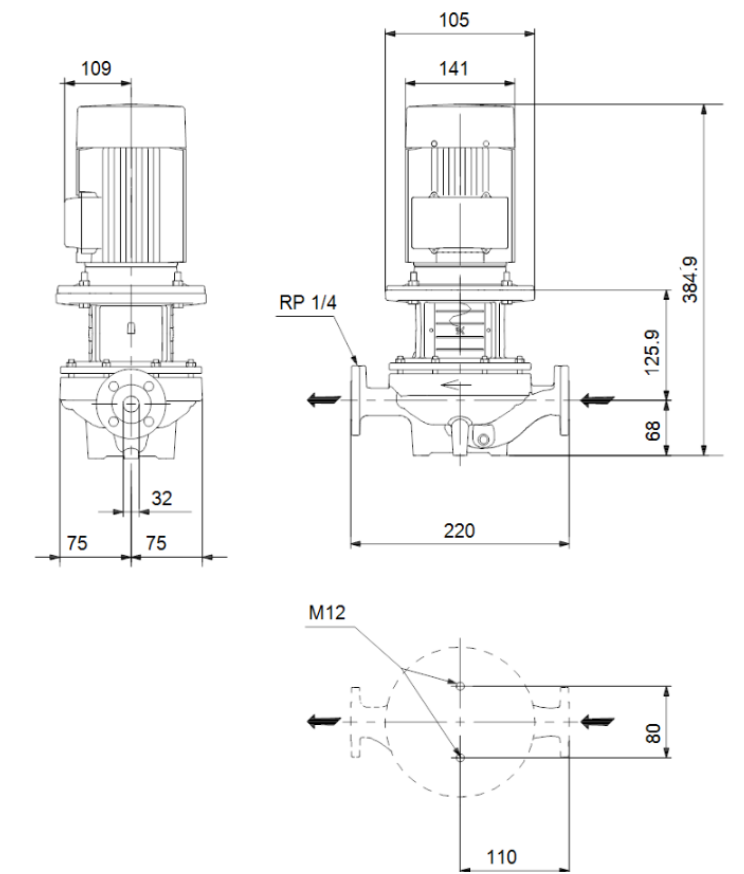


Рис.17 Загальний вид насосу Grundfos TP 32-120/2

Циркуляційні насоси

Даний насос забезпечує циркуляцію води в системі опалення в разі якісного регулювання в джерелі або при аварії в мережі. Наш вибір ґрунтується на аварійному режимі, який є дещо грубуватим через великий асортимент подач.

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						71
зм.	Лист	№докум.	Підпис	Дата		

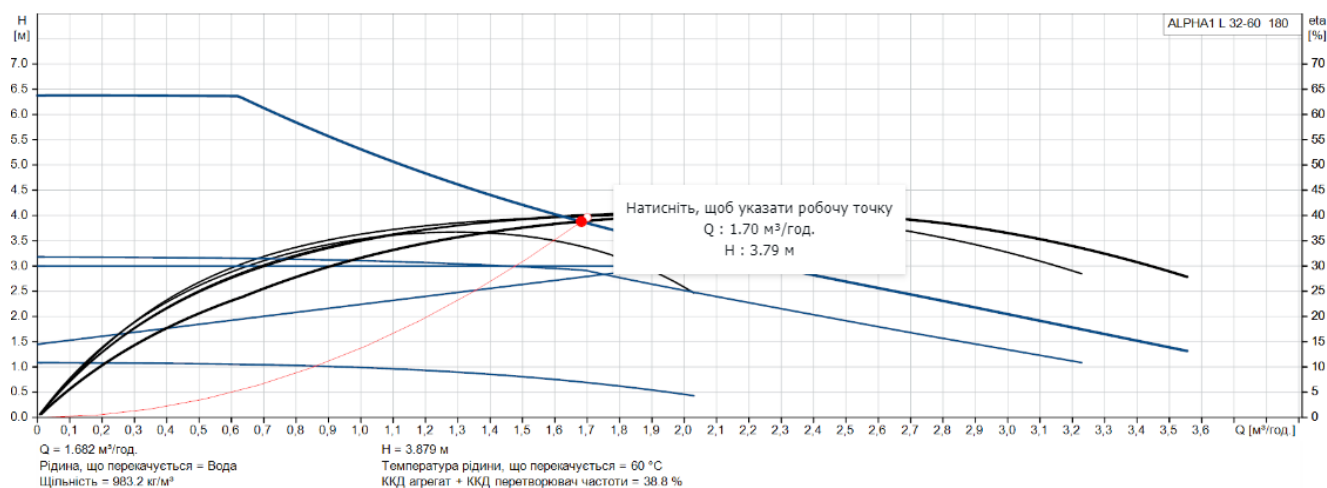


Рис.18 Загальний вид насосу Grundfos ALPHA1 L 32-60 180

Напір дорівнює перепаду тиску в установках абонента, тобто максимум 15 м. води. Вибирається і встановлюється 1 насос ACNS 1 - 50.

Таблиця 6.5 Характеристика насоса

Насос	Подача, м³/год	Напір, м. вод.ст.	Потужністьэ/д, кВт	Частота обертання, об/хв
Grundfos ALPHA1 L 32-60 180	1,7	25	78	2900

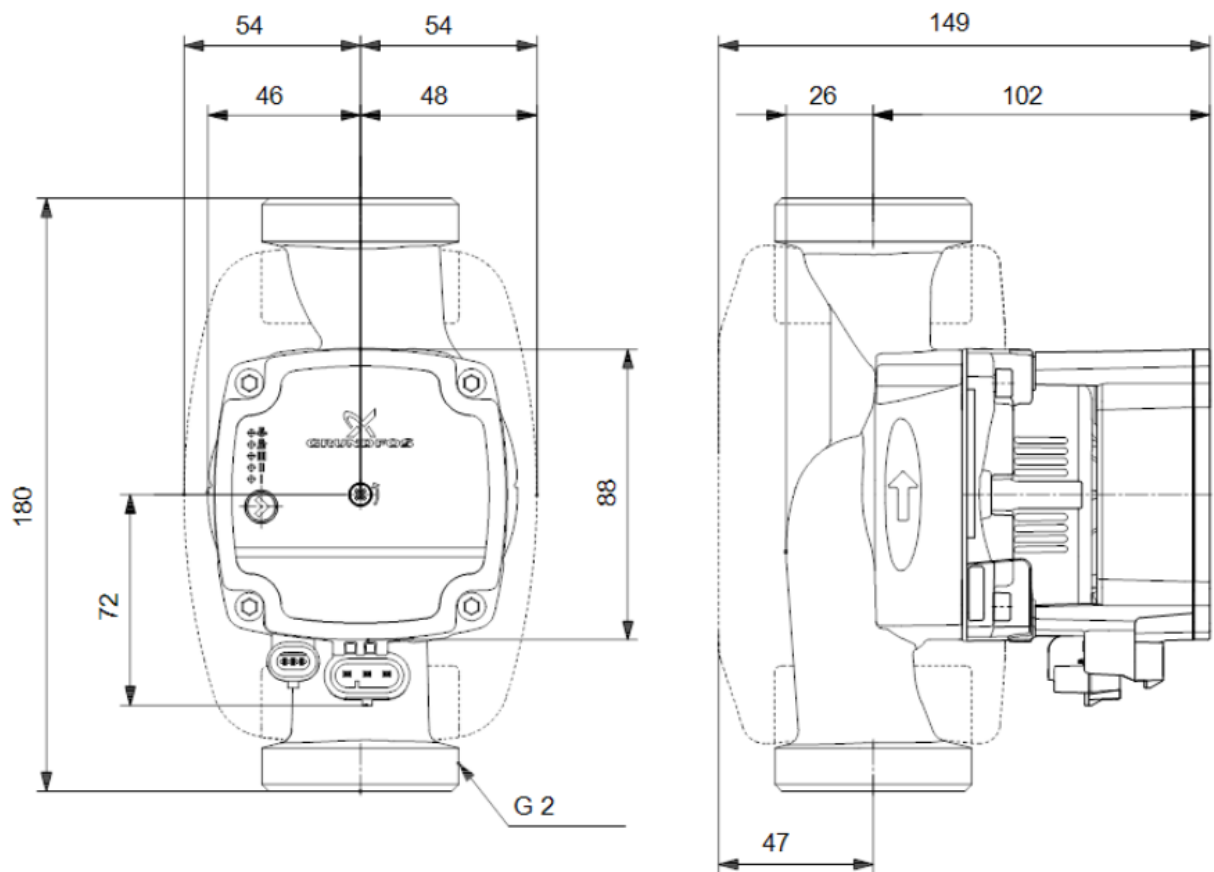


Рис.19 Загальний вид насосу Grundfos ALPHA1 L 32-60 180

6.4 Вибухобезпека обладнання

Для локалізації вибухової хвилі використовуються вибухові клапани. Локалізована (вибухова хвиля відведена в безпечне місце) не викличе тих величезних руйнувань будівлі та обладнання котельні, в результаті яких можуть постраждати і загинути люди.

У конструкції котлів виробником передбачені вибухові клапани, що встановлюються на зовнішній оболонці котлів під коробом для відведення димових газів. Вибухові клапани облицьовані з внутрішньої сторони вогнетривкою масою і оснащені пружинами і ревізійною трубою.

Вибухові клапани також встановлюються на газоходах котлів.

Площа вибухового клапана визначається виходячи з обсягу газоходу.

На 1 м³ обсяг газоходу було взято 0,025 м² площі клапана:

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						73
зм.	Лист	Нодокум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{кл}} = 0,025 \cdot V, \quad (9.1)$$

де V - Об'єм димоходу, м^3 .

Водогрійний котел VIESMANN VITOMAX 300-HW має обсяг газоходу $V_{\text{г}} = 3,29 \text{ м}^3$

$$F_{\text{кл}} = 0,025 \cdot V = 0,025 \cdot 3,29 = 0,0823 \text{ м}^2$$

На газоході водогрійного котла встановлений вибуховий клапан, перетин клапана $0,096 \text{ м}^2$ більше $0,0823 \text{ м}^2$.

Вибуховий клапан являє собою діафрагму з азбестового картону, яка дозволяє діафрагмі зруйнуватися першою, відкривши вільний вихід для газів, що утворилися під час вибуху.

Вибуховий клапан вважається правильно підібраним, якщо його площа дорівнює або перевищує розрахункову (формула 9.1)

Роль вибухової арматури для захисту будівлі котельні виконують віконні прорізи, двері і ворота, легкознімна покрівля. Будівля котельні виконана з легких металоконструкцій типу «Сендвіч», вага 1 м^2 з яких – $12,5 \text{ кг/м}^2$, вага даху котельні – $12,550 \text{ кг/м}^2$.

6.5 Забезпечення пожежної безпеки

Для запобігання пожежам технічного характеру в котельні проводяться систематичні перевірки стану обладнання. У котельні встановлена автоматична система пожежогасіння, прийнята гідравлічна дренчерна система з тиском води в системі 6 кгс/см^2 . Планується встановлення первинних засобів пожежогасіння відповідно до норм первинних засобів пожежогасіння для енергетичних установок. У приміщеннях котельні вивішені плани евакуації персоналу у разі виникнення пожежі.

					601НТ -11393696.ДП	Лист
зм.	Лист	№докум.	Підпис	Дата		74

При виникненні пожежі персонал повинен негайно викликати пожежну команду і вжити всіх заходів щодо її гасіння, не припиняючи спостереження за котлами.

6.6 Забезпечення мікроклімату

Для забезпечення безпечної роботи обслуговуючого персоналу в робочій зоні створений необхідний мікроклімат. Мікроклімат досягається за рахунок зниження тепловіддачі обладнання і хорошої вентиляції повітря всередині котельні.

Для відведення зайвого тепла і вологи використовується загальнообмінна вентиляція.

Об'ємна витрата повітря, що надходить в приміщення (видаляється з нього):

$$L_{\text{пов}} = n \cdot V_{\text{прим}}, \quad (9.9)$$

де n - нормована кратність повітрообміну,, ($n=3 \text{ год}^{-1}$) Якщо висота приміщення менше 6 м, кратність повітрообміну повинна бути збільшена з розрахунку 25% на кожен метр зменшення висоти. Висота котельні – 4,5 м.

$$\text{Отже: } n = (6,0 - 4,5) \cdot 0,25 + 3 = 3,375$$

$V_{\text{прим}}$ - Об'єм приміщення, ($V_{\text{прим}} = 3051 \text{ м}^3$).

$$L_{\text{пов}} = 3,375 \cdot 3051 = 10300 \text{ м}^3/\text{год}$$

Повітря буде видалятись з приміщення котельної зали існуючими витяжними повітропроводами системи В1 діаметром 600мм. в кількості 7 каналів продуктивністю 1470 м³/год.

Розріз котельної зали в осях А-В на ведено на рис.1

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						75
зм.	Лист	Нодокум.	Підпис	Дата		

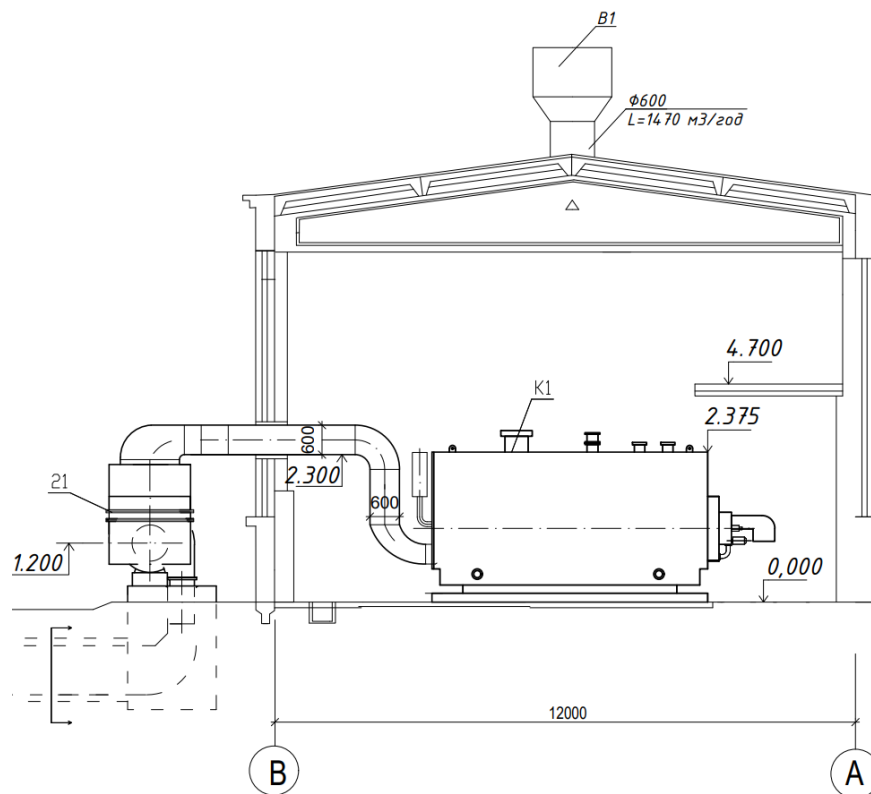


Рис.20 Розріз котельної зали

6.7 Освітлення котельні

Для забезпечення необхідних умов праці всі виробничі приміщення висвітлюються.

Максимальне освітлення основних робочих місць прийнято:

1. на панелі управління - 300 лк;
2. фронт котлів - 200 лк;
3. сервісні майданчики, проходи за котлами - 50 лк;
4. сходи котлів і обладнання - 5 лк.

Для загального освітлення використовуються світильники ЛСП з люмінесцентними лампами; для місцевого освітлення використовуються світильники типу СМО-1, які мають відбивачі з листової сталі, покритої емаллю білого кольору.

Крім робочого освітлення, в котельні передбачено аварійне освітлення, воно становить 5% від робочої освітленості (але не менше 2 лк). Аварійне освітлення має автономне джерело живлення.

					601НТ -11393696.ДП	Лист
зм.	Лист	Нодокум.	Підпис	Дата		76

Аварійне освітлення встановлюється в наступних місцях:

1. диспетчерська;
2. водовказівні прилади;
3. фасад котла і проходи;
4. майданчики і сходи котлів.

6.8 Економічні показники

Заощадження енергоресурсів на сьогодні є важливим та актуальним питанням. Тому оптимізація процесу горіння палива на котельних є одним з кроків для зменшення витрат. Порівнюючи роботу обраного пальника з іншими моделями в яких відсутнє регулювання концентрацій O₂ та CO₂ було проаналізовано економічні показники роботи обраних пальникових пристроїв.

Для порівняння були підібрані вартості енергоресурсів

- палива, природний газ 0,54 євро/м³
- Вартість електроенергії 0,18 євро/кВт-год
- Коефіцієнт використання первинної енергії 0,67 кг/кВт-год

Тривалість роботи, на рік. год	
Перестій	1840
10 %	0
20 %	2716
30 %	2102
40 %	964
50 %	612
60 %	263
70 %	88
80 %	0
90 %	0
100 %	175

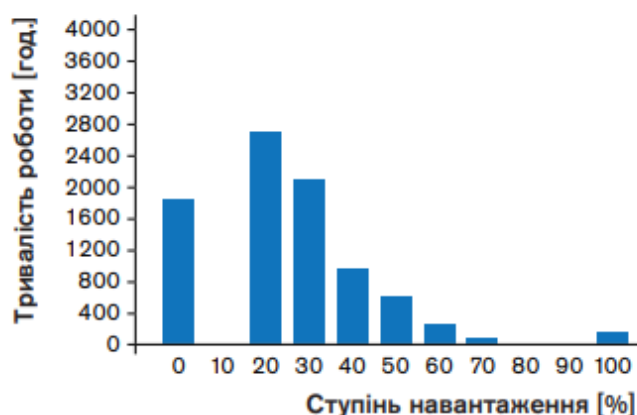


Рис.21 Навантаження на систему

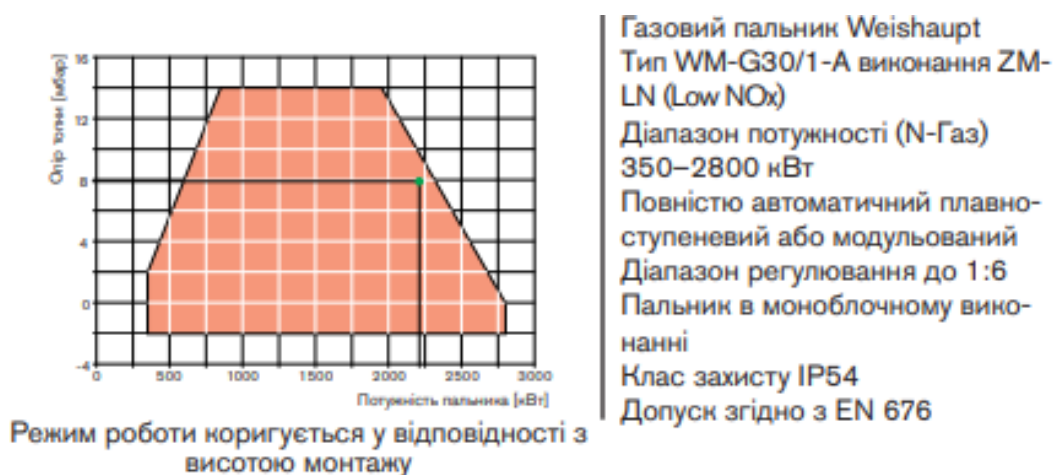


Рис.22 Характеристика обраних пальників

Після проведення підрахунків і порівняння з іншими моделями були отримані наступні показники

- Природний газ Е прибіл. 30000 м³
- Скорочення викидів CO₂ прибіл. 58 т
- Економія на витратах прибіл. 14700 євро

Оскільки аартість пальника становить 19700 євро а вартість додаткового обладнання (W-FM200, O₂, частота обертання) . 10800 євро Витрати на обслуговування прибіл. 1500 євро. Час амортизації прибіл. 2,05 роки, що робить вибір даних пальників виправданим в розрізі екологічних та економічних показників.

ВИСНОВОК

В даному дипломному проекті розглядається теплопостачання с.Велика Багачка від котельні.

Розраховано навантаження, що споживаються на даний момент житловою забудовою та адміністративними будівлями.

В результаті розрахунку були визначені сумарні теплові навантаження на опалення та гаряче водопостачання. Вони, відповідно, становили:

$$Q_o^p = 6,53 \text{ МВт}; Q_{\text{ГВ}}^{\text{срл}} = 0,627 \text{ МВт}.$$

На основі отриманих даних було визначено річне споживання тепла $Q_{\text{ГВ}}^{\text{річ}} = 6107,140 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$ та побудовано графік загального річного споживання тепла.

Розглянуто якісний метод регулювання теплових навантажень, розраховано та побудовано графік зміни температури та витрати води в мережі з якісним методом регулювання.

Був проведений гідравлічний розрахунок теплових мереж, перевірено швидкісний параметр теплоносія, який за встановленими нормами знаходиться в межах 0,4... 3,5 м/с.

В результаті гідравлічного розрахунку були визначені втрати в теплових мережах і мережах гарячого водопостачання. Ними стали:

1. в опалювальних і вентиляційних мережах $\Delta H_{\text{п}} = 1,042 \text{ М.В.СТ}$,
2. в трубопроводі гарячого водопостачання $\Delta H_{\text{п}} = 1,089 \text{ м. в. ст.}$,
3. у зворотному трубопроводі гарячої води $\Delta H_{\text{п}} = 8,71 \text{ м. в. ст.}$,

На основі отриманих даних були побудовані п'єзометричні графіки і перевірені насоси, встановлені в котельні. Всі встановлені насоси відповідають вимогам до створюваного напору і подачі.

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						79
зм.	Лист	Нодокум.	Підпис	Дата		

Був проведений тепловий розрахунок котельні, в результаті якого було визначено, що встановлена потужність котельні дозволяє експлуатувати котельне обладнання в наступних випадках:

Розглянуто питання автоматичної роботи водогрійного котла VIESMANN VITOMAX 300-HW.

Проаналізовано вплив встановлення пальника з можливістю регулювання концентрацій O₂ та CO₂

					601HT -11393696.ДП	Лист
						80
зм.	Лист	№докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Al-Ghandoor A., Jaber J.O., Al-Hinti I., Mansour I.M. Residential past and future energy consumption: potential savings and environmental impact // Renew. Sustain. Energy Rev. 2009. Vol. 13. P. 1262–1274.
2. Andric I., Pina A., Ferrao P., Lacariere B., Le Corre O. On the performance of district heating systems in urban environment: an energy approach // J. Clean. 2017. Vol. 142 (P1). P. 109–120.
3. Central Heating Systems Specifications. Domestic heating by gas: boiler systems guidance for installers and specifiers // Energy Saving Trust. 2008.
4. Environmental assessment of domestic boilers: A comparison of condensing and traditional technology using life cycle assessment methodology // Cleaner Production. 2017. Vol. 142. 2495 p.
5. European commission, EU-directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (Recast) // Strasbourg (France).
6. European commission, Heat and Cooling Demand and Market Perspective // Join Research Centre, Institute for Energy and Transport, Luxemburg. 2012.
7. Ibrahim O., Fardoun F., Younes R., Louahlia-Gualous H. Review of water-heating in systems: general selection approach based on energy and environmental aspects // Build. Environ. 2014. Vol. 72. P. 259–286.
8. Lazzarin R.M. Condensing boilers in buildings and plants refurbishment // Energy Build. 2012. Vol. 47. P. 61–72.
9. Nemry F., Uihlein A., Makkishi Colodel C., Wetzel C., Braune A., Wittstock B., Hasan I., KreiBig J., Gallon N., Niemeier S., Frech Y. Options to reduce the environmental impacts of residential buildings in the European Union-potential and costs // Energy Build. 2010. Vol. 42. P. 976–984.
10. Real-time monitoring energy efficiency and performance degradation of condensing boilers. // Energy Conversion and Management. 2017. Vol. 136. 330 p.
11. Tukker A., Huppes G., Guinee J.B., Heijungs R., Koning A., Oers L., Suh S., Geerken T., Holderbeke V., Jansen B., Nielsen P. Environmental Impacts of Products (EIPRO) // European Commission, Luxembourg. 2006

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						81
зм.	Лист	Нодокум.	Підпис	Дата		

12. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»;
13. ДСТУ Б А.2.4-41:2009 «Опалення, вентиляція і кондиціонування»; - ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель»;
14. Теплопостачання : навчальний посібник / О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська, О. В. Титко . – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 85 с. ISBN 978-966-641-842-8.
15. <https://product-selection.grundfos.com/ua/categories/pumps?tab=categories>
16. <https://www.viessmann.ua/uk/produkt/velyki-kotly/vitomax-hw.html>
17. http://viessmann.com.ua/sistemy-otoplenia/604/Gorelki_gazovye_Weishaupt.html

Допоміжні

1. Сафонов А. П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям: учеб. пособ. для вузов / А. П. Сафонов. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 232 с.
2. Теплові мережі: ДБН В.2.5-39:2008. – [Чинний від 2009-01-07].– К. : Мінрегіонбуд України, – Київ, 2009.
3. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей : справочник / [Манюк В. И., Каплинский Я. И., Хиж Э. Б. и др.]. ; изд. 3-е переработ. и доп. – М. : Стройиздат, 1988. 4. Основні вимоги до проектної та робочої документації. ДСТУ Б А. 2.4 – 4: 2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 74 с.
5. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2011–11–1].– К. : Мінрегіонбуд України, – Київ, 2011.
6. Правила виконання ескізних креслень загальних видів нетипових виробів. ДСТУ Б А. 2.4 – 11 – 95. – Київ : Держбуд України, 1996. – 14 с.
7. Правила виконання специфікації обладнання, виробів і матеріалів. ДСТУ Б А.2.4 – 10:2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 5 с.
8. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі: ДБН В.2.5-39:2008. – [Чинний від 2008–10–1].– К. : Мінрегіонбуд України, – Київ, 2018.

					601НТ -11393696.ДП	Лист
зм.	Лист	Недокум.	Підпис	Дата		82

9. Єнін П. М. Теплопостачання (частина 1 «Теплові мережі та споруди») : навчальний посібник / П. М. Єнін, Н. А. Швачко. – К. : Кондор, 2007. – 244 с.

10. Алексахін О. О. Теплові розрахунки мікрорайонних систем теплопостачання монографія / О. О. Алексахін; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2010. – 138 с. ISBN 978-966-695-172-7

11. Степанова Н. Д. Теплові мережі : навчальний посібник. / Н. Д. Степанова, Д. В. Степанов. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 135 с.

12. Мережі теплові (тепломеханічна частина). Робочі креслення. ДСТУ Б А. 2. 4 – 28: 2008.– Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 13 с.

13. Правила виконання робочої документації теплової ізоляції обладнання і трубопроводів. ДСТУ Б А. 2. 4 – 9:2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 12 с.

14. Правила виконання робочої документації тепломеханічних рішень котелень. ДСТУ Б В.2.4 – 12:2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 16 с.

15. Слободян Н. М. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції / Н. М. Слободян, О. Д. Панкевич, О. І. Ободяньська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 102 с.

					601НТ -11393696.ДП	Лист
						83
зм.	Лист	№докум.	Підпис	Дата		

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

Ілюстративні матеріали
до дипломної роботи магістра

на тему : "Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка"

Виконав: студента 6 курсу, групи 601 НТ спеціальності 144 Теплоенергетика
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Ільїн Ю.В.



(прізвище та ініціали)

Керівник

д.т.н проф.Кутний Б.А.



(прізвище та ініціали)

Зав.кафедрою

к.т.н проф.Голік Ю.С.



(прізвище та ініціали)

Полтава – 2025 рік

ВІДОМІСТЬ РОБОЧИХ КРЕСЛЕНЬ ОСНОВНОГО КОМПЛЕКТУ

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

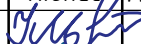
Лист	Найменування	Примітки
1	Загальні дані	
2	Генеральний план розташування абонентів що обслуговує котельня	
3	Графік відпуску теплової енергії	
4	Робота існуючих насосів в мережі, Принцип роботи насосів, запропонованих для установки на задану мережу	
5	План котельні	
6	Розріз 1-1	
7	Розріз 2-2	
8	Теплова схема котельні	
9	Загальний вид VIESMANN VITOMAX 300-HW	
10	Схема влаштування пальника Weishaupt mun WM-G50/1-A ZM-NR.	
11	Економічні показники	
12	Висновки	
Позначення		Найменування
		Примітка
		<u>Документи, на які посилаються</u>
ДСТУ - Н Б В. 1.1 - 27:2010		Будівельна кліматологія
ДБН В. 2.5 - 67: 2013		Опалення, вентиляція та кондиціювання
ДБН В.1.1-7:2016		Пожежна безпека об'єктів будівництва.
ДСНЗ.3.6.042-99		Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

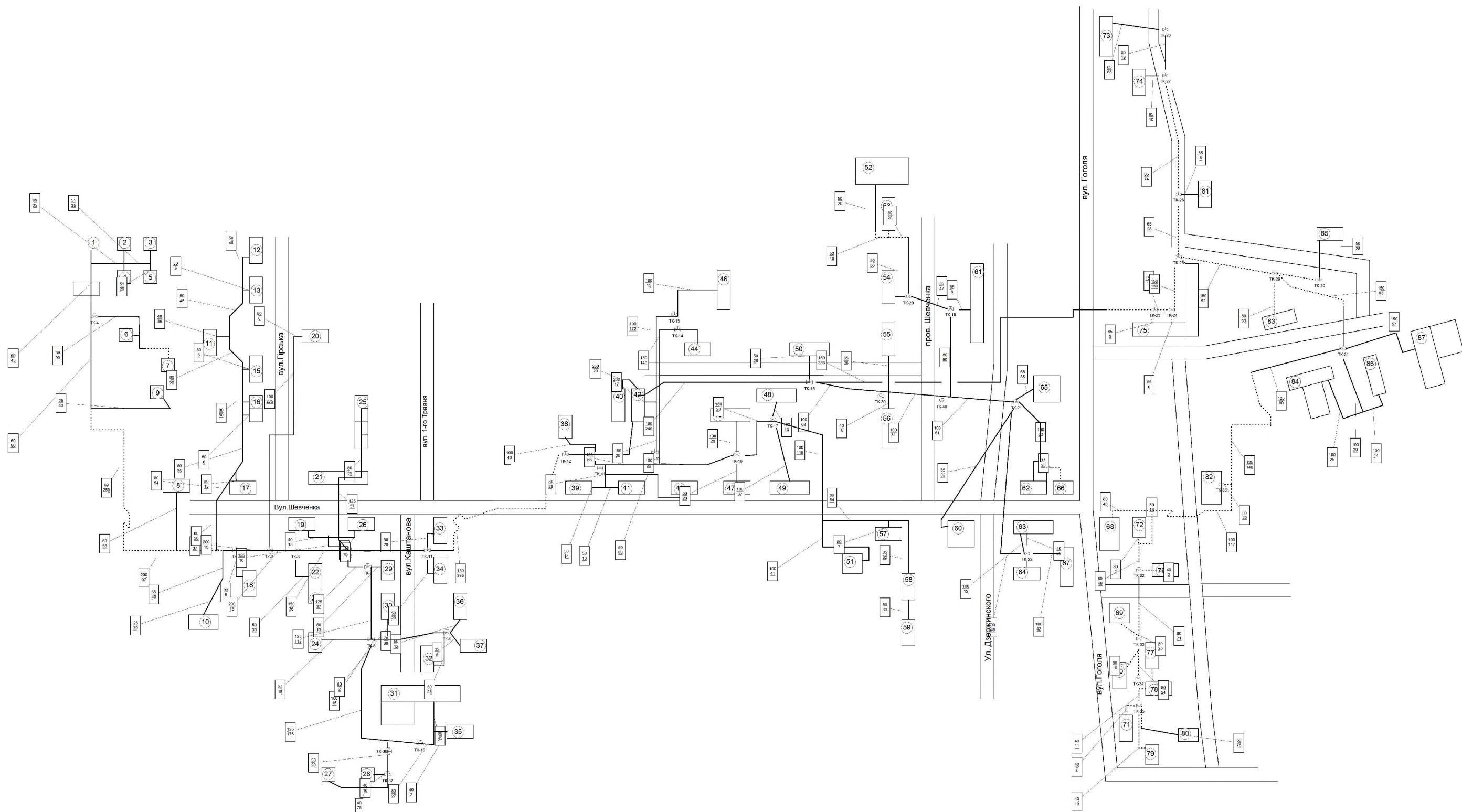
Проект реконструкції комунальної котельні в селищі Велика Багачка передбачає заміну котельних агрегатів та насосного обладнання в існуючій котельній.

Основними споживачами тепла є житлові будинки, на них припадає основне навантаження на опалення та гаряче водопостачання. Також споживачами тепла є громадські та житлові будівлі, промислові об'єкти та об'єкти побуту.

Кліматичні параметри для с.Велика Багачка прийнято як до найближчого м.Полтава, на холодний період

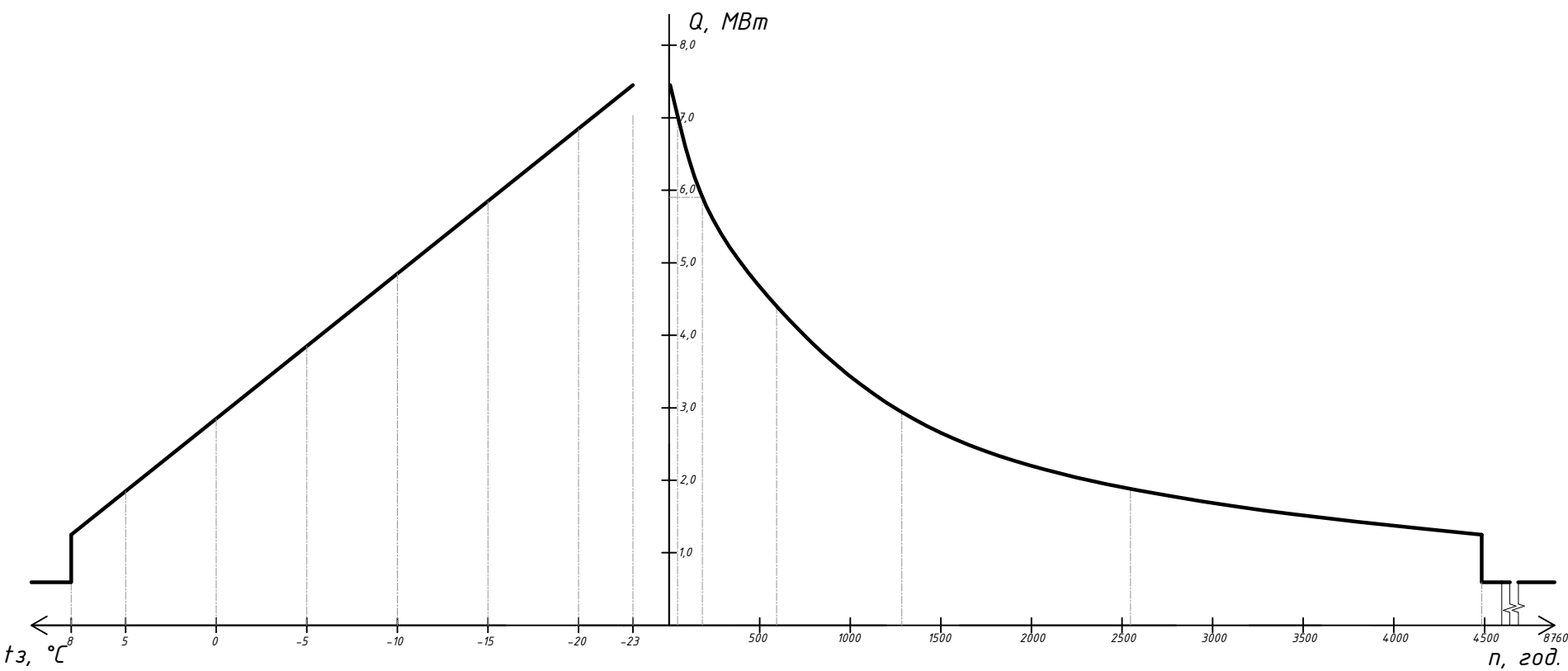
Ім'я	Найменування	Вимір	Розмір
Розрахункова температура повітря	$T_{зр}$	°C	-23
Тривалість опалювального періоду	n	діб	178
Середня температура повітря під час опалювального сезону	$T_{с.зр}$	°C	- 0,8

						601НТ -11393696.ДП			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка		Літера	Арк.	Аркуші	
Виконав	Ільїн Ю.В.					Р	1	12	
Перевір.	Кутний Б.А.								
				Загальні вказівки		НУПП ім Ю.Кондратюка			
Н. контр.	Голік Ю.С.								
Затверд.	Голік Ю.С.								



601НТ - 11393696.ДП									
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Ільїн Ю.В.	<i>Ільїн Ю.В.</i>					Р	2	
Перевір.	Кутний Б.А.	<i>Кутний Б.А.</i>		Генеральний план розташування абонентів що обслуговує котельня			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. контр.	Голік Ю.С.	<i>Голік Ю.С.</i>							
Затверд.	Голік Ю.С.	<i>Голік Ю.С.</i>							

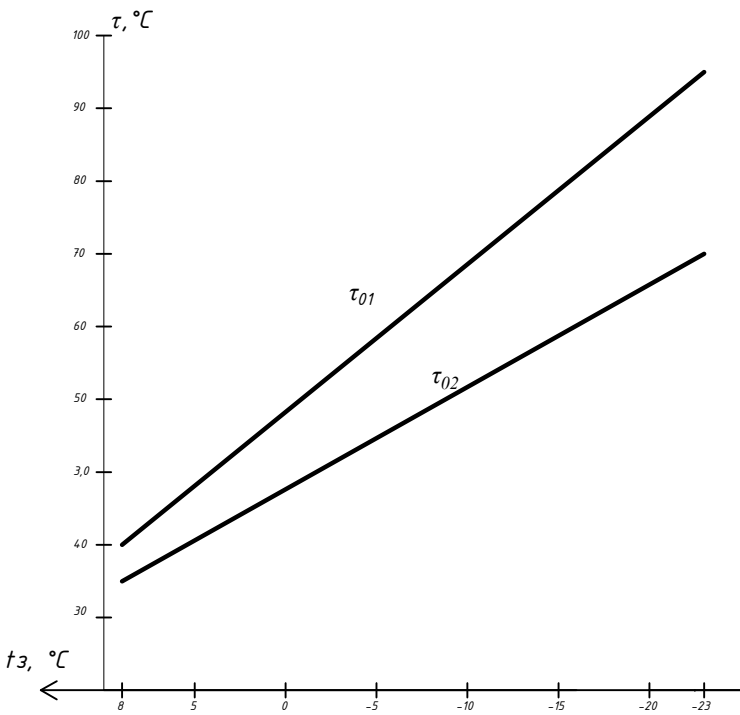
Графік відпуску теплової енергії



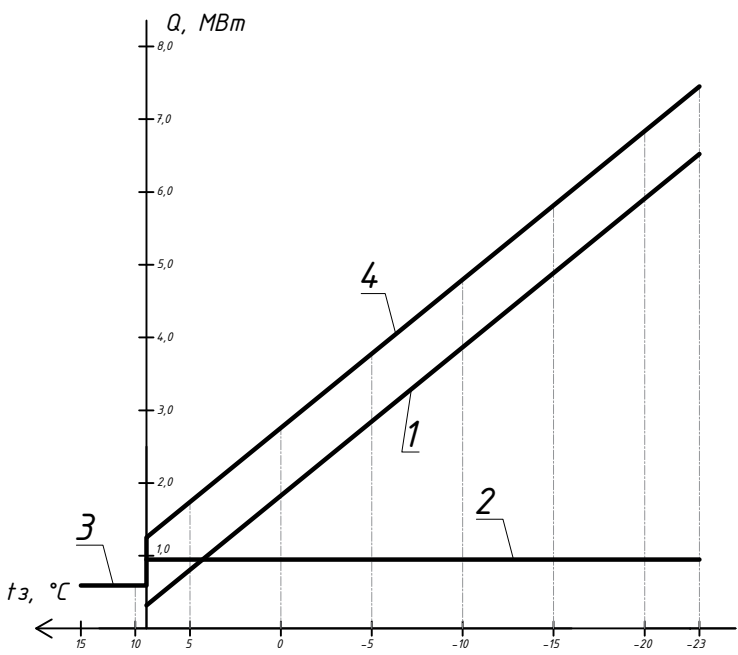
Температура зовнішнього повітря, t_3 , °C	-23	-20	-15	-10	-5	0	5	8
Кількість годин опалювального періоду, коли t_3 він залишався нижче цього значення	8	45	161	391	723	1224	1128	803

t_3 , °C	Q_o , MWt	$Q_{гв}^{ср.з}$, MWt	$Q_{гв}^{ср.л}$, MWt	Q_{Σ} , MWt	n, год
-23	6,53	0,95	-	7,48	6
-20	6,08	0,95	-	7,03	135
-15	4,95	0,95	-	5,90	452
-10	3,45	0,95	-	4,40	1117
-5	2,01	0,95	-	2,96	2276
0	0,93	0,95	-	1,88	4002
8	0,26	0,95	-	1,21	4488

Графік температур теплоносіїв

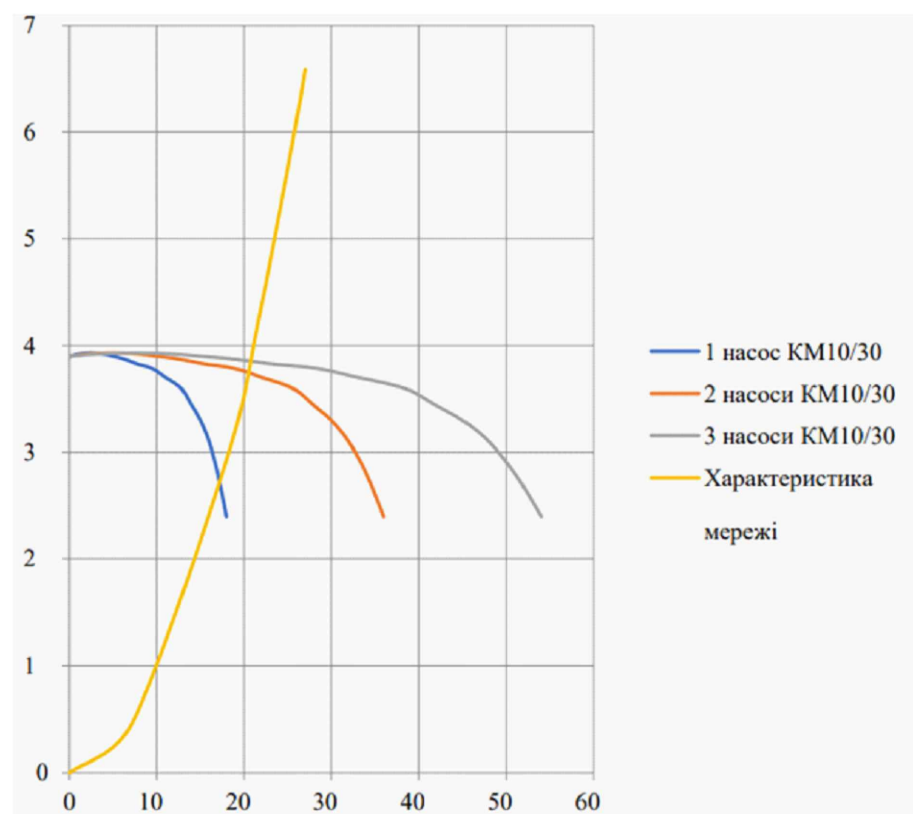


Графік теплових навантажень

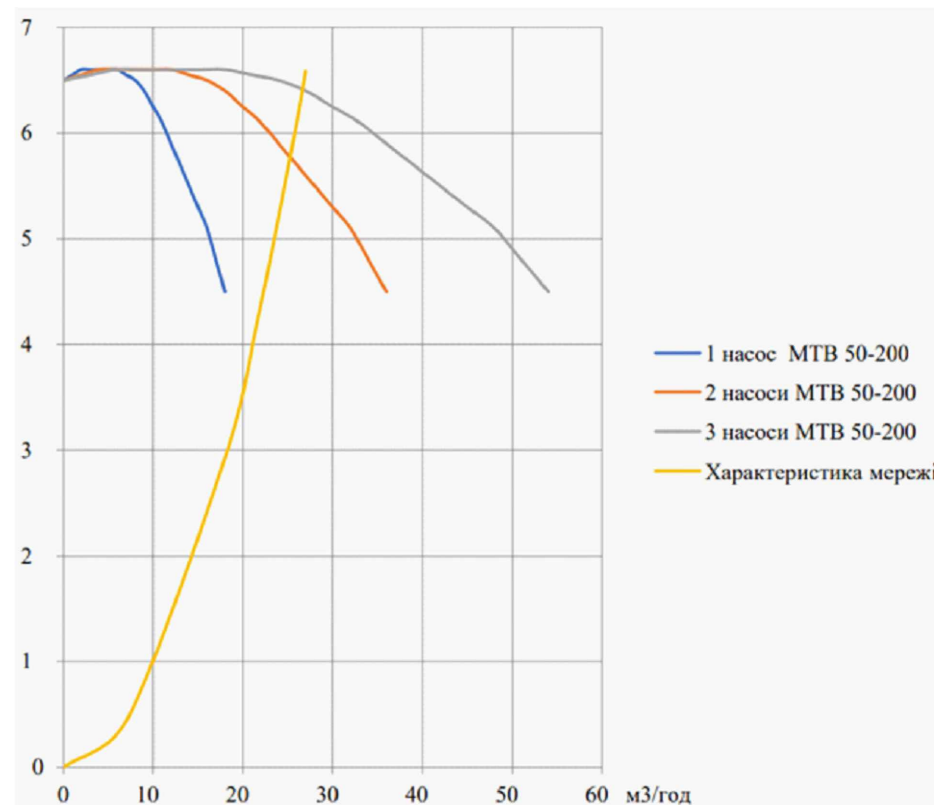


						601НТ -11393696.ДП			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Ільїн Ю.В.						Р	З	
Перевір.	Кутний Б.А.								
				Графік відпуску теплової енергії			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. контр.	Голік Ю.С.								
Затверд.	Голік Ю.С.								

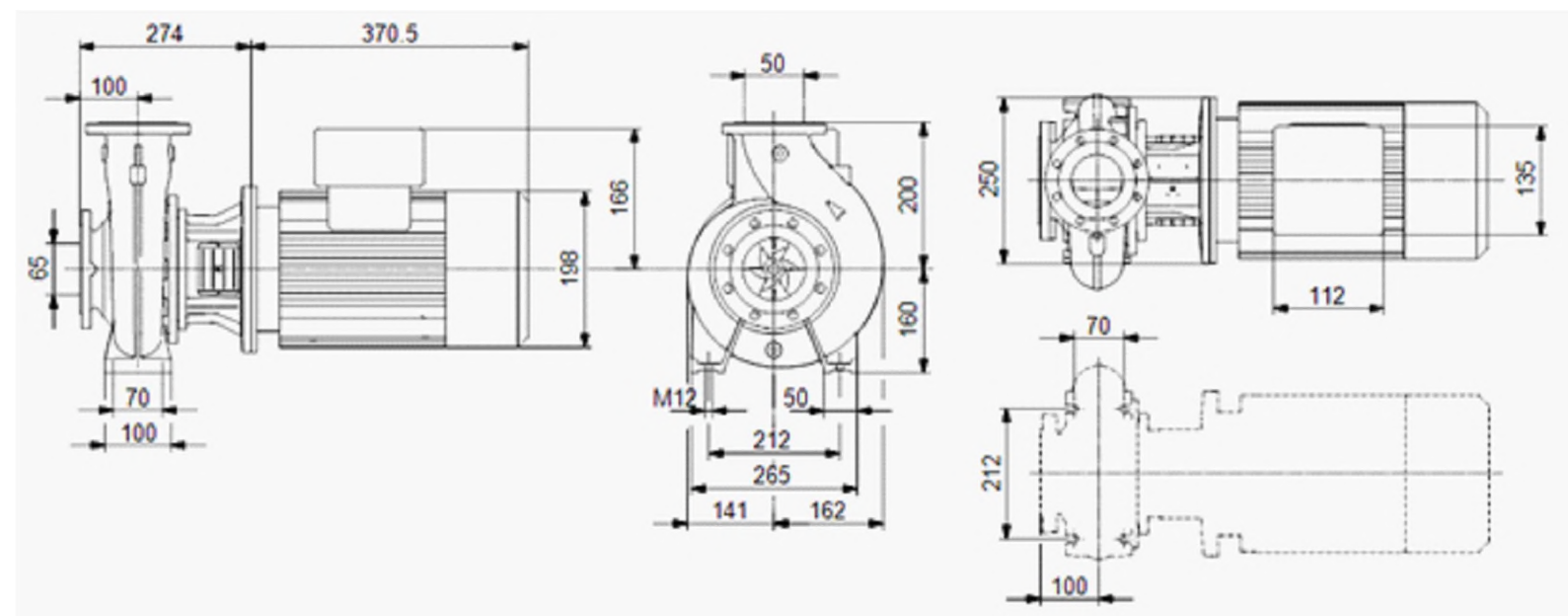
Робота існуючих насосів в мережі



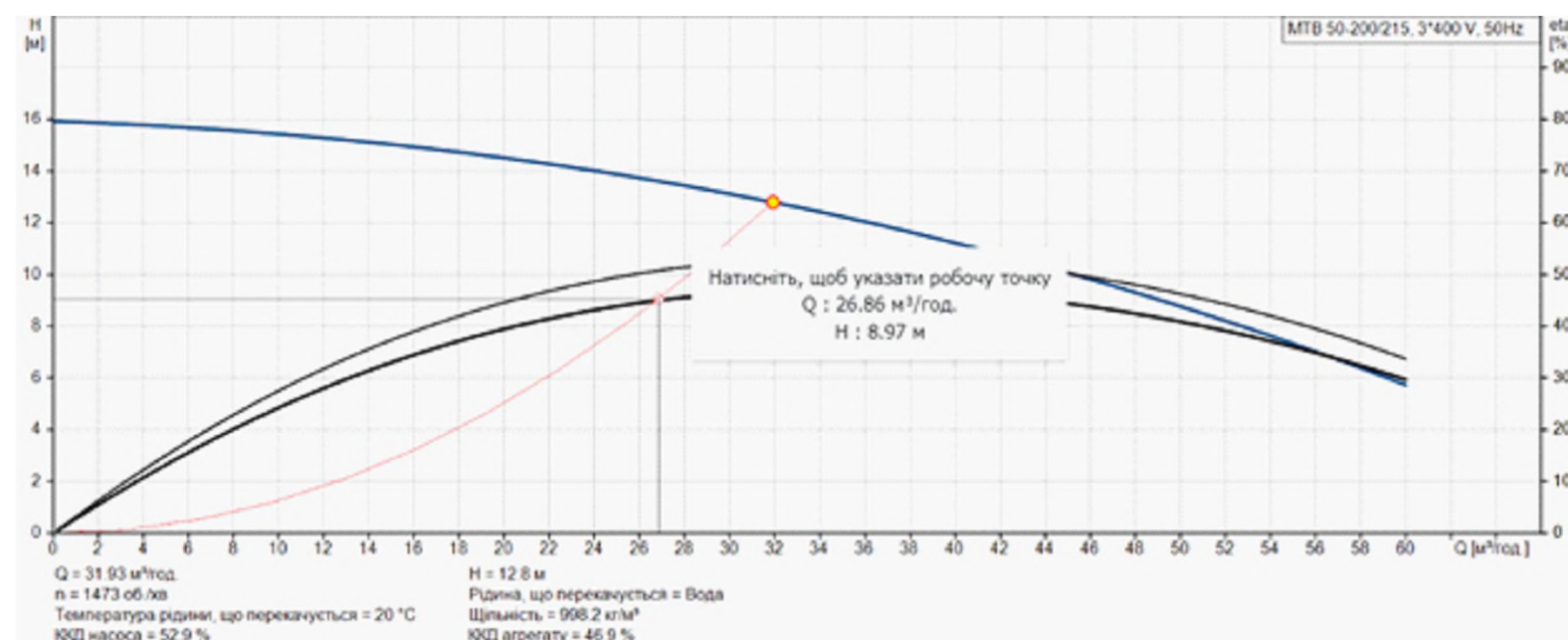
Принцип роботи насосів, запропонованих для установки на задану мережу



Загальний вид насосу Grundfos MTB 50-200

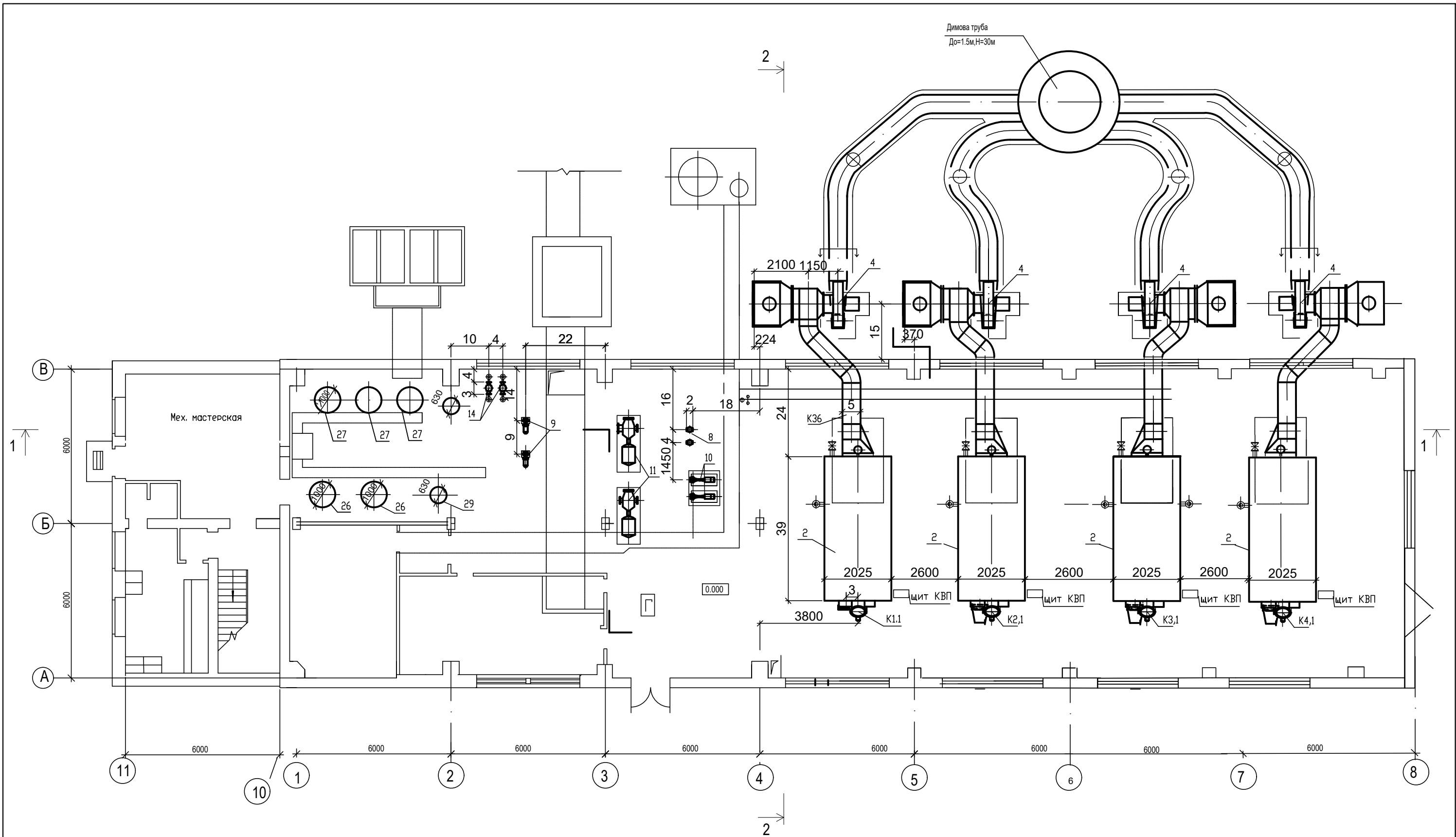


Робоча точка насосу Grundfos MTB 50-200



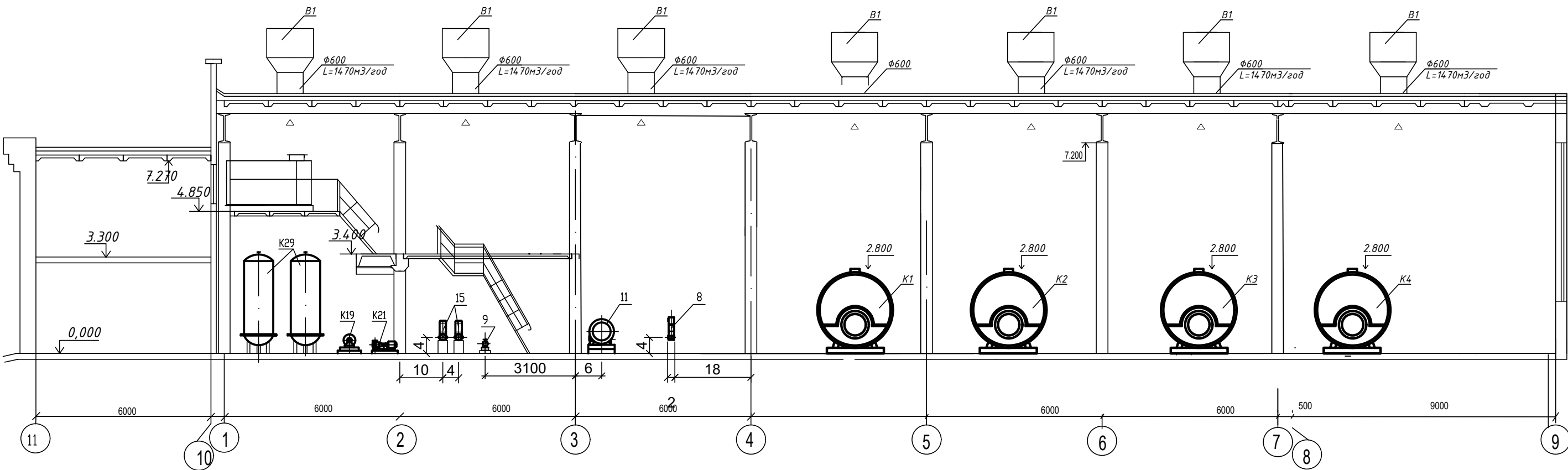
601НТ - 11393696.ДП

Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка			
Виконав	Ільїн Ю.В.	Підпис	Дата	Літера	Арк.	Аркушів	
Перевір.	Кутний Б.А.	Підпис	Дата	Р	4		
Н. контр.	Голік Ю.С.	Підпис	Дата	Робота існуючих насосів в мережі, Принцип роботи насосів, запропонованих для установки на задану мережу			
Затверд.	Голік Ю.С.	Підпис	Дата	НУПП ім Ю.Кондратюка			

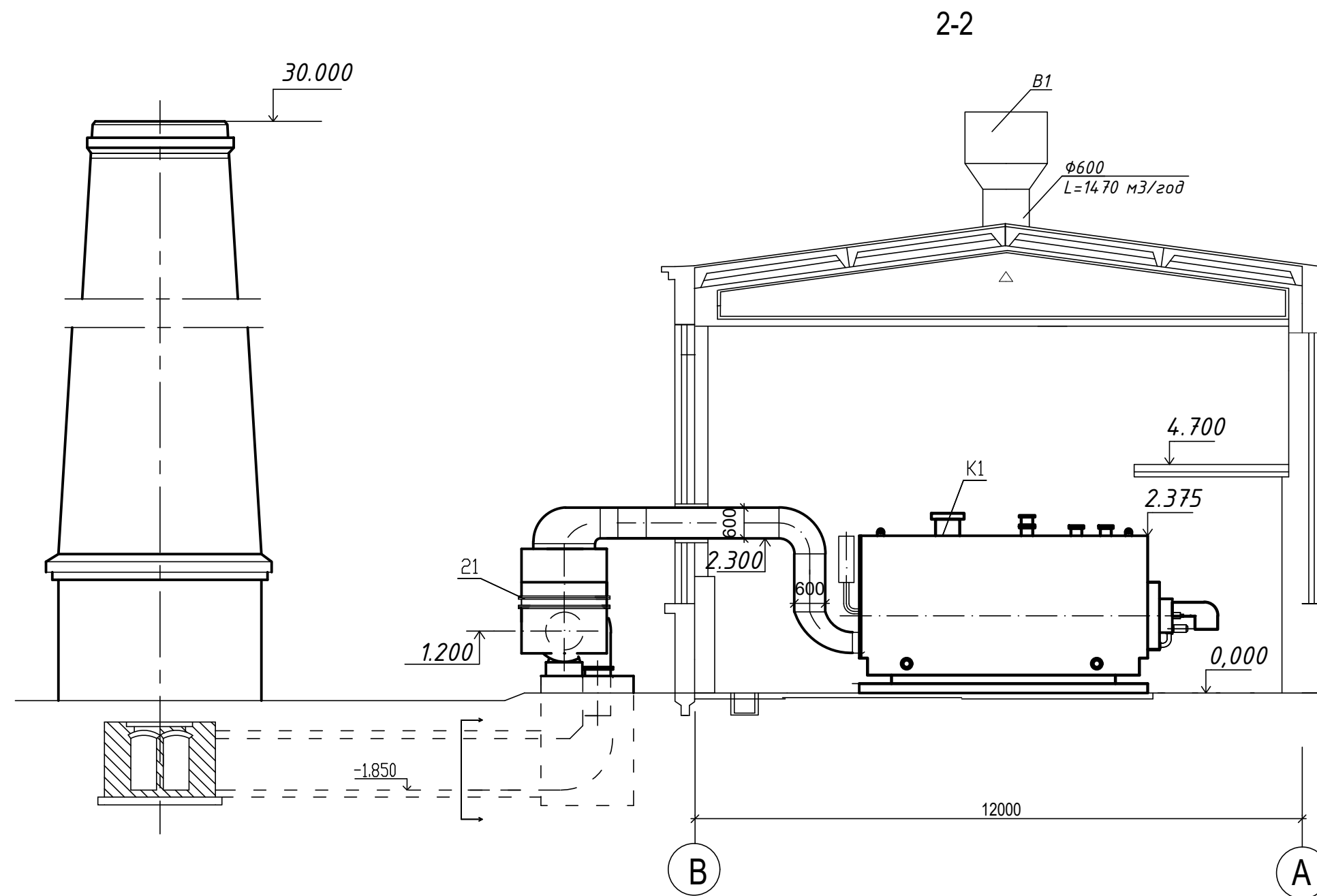


						601НТ - 11393696.ДП		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Ільїн Ю.В.					Р	5	
Перевір.	Кутний Б.А.							
Н. контр.	Голік Ю.С.				План котельні	НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.							

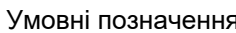
1-1



						601НТ - 11393696.ДП			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка	Літера	Арк.	Аркуші	
Виконав	Ільїн Ю.В.					Р	6		
Перевір.	Кутний Б.А.								
Н. контр.	Голік Ю.С.				Розріз 1-1	НУПП ім Ю.Кондратюка			
Затверд.	Голік Ю.С.								



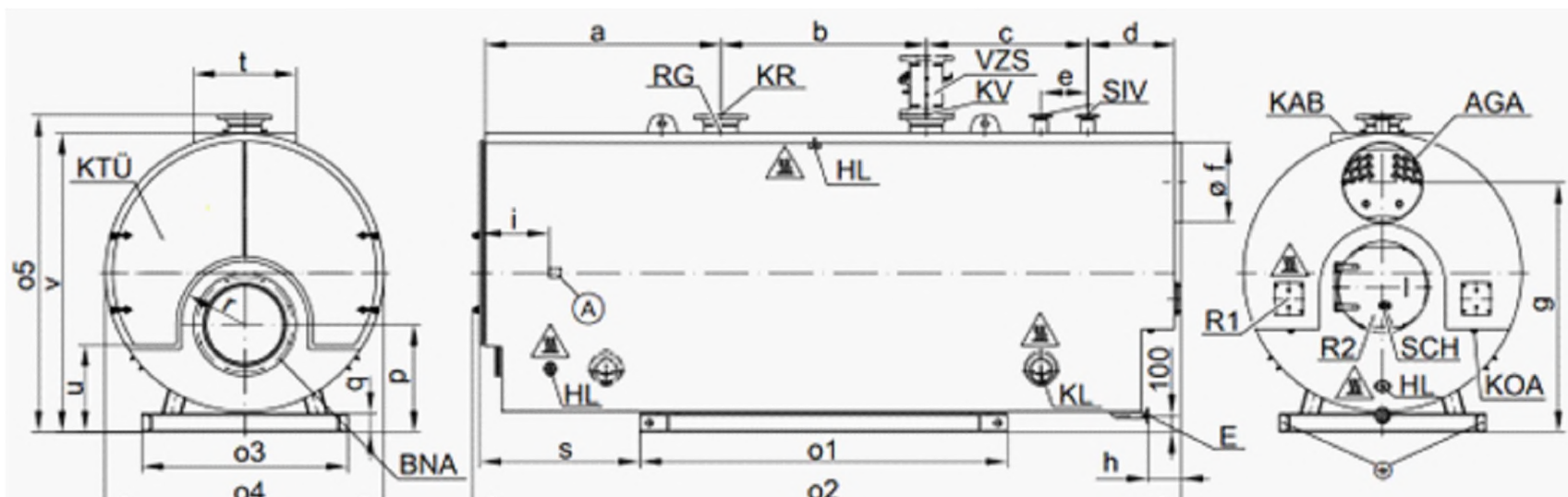
						601НТ -11393696.ДП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав		Ільїн Ю.В.	<i>[Signature]</i>			Р	7	
Перевір.		Кутний Б.А.	<i>[Signature]</i>					
Н. контр.		Голік Ю.С.	<i>[Signature]</i>		Розріз 2-2	НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.		Голік Ю.С.	<i>[Signature]</i>					



Позначення	Назва
T1	Трубопровід гарячої води для опалення, подавальний
T2	Трубопровід гарячої води для опалення, зворотній
T3	Трубопровід гарячої води для ГВП, подавальний
T5	Трубопровід гарячої води для технічних процесів, подавальний
V3	Водопровід промисловий
V6	Трубопровід помякшеної води
V30	Трубопровід живильної води

						601НТ -11393696.ДП			
Зм. Арк.	№ докум.		Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка	Літера	Арк.	Аркушів	
Виконав	Ільїн Ю.В.					Р	8		
Перевір.	Кутний Б.А.								
					Теплова схема котельні	НУПП ім Ю.Кондратюка			
Н. контр.	Голік Ю.С.								
Затверд.	Голік Ю.С.								

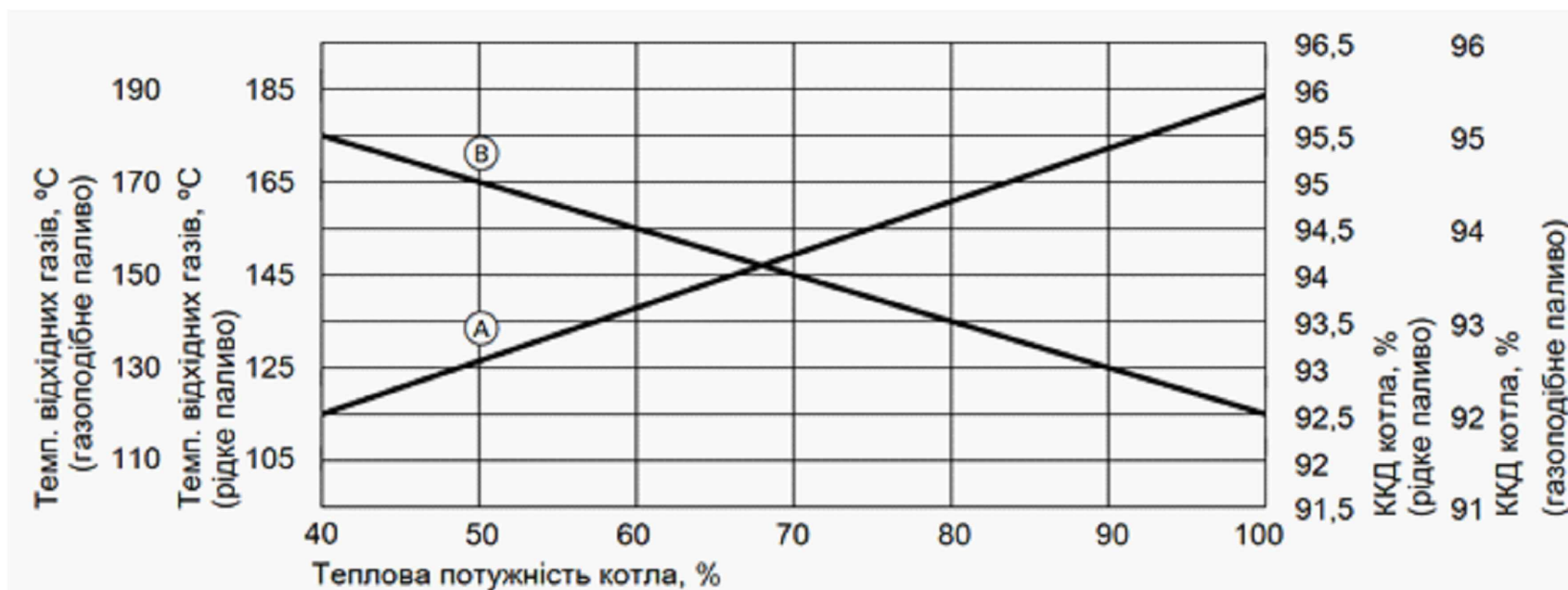
Загальний вид VIESMANN VITOMAX 300-HW



Технічні характеристики котлів VIESMANN VITOMAX 300-HW

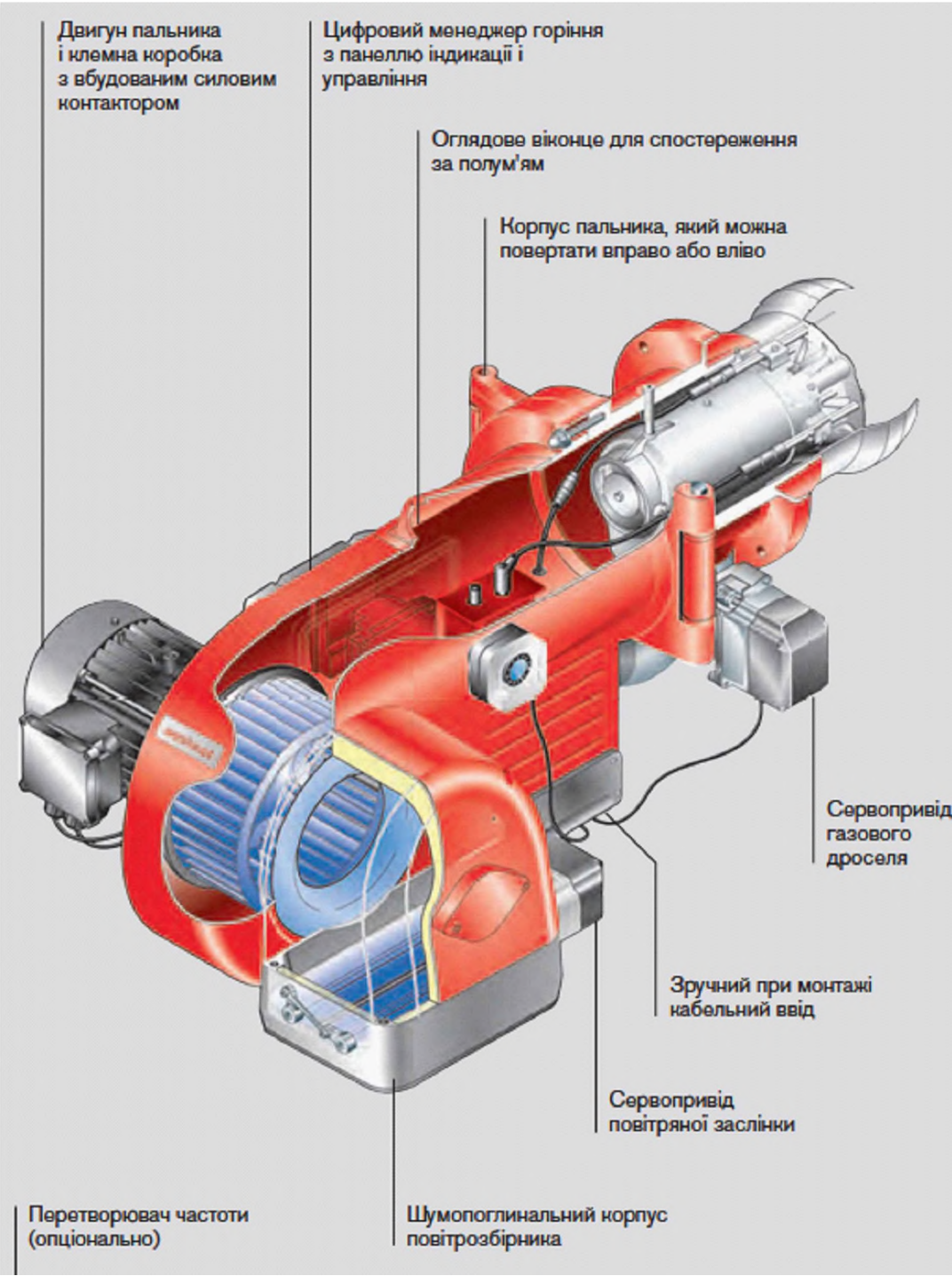
Показник	VIESMANN VITOMAX 300-HW
Номінальна теплова потужність, МВт	2,1
Вид палива	Газ/водень/рідке паливо
Тиск води на вході в котел, не більше, МПа	0,9 (1,6)
Температура води на вході, °C	70
Температура води на виході, °C	150 (115)
Гідравлічний опір, МПа	0,08 (0,15)
Діапазон регулювання теплоємності по відношенню до номінальної, %	30-100
Температура димових газів, °C, газ/мазут	143/172
Повний призначений термін служби, років, не менше	20

Графік залежності ККД котла від температури відхідних газів

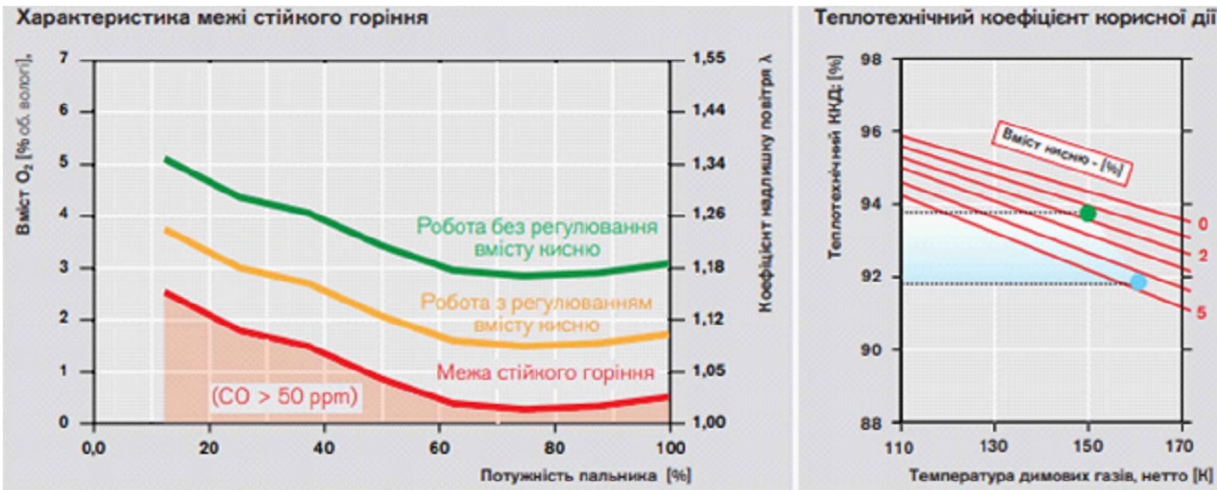


						601НТ - 11393696.ДП			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка		Літера	Арк.	Аркушів	
Виконав	Ільїн Ю.В.					Р	9		
Перевір.	Кутний Б.А.								
				Загальний вид VIEMANN VITOMAX 300-HW		НУПП ім Ю.Кондратюка			
Н. контр.	Голік Ю.С.								
Затверд.	Голік Ю.С.								

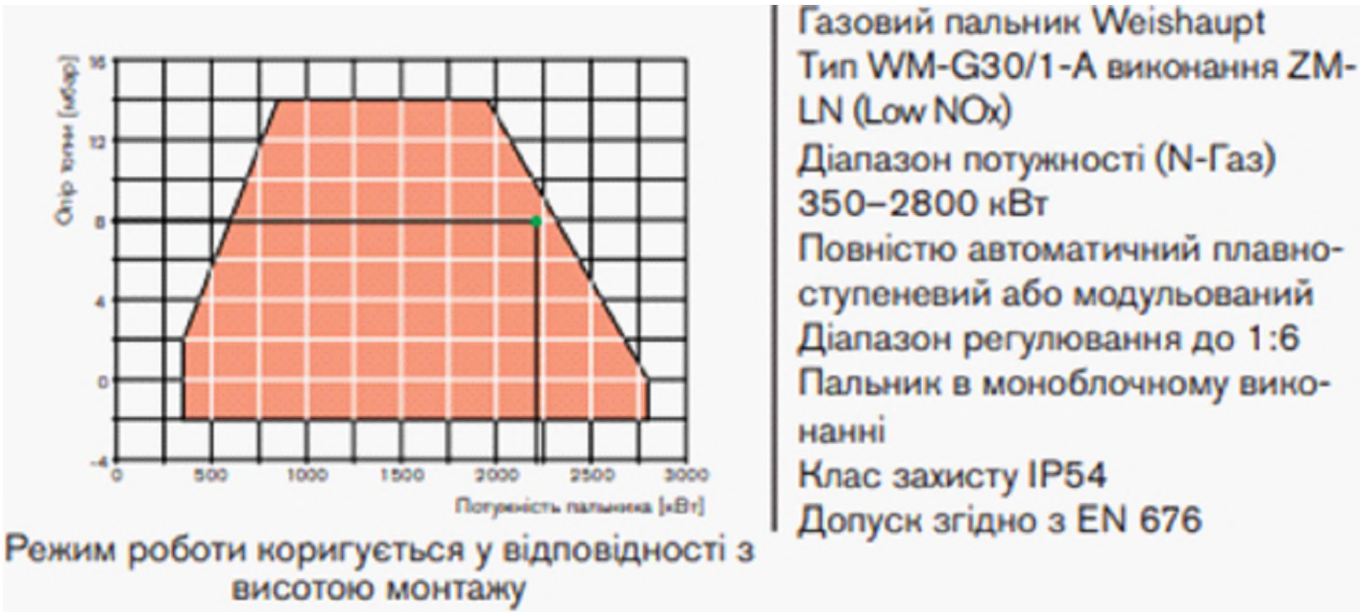
Схема влаштування пальника Weishaupt тип WM-G50/1-A ZM-NR.



Вплив регулювання кількості O₂ та CO₂ на ефективність та стабільність роботи пальника.



Характеристика обраних пальників



						601НТ - 11393696.ДП		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка	Літера	Арк.	Аркушів	
Виконав	Ільїн Ю.В.				Р	10		
Перевір.	Кутний Б.А.							
Н. контр.	Голік Ю.С.			Схема влаштування пальника Weishaupt mun WM-G50/1-A ZM-NR.	НУПП ім Ю.Кондратюка			
Затверд.	Голік Ю.С.							

						601НТ -11393696.ДП			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка		Літера	Арк.	Аркуші	
Виконав	Ільїн Ю.В.					Р	11		
Перевір.	Кутний Б.А.								
				Загальні вказівки		НУПП ім Ю.Кондратюка			
Н. контр.	Голік Ю.С.								
Затверд.	Голік Ю.С.								

Висновки

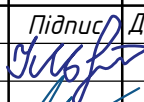
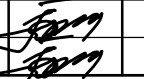
На основі отриманих даних були побудовані п'єзометричні графіки і перевірені насоси, встановлені в котельні. Всі встановлені насоси відповідають вимогам до створюваного напору і подачі.

Був проведений тепловий розрахунок котельні, в результаті якого було визначено, що встановлена потужність котельні дозволяє експлуатувати котельне обладнання в наступних випадках:

Розглянуто питання автоматики водогрійного котла VIESMANN VITOMAX 300-HW.

Визначено техніко-економічні показники роботи котельні та структуру вартості енергії, що поставляється.

скільки аартість пального становить 19700 євро а вартість додаткового обладнання (W-FM200, O2, частота обертання) . 10800 євро Витрати на обслуговування прибіл. 1500 євро. Час амортизації прибіл. 2,05 роки, що робить вибір даних палиників виправданим в розрізі екологічних та економічних показників.

						601НТ -11393696.ДП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція комунальної котельні в селищі Велика Багачка	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав		Ільїн Ю.В.				Р	12	
Перевір.		Кутний Б.А.						
					Висновки	НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. контр.		Голік Ю.С.						
Затверд.		Голік Ю.С.						