

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

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему : Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива

Виконав: студент

групи 601 НТ

спеціальності

144 Теплоенергетика

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Крезуб В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Голік Ю.С.

(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**

Крезуб Віталій Миколайович

Тема проекту Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива

1. Керівник проекту Голік Ю.С. к.т.н.професор.

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

2. Строк подання студентом роботи 23.12. 2024 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; 3Підбір та розрахунок обладнання твердопаливної 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	Аналіз виробництва та використання альтернативних видів палива в тепловій енергетиці	13.09 – 27. 10 2024 р.	
2	Розрахунок теплових навантажень, визначення теплової потужності котельні, розрахунок паливопостачання	28.10 – 10. 11 2024 р.	
3	Підбір обладнання та висновки	11.11 – 10.01 2025 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Крезуб В.М.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Голік Ю.С.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Пояснювальна записка**  
**до кваліфікаційної роботи**  
**магістра**

на тему: «Реконструкція котельні з використанням альтернативних  
видів палива».

Полтава– 2025 року

## ЗМІСТ

<b>ЗМІСТ</b> .....	4
<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>РОЗДІЛ 1 ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ПАЛИВ</b> .....	9
1.1 Актуальність переведення котельних на альтернативні види палива.....	9
1.2 Вибір палива при переводі котельних на альтернативні палива.....	13
1.3 Шляхи покращення екологічних показників спалювання альтернативних палив.....	15
1.4 Технологічні процеси спалювання паливних біомас. Вибір технології спалювання та типу топки.....	17
1.5 Шарові топки .....	19
1.6 Спалювання в киплячому шарі.....	20
<b>РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ КОТЕЛЬНІ</b> .....	22
2.1 Загальні дані .....	22
2.2 Визначення теплових навантажень на опалення, вентиляцію, гаряче.....	23
2.3. Розрахунок температурного графіка тепломережі.....	26
2.4 Визначення витрат мережевої води у споживачів .....	28
2.5 Визначення річних витрат тепла споживачів .....	31
2.6 Розрахунок та побудова графіку відпуску теплової енергії .....	36
2.7 Розрахунок теплових втрат при транспортуванні теплоносія.....	38
2.8 Витрата тепла на власні потреби котельні.....	40
2.9 Вибір котлів .....	40
<b>РОЗДІЛ 3 ПАЛИВОПОСТАЧАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАЛИВА</b> .....	42
3.1 Розрахунок паливопостачання .....	42
3.2 Розрахунок продуктів згорання паливних брикетів .....	44

					<b>601-НТ-11393600.ДП</b>							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Крезуб В.М.			Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів			Лім.	Арк.	Акрушів		
Перевір.		Голік Ю.С.							4	81		
Реценз.								НУПП ім Ю.Кондратюка				
Н. Контр.		Голік Ю.С.										
Затверд.												

3.3 Розрахунок емісій паливних брикетів .....	49
3.4 Розрахунок емісій вугілля.....	52
<b>РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ.</b>	<b>53</b>
4.1 Теплова схема котельні .....	53
4.2 Повірочний гідравлічний розрахунок двотрубною водопровідною мережі.....	55
4.3 Побудова п'єзометричного графіка .....	60
4.4 Підбір магістральних і котельних насосів .....	61
4.6 Розрахунок і підбір димоходу .....	70
4.7 Розрахунок і підбір водоочисного обладнання .....	73
4.8 Економічні показники .....	75
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>78</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИЙ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>79</b>

					<b>601-НТ-11393600.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Крезуд В.М.</i>			<i>Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Голік Ю.С.</i>					<i>5</i>	<i>81</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУПП ім Ю.Кондратюка</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Голік Ю.С.</i>						
<i>Затверд.</i>								





32–37 МДж/кг та антрациту 34–36 МДж/кг. Тому пелети можуть конкурувати з цими видами палива. Переваги пелет перед іншими видами палива такі:

-перед газом: висока пожежо- та вибухонебезпечність газу, важка і дорога процедура узгодження, підключення та отримання лімітів;

-Перед електрикою: висока вартість електроенергії, практична неможливість підключення потрібної потужності;

-Перед вугіллям: спалювання вугілля не можна автоматизувати, в димових газів дуже великий вміст сірки (до 100 разів більше) та оксидів азоту, необхідність утилізувати шлак, досягають 40% від маси вугілля, низький ККД котлів;

-Перед дровами: неможливість автоматизувати спалювання дров, потрібно багато площі для зберігання, низький ККД котлів;

-перед мазутом: висока вартість, практична неможливість застосування в малих котлах, необхідність розрідження в холодну пору року, до 100 разів більше вміст сірки у димових газах.

У цьому зв'язку, виробництво біопалива та перехід котелень на пелетне паливо є актуальним. Тому було прийнято рішення розробити технологічний процес переведення котельні на альтернативне та екологічно чисте пелетне паливо.

										арк
										8





відображається в політиці деяких держав. При виборі установки для спалювання біомаси Ви виконуєте зростаючі вимоги законодавства та вимагають.

Екологічні переваги. Враховуючи весь виробничий процес, біомаса значно зменшує викиди вуглекислого газу – вони становлять близько 1% емісій копалин. Біомаса є відновлюваним джерелом енергії, вона не знає криз та не призводить до екологічних катастроф. Біомаса забезпечує робочі місця для місцевого населення, підвищує купівельну спроможність Вашого регіону. Біомаса – енергія майбутнього. Вона є «CO<sub>2</sub> – нейтральним» способом спалювання, тобто. при спалюванні виробляється тільки така кількість вуглекислого газу, яка перед цим у процесі фотосинтезу була отримана з повітря.

Склад та види біопалива.

З погляду процесу горіння будь-яке біопаливо складається з таких компонентів: зола, палива, вода. Індивідуальні відмінності тих чи інших видів палива полягають у різному відсотковому вмісті вологи залежно від способу одержання, місця та тривалості зберігання, схильності до природного або штучного сушіння.

Найбільш поширені види та їх характеристики:

Таблиця 1 характеристики біопалива у порівнянні з мазутом та природним газом.

Вид біопалива	Теплота згорання при стандартній вологості, МДж/кг (Ккал/кг)	Вологість, %	Зольність, %	Порівняння з мазутом, (т або м <sup>3</sup> = 1 т мазуту)	Порівняння з природним газом (кг = 1 м <sup>3</sup> газу)
Відходи лісозаготовки	8,4 (2005,92)	50	2-5	12-14 м <sup>3</sup> = 1 т мазуту	4 кг =1 м <sup>3</sup> газу
Щепа	9 (2149,20)	35-45	1	10-12 м <sup>3</sup> = 1 т мазуту	3,6 кг =1 м <sup>3</sup> газу
Фрезерний торф	9,8 (2340,24)	50	1-10	10-11 м <sup>3</sup> = 1 т мазуту	3,4 кг =1 м <sup>3</sup> газу
Торф (фракціями)	13,4 (3199,92)	35-45	1-10	6-7 м <sup>3</sup> = 1 т мазуту	2,8 кг =1 м <sup>3</sup> газу
Дров'яні брикети	17 (4059,60)	8-12	1	3,5 м <sup>3</sup> = 1 т мазуту	2 кг =1 м <sup>3</sup> газу











Достатній час перебування топкових газів у гарячій зоні топки			
Додаткові заходи			
Ефективне видалення пилу	Средня ефективність		Температура фільтру
			< 200° С
дування сухого сорбенту Вибірче каталітичне відновлення	Висока ефективність	Додаткові капітальні витрати: а виборче каталітичне відновлення 110-180 %	Необхідне видалення використаного сорбенту, що не має місця в установках, що спалюють необроблені

#### 1.4 Технологічні процеси спалювання паливних біомас. Вибір технології та типу топки

При виборі технології важливе значення мають сумарне тепловиділення та кількість деревного палива. У разі великомасштабних установок найбільш придатні спалювання в киплячому шарі та топки з шаровим спалюванням. В установках невеликих розмірів застосовуються шарові топки з нижньою подачею палива та циклонні топки з горінням палива у зваженому стані. У Таблиці 2 наведено типові теплові потужності та необхідні властивості палива для різних типів пристроїв, що працюють на деревному паливі.

Таблиці 2 властивості палива для різних типів пристроїв.

Особливості установки	Тип	Типовий діапазон потужності	Паливо	Зола	Вологість
Ручне керування	Котли, що працюють на дровах	5-50 кВт	Дрова, відходи з дерева	< 2	5-30
Автоматичне управління	Топки з нижньою подачею палива	20 кВт-2,5 МВт	Дерев'яна тріска, дерев'яні залишки	< 2	5-50
	Топка з решіткою, що рухається	150 кВт-15 МВт	Усі деревні палива більшість біомас	< 50	5-60







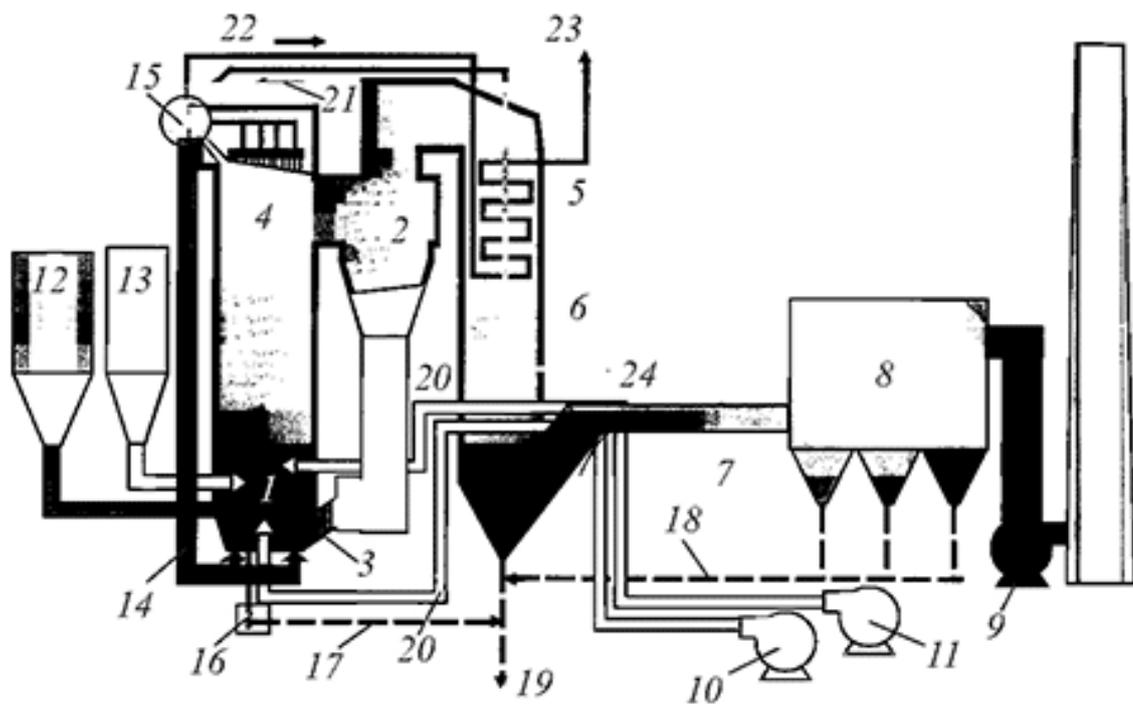


Рис. 2 Загальна схема топки зі спалюванням в киплячому шарі, що циркулює

де 1 - топка з киплячим шаром; 2 – гарячий циклон; 3 – затвор; 4 - водоохолоджені екрани; 5 - перегрівач; 6-економізер; 7 - вихідний газохід; 8 – електрофільтр; 9 – димосос; 10 – вентилятор первинного повітря; 11 – вентилятор вторинного повітря; 12 – паливо; 13 - вапняк; 14 – опускна труба; 15 - барабан; 16 - охолоджувач золи; 17 - донна зола; 18 - летюча зола; 19 - виведення золи; 20 – повітря; 21 - вода; 22 - пара; 23 - вихід пари; 24 - живильна вода

## РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ КОТЕЛЬНОЇ

### 2.1 Загальні дані

За призначенням опалювальна котельня, що реконструюється, для забезпечення потреб у тепловій енергії системи опалення, вентиляції та систем теплопостачання подачі гарячої води для систем гарячого водопостачання;

За надійністю відпуску теплової енергії приєднані споживачі відносяться до II категорії.

За розташуванням – котельня, що окремо стоїть на території комплексу.

Параметри клімату для м.Житомир:

- Архітектурно-будівельний район– II ;
- Температура повітря найбільш холодної п'ятиденки, [холодний період, з забезпеченістю 0,92]  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- Тривалість опалювального періоду [при  $t_{н} \leq 8^{\circ}\text{C}$ – 186 доби;

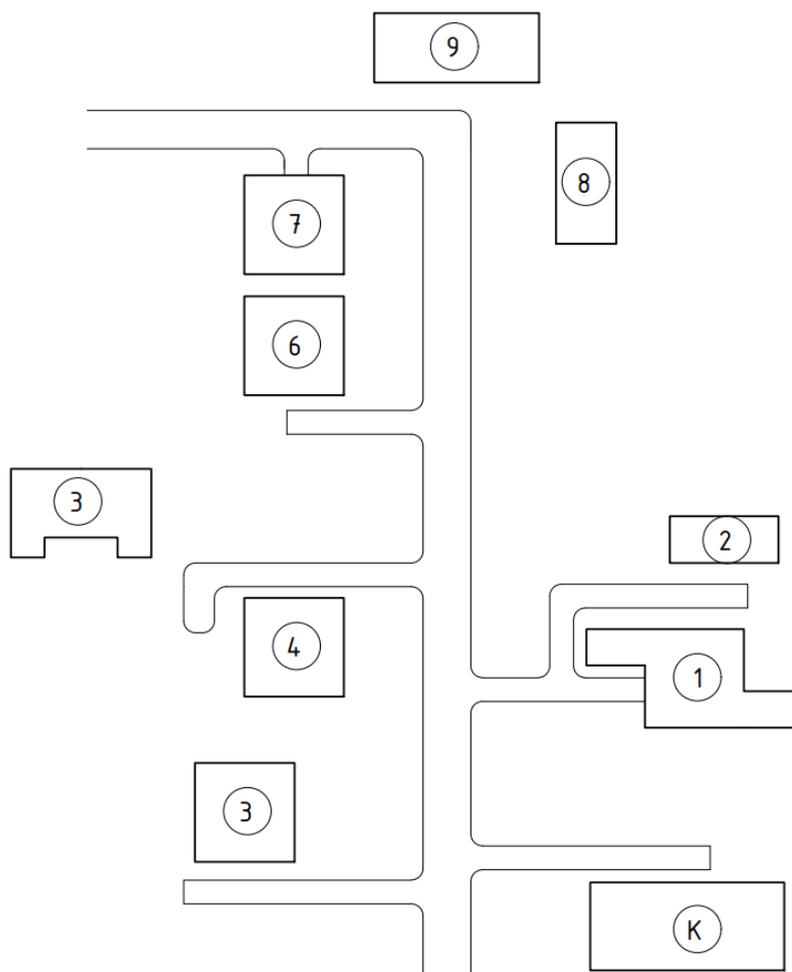


Рис. 1 Ситуаційна схема розташування споживачів теплової енергії






$t_x$  - температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період (за відсутності інших даних приймається рівною  $5^\circ \text{C}$ ),  $^\circ \text{C}$ ;

Таблиця 1. Розрахунок теплових навантажень на опалення.

№	Назва споживача	V будівлі, м <sup>3</sup>	$\beta$	q <sub>о</sub> , ккал/ (м3год °C)	t <sub>в</sub> , °C	t <sub>зр</sub> , °C	Q <sub>ов</sub> <sup>P</sup> , Гкал/год
1	Школа на 300 учнів	7100	0,9	0,33	16	-22	0,080
2	Господарська будівля школи	375	0,9	0,35	18	-22	0,005
3	Школа-інтернат на 45 місць	5160	0,9	0,35	16	-22	0,062
4	Житловий будинок 3 поверхи, 12 квартир	2330	0,9	0,53	18	-22	0,044
5	Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	1500	0,9	0,51	18	-22	0,028
6	Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	1500	0,9	0,51	18	-22	0,028
7	Житловий будинок 4 поверхи, 16 квартир	2610	0,9	0,51	18	-22	0,048
8	Магазин 1 поверх	475	0,9	0,33	16	-22	0,005
9	Будівля адміністрації	2100	0,9	0,33	16	-22	0,024
Разом							0,323

Таблиця 1.2. Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію.

Назва споживача	V будівлі, м <sup>3</sup>	$\beta$	q <sub>в</sub> , ккал/ (м3год °C)	t <sub>в</sub> , °C	t <sub>зр</sub>	Q <sub>в</sub> <sup>P</sup> , Гкал/год
Школа на 300 учнів	7100	0,9	0,08	16	-22	0,019
Господарська будівля школи	375	0,9	0,7	18	-22	0,009
Школа-інтернат на 45 місць	5160	0,9	0,08	16	-22	0,014
Магазин 1 поверх	475	0,9	0,08	16	-22	0,001
Будівля адміністрації	2100	0,9	0,08	16	-22	0,006
Разом						0,031

Таблиця 1.3. Розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання

Назва споживача	m., чол	a(b),, л/добу	Q <sub>твсрр</sub> , Гкал/год	Q <sub>твсмакс</sub> , Гкал/год
Школа на 300 учнів	300	8	0,0060	0,0144
Господарська будівля школи	10	25,4	0,0006	0,0015
Школа-інтернат на 45 місць	55	85	0,0117	0,0280
Житловий будинок 3 поверхи, 12 квартир	48	85	0,0102	0,0245
Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	32	85	0,0068	0,0163
Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	32	85	0,0068	0,0163
Житловий будинок 4 поверхи, 16 квартир	64	85	0,0136	0,0326
Магазин 1 поверх	4	8	0,0001	0,0002
Будівля адміністрації	20	8	0,0004	0,0010
				0,1348

### 2.3. Розрахунок температурного графіка тепломережі

Під час налаштування роботи котла та/або теплового вузла від температури зовнішнього повітря системі автоматики необхідно задати температурний графік.

Можливо, правильніше датчик температури повітря розмістити всередині будівлі та налаштувати роботу системи керування температурою теплоносія від температури внутрішнього повітря. Але часто буває складно вибрати місце встановлення датчика всередині через різні температури в різних приміщеннях об'єкта або через значну віддаленість цього місця від теплового вузла.

Вихідні дані для розрахунку.

Виконуємо розрахунок для всієї проектованої тепломережі

Приймаємо розрахункову температуру всередині будівель рівною

$$t_{вр} = 18^{\circ}\text{C};$$

Розрахункова мінімальна температура зовнішнього повітря  $t_{зр} = -22^{\circ}\text{C}$ ;

Розрахункова температура води в подавальному трубопроводі при  $t_{зр}$ ,  $t_{пр} = 95^{\circ}\text{C}$ ;

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>601НТ -11393600.ДП</b>				

Розрахункова температура води у зворотному трубопроводі при  $t_{зр}$ ,  $t_{звр}=70$  °С;

Показник нелінійності тепловіддачі приладів опалення приймаємо рівним  $n=0,3$

Відносний тепловий потік  $q$  за температури зовнішнього повітря  $t_3$  визначаємо за формулою:

$$q = (t_{(сп)} - t_3) / (t_{(сп)} - t_{зр}) \quad (1.5)$$

Температура води в подавальному трубопроводі при температурі зовнішнього повітря  $t_3$  за формулою:

$$t_n = t_{(сп)} + 0,5 * (t_{(сп)} - t_{звр}) * q + 0,5 * (t_{(сп)} + t_{звр} - 2 * t_{(сп)}) * q^{(1)/(1+n)} \quad (1.6)$$

Температура води у зворотному трубопроводі за температури зовнішнього повітря  $t_3$  за формулою:

$$t_o = t_{(сп)} - 0,5 * (t_{(сп)} - t_{звр}) * q + 0,5 * (t_{(сп)} + t_{звр} - 2 * t_{(сп)}) * q^{(1)/(1+n)} \quad (1.7)$$

Виконаємо розрахунок для температури зовнішнього повітря  $t_3 = 0$  °С

$$q = (t_{(сп)} - t_3) / (t_{(сп)} - t_{зр}) = (18 - 0) / (18 - (-22)) = 0,45$$

$$t_n = 16 + 0,5 * (95 - 70) * 0,45 + 0,5 * (95 + 70 - 2 * 18) * 0,45^{(1)/(1+0,3)} = 47,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{зв} = 16 - 0,5 * (95 - 70) * 0,45 + 0,5 * (95 + 70 - 2 * 18) * 0,45^{(1)/(1+0,3)} = 39,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Виконаємо розрахунки для значень температур зовнішнього повітря від -40 °С до +10 °С. Результати наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Дані для побудови температурного графіка

$t_3$ , °С	-20	-20	-10	-5	0	8
$T_1$ , °С	95	92	77	69	60	47
$T_2$ , °С	70	68	59	54	49	39

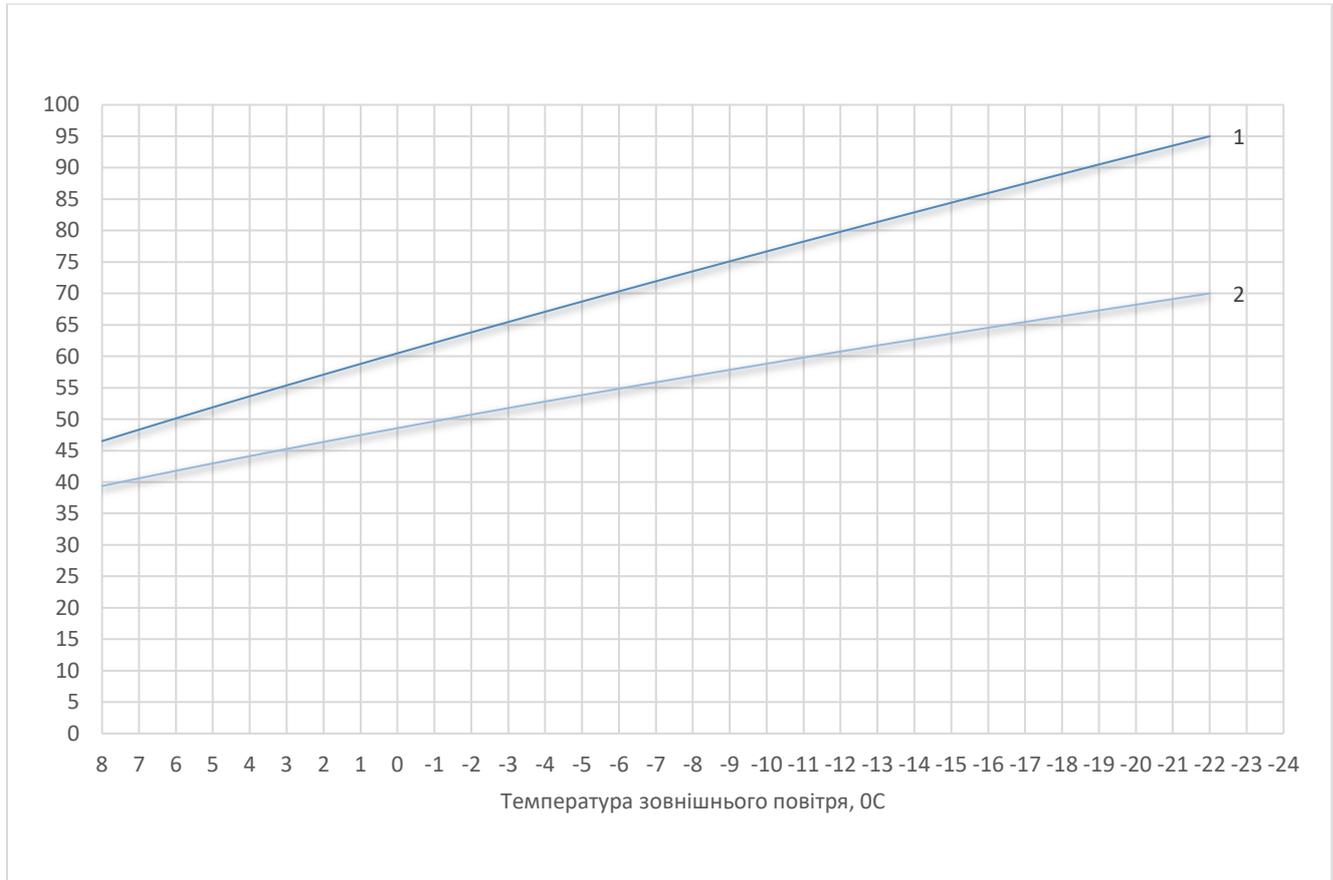


Рис.1 - Графіки температури теплоносія для розрахункового перепаду 95/70

#### 2.4. Визначення витрат мережевої води у споживачів

Розрахункова годинна витрата мережевої води при якісному регулюванні відпуску теплоти визначається окремо для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Розрахункова витрата води на опалення

$$G_o^p = \frac{Q_o^p}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/год} \quad (1.8)$$

$$G_o^p = \frac{0,080}{1(95 - 70)} 10^3 = 3,2, \text{ т/год}$$

де  $(\tau_1 - \tau_2)$  - відповідно температура води в подавальному та зворотному трубопроводі теплової мережі за розрахункової температури зовнішнього повітря на опалення  $t_o^p$

Розрахункова витрата води на вентиляцію

$$G_B^p = \frac{Q_B^p}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/год} \quad (1.9)$$

$$G_B^p = \frac{0,031}{1(95 - 70)} 10^3 = 0,838, \text{ т/год}$$

де  $(t_1 - t_2)$  - відповідно температура води в подавальному та зворотному трубопроводі теплової мережі за розрахункової температури зовнішнього повітря на вентиляцію  $t_B^p$ .

Витрату води на гаряче водопостачання в закритих системах теплопостачання визначають залежно від схеми включення підігрівачів гарячого водопостачання. Максимальна витрата води на гаряче водопостачання для закритої системи за двоступеневих схем приєднання водопідігрівачів

$$G_{ГВП}^{max} = \frac{0,55 Q_{ГВП}^{max}}{c(\tau_{1u} - \tau_{2u})}, \text{ кг/год} \quad (1.10)$$

$$G_{ГВП}^{max} = \frac{0,55 \cdot 0,0144}{1(95 - 70)} 10^3 = 0,198, \text{ т/год}$$

де  $G_{ГВП}^{max}$  - максимальний тепловий потік на ГВП житлових і громадських будівель, Гкал/год;

$c$  - питома теплоємність води, що приймається в розрахунках рівною 1 ккал/(кг\*°C);

$\tau_{1u}$  - температура води в подавальному трубопроводі теплової мережі в точці зламу графіка температур води, °C;

$\tau_{2u}$  - температура води у зворотному трубопроводі теплової мережі в точці зламу графіка температур теплоносія системи теплопостачання, °C

					<b>601НТ -11393600.ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Таблиця 1.5. Результати розрахунку витрат мережевої води споживачів

Назва споживача	Q <sub>o</sub>	Q <sub>в</sub>	Q <sub>гвп</sub>	G <sub>o</sub>	G <sub>в</sub>	G <sub>гвп</sub>	G <sub>заг</sub>
	Гкал/год	Гкал/год	Гкал/год	т/год	т/год	т/год	т/год
Школа на 300 учнів	0,080	0,019	0,0144	3,200	0,760	0,317	4,277
Господарська будівля школи	0,005	0,009	0,0015	0,200	0,360	0,033	0,593
Школа-інтернат на 45 місць	0,062	0,014	0,0280	2,480	0,560	0,616	3,04
Житловий будинок 3 поверхи, 12 квартир	0,044	-	0,0245	1,760	-	0,539	2,299
Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	0,028	-	0,0163	1,120	-	0,359	1,479
Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	0,028	-	0,0163	1,120	-	0,359	1,479
Житловий будинок 4 поверхи, 16 квартир	0,048	-	0,0326	1,920	-	0,717	2,637
Магазин 1 поверх	0,005	0,001	0,0002	0,200	0,040	0,004	0,244
Будівля адміністрації	0,024	0,006	0,0010	1,14	0,240	0,022	1,402
Разом:	0,323	0,031	0,1348	12,920	1,240	2,966	17,126

## 2.5 Визначення річних витрат тепла споживачів

Річна витрата теплоти споживачами району теплопостачання

$$Q = Q_o^{\text{річ}} + Q_B^{\text{річ}} + Q_{\text{ГВП}}^{\text{річ}} + Q_T^{\text{річ}}, \text{Гкал},$$

де  $Q_o^{\text{річ}}$ ,  $Q_B^{\text{річ}}$ ,  $Q_{\text{ГВП}}^{\text{річ}}$ ,  $Q_T^{\text{річ}}$  річні витрати тепла на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, технологічні потреби. Річну витрату тепла на опалення визначаємо за формулою

$$Q_o^{\text{річ}} = Q_o^{\text{сп}} \left[ (n_o - n_{\text{ч}}) + n_{\text{ч}} \frac{t_{\text{вч}} - t_{\text{вд}}}{t_{\text{вп}} - t_3} \right], \text{Гкал} \quad (1.1)$$

Для розраховуваних споживачів  $n_{\text{ч}} = 0$  і рівняння набуває вигляду

$$Q_o^{\text{річ}} = 0,0341 \cdot 4464 = 152,22, \text{Гкал/рік}$$

де  $Q_{\text{сп}}$  - середнє теплове навантаження за опалювальний період, Гкал/год;  
 $n_o$  - тривалість опалювального періоду за [10] приймаємо для м.Житомир, як найближчий населений пункт. Так, середньорічна тривалість опалювального періоду склала 186 діб або 4 464 год/рік;

$n_{\text{д}}$  - тривалість роботи чергового опалення, з/рік або год/рік (чергове опалення не передбачено);

$t_{\text{вч}}$  - температура внутрішнього повітря під час роботи чергового опалення,  $^{\circ}\text{C}$ .

Середня температура зовнішнього повітря за будь-який інтервал опалювального періоду визначається як частка від ділення на тривалість цього інтервалу алгебраїчної суми добутків середніх температур окремих періодів цього інтервалу на тривалість цих періодів: інтервал опалювального періоду приймаємо від + 8  $^{\circ}\text{C}$  до розрахункової на опалення температури зовнішнього повітря, що дорівнює -22  $^{\circ}\text{C}$ ,

Теплове навантаження що має усереднене значення за увесь опалювальний період, розрахунок проводиться за такою формулою:

					<b>601НТ -11393600.ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Таблиця 1.5

Назва споживача	$t_{в}$ ,	$Q_o$	$Q_{в}$	$Q_{гвп}$	$Q_{заг}$
	$^{\circ}C$	Гкал/рік	Гкал/рік	Гкал/рік	Гкал/рік
Школа на 300 учнів	16	81,68	45,51	64,28	191,47
Господарська будівля школи	18	5,74	22,71	6,70	35,14
Школа-інтернат на 45 місць	16	63,31	33,53	124,99	221,83
Житловий будинок 3 поверхи, 12 квартир	18	50,51		109,37	159,88
Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	18	28,59		72,76	101,35
Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	18	32,14		72,76	104,91
Житловий будинок 4 поверхи, 16 квартир	18	55,10		145,53	200,63
Магазин 1 поверх	16	5,74	2,52	0,89	9,16
Будівля адміністрації	16	24,51	14,37	4,46	43,34
	Разом:	347,33	74,25	601,75	1023,32

## 2.6 Розрахунок та побудова графіку відпуску теплової енергії

Для розрахунку значень проміжних навантажень в продовж опалювального періоду, режиму роботи та ефективності використання опалювального обладнання використовується річна програма теплоспоживання на основі періодів температури зовнішнього повітря. За основу береться графік залежності теплового навантаження від температури зовнішнього повітря, розташований у правій частині. При цьому на горизонтальній осі відкладаються значення температури зовнішнього повітря від  $t_{н} = +8^{\circ}C$  до  $t_o$ , а на вертикальній осі - споживання тепла.

Визначення витрат теплової енергії при довільній температурі на потребу опалення

$$Q_o = Q_o^{max} \frac{t_{нв} - t_i}{t_{нв} - t_p}$$

Визначення витрат теплової енергії при довільній температурі на потребу вентиляції

$$Q_{в} = Q_{в}^{max} \frac{t_i - t_p}{t_i - t_{в}}$$

					<b>601НТ-11393600.ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Таблиця 1 Повторюваність температур навколишнього повітря

Місто	Повторюваність температур навколишнього повітря, год								Всього годин
	-29,9-25	-24,9-20	-19,9-15	-14,9-10	-9,9-5	-4,9.0	+0,1+5	+5,1...+8	
Житомир	5	22	103	309	616	1237	1554	762	4608

Споживання тепла на підігрів води системи ГВП не залежить від зовнішньої температури, незалежно від того, зима це чи літо.

Графік максимального погодинного споживання тепла для підігріву води показано на рис.1 . У більшості випадків споживання тепла, необхідного для технологічного процесу, не залежить від зовнішньої температури і визначається технологічними умовами. Загальна лінія споживання тепла базується на сумі теплових навантажень на потреби опалення, вентиляції та підігріву води. Її отримують шляхом підсумовування споживання тепла при заданій зовнішній температурі.

Таблиця 1 Витрата теплоти при різних температурах зовнішнього повітря

Витрата теплоти Гкал/ год	Температура зовнішнього повітря , °С							
	-22	-15	-10	0	+5	+10	+5	+8
Q <sub>о</sub>	0,323	0,266	0,226	0,145	0,105	0,065	0,105	0,081
Q <sub>в</sub>	0,031	0,026	0,022	0,014	0,010	0,006	0,010	0,008
Q <sub>гвп</sub>	0,135	0,111	0,094	0,061	0,044	0,027	0,044	0,034
Q <sub>заг</sub>	0,489	0,403	0,342	0,220	0,159	0,098	0,159	0,122

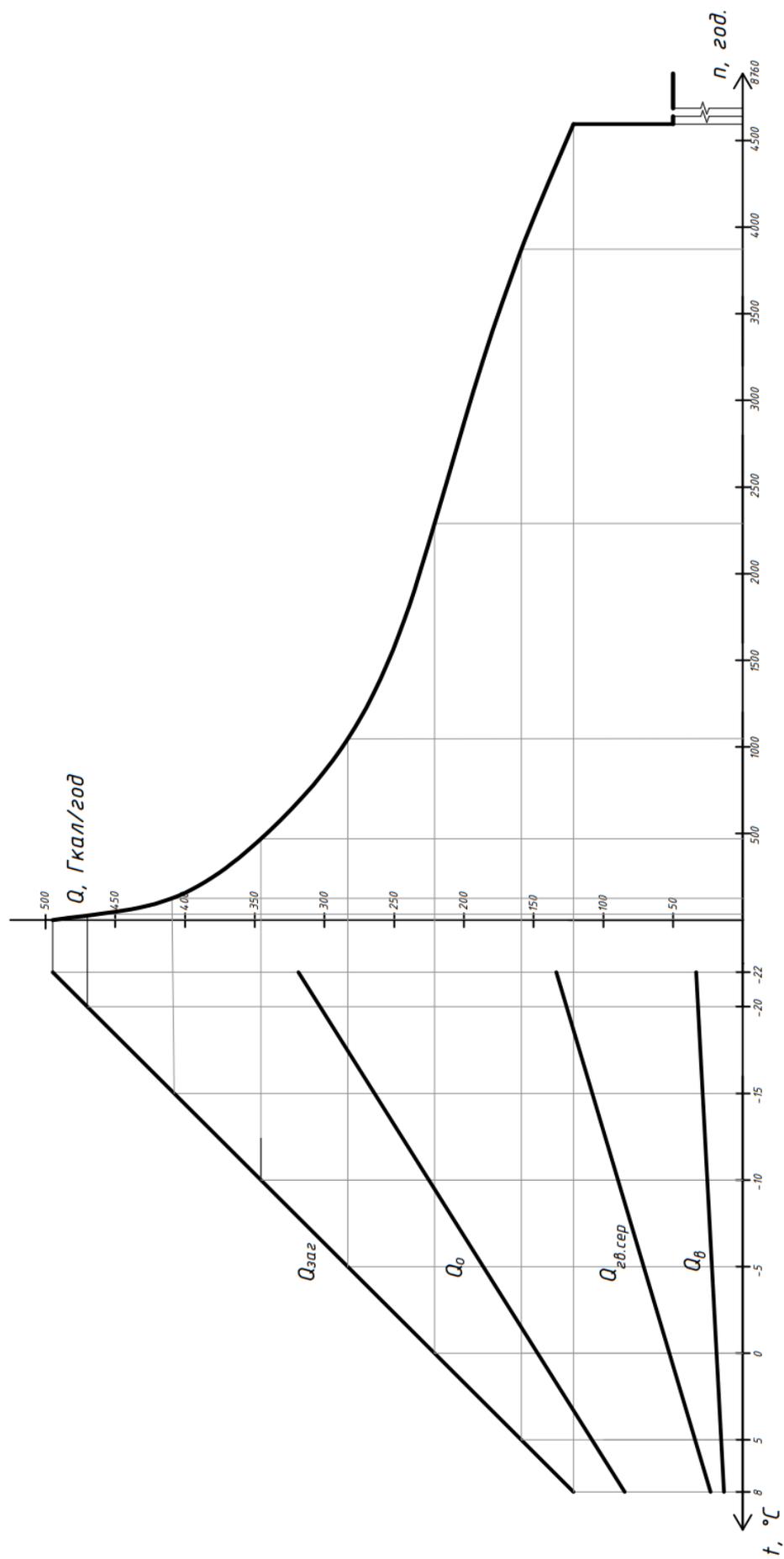


Рис.1 Графік відпуску теплової енергії

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601HT-11393600.ДП

Арк.

10



Втрати теплової енергії  $Q_y$ , пов'язані з витоками з теплової мережі, визначаємо за формулою [6]:

$$Q_y = a \cdot V(c) \cdot \rho \cdot C[(t_n + t_o)/2 - t_{xв}] \cdot 24 \cdot Z \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год}, \quad (1.18)$$

Де  $a \cdot V(c)$  - годинна частка втрат теплоносія (0,0025) від об'єму двотрубної мережі, м<sup>3</sup>/год;

$\rho$  - щільність теплоносія (мережевої води), що дорівнює 997 кг/м<sup>3</sup>;

$(t_n + t_o)/2$  - середня температура теплоносія подавального і зворотного трубопроводів, приймаємо 57,5<sup>0</sup>С;

$t_{(хв)}$ -температура холодної води в опалювальний період, приймаємо 5<sup>0</sup>С;  $C$ - питома теплоємність гарячої води, що дорівнює 1 ккал/(кг\*<sup>0</sup>С);

$Z$  - тривалість роботи теплових мереж, приймаємо 351 день.

$$Q_y = 0,0025 \cdot 3,959 \cdot 997 \cdot 1 \cdot (57,5 - 5) \cdot 24 \cdot 351 \cdot 10^{-6} = 4,364 \text{ Гкал/рік}.$$

Визначаємо теплові втрати через ізольовану поверхню подавальної та зворотної ліній трубопроводів під час транспортування теплоносія.

Кількість теплової енергії, що втрачається під час транспорту теплоносія від теплоджерела до споживача, для надземної прокладки визначаємо за формулами:

$$Q_n = \sum \beta \cdot q(nn) \cdot L_{\text{мережі}} \cdot Z \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год}, \quad (1.19)$$

$$Q_z = \sum \beta \cdot qn(o) \cdot L_{\text{мережі}} \cdot Z \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/рік}, \quad (1.20)$$

Де  $Q_n$ ,  $Q_z$ - середньорічні тепловтрати подавального і зворотного надземних трубопроводів, Гкал/рік;

$\sum \beta$  - коефіцієнт, що враховує втрати тепла опорами, арматурою,

компенсаторами; приймається 1,25 у разі надземного прокладання;  $q_{np}$ ,  $q_{no}$  - норми щільності теплового потоку, ккал/(м\*год), які приймають за [7] за середньої багаторічної температури повітря за опалювальний період, що дорівнює -0,2 <sup>0</sup>С, температур теплоносія для цієї температури за температурним графіком тепломережі 70 і 56,8 <sup>0</sup>С у прямому і зворотному трубопроводах відповідно;

$L$  мережі - протяжність теплової мережі, м;

$Z$  - тривалість роботи теплових мереж, приймаємо 8424 години, визначимо кількість теплової енергії, що втрачається під час транспортування теплоносія для

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393600.ДП				

трубопроводу Ду 100 мм:

Різниця температур теплоносія і зовнішнього повітря для подавального трубопроводу :

$$\Delta t_{\text{п}} = 70,0 - (-0,2) = 70,2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Різниця температур теплоносія і зовнішнього повітря для подавального трубопроводу :

$$\Delta t_{\text{зв}} = 56,8 - (-0,2) = 56,82 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Норми густини теплового потоку через ізоляцію, ккал/(м\*год), за розрахункової різниці температур при надземному прокладанні для трубопроводу Ду= 100 мм:

$$q_{\text{нп}} = 25,24 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{год}) \quad q_{\text{но}} = 19,32 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{год})$$

Кількість теплової енергії, що втрачається при транспорті теплоносія від теплогонителя до споживача для ділянки № 1:

$$Q_{\text{нп}} = 25,24 \cdot 1,25 \cdot 100 \cdot 8424 \cdot 10^{-6} = 29,558 \text{ Гкал}/\text{рік};$$

$$Q_{\text{но}} = 19,32 \cdot 1,25 \cdot 100 \cdot 8424 \cdot 10^{-6} = 20,334 \text{ Гкал}/\text{рік}.$$

Теплові втрати для трубопроводів інших діаметрів і ділянок визначаємо аналогічно, результати розрахунків зводимо в таблицю 1.10.

					<b>601НТ -11393600.ДП</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.10 – Теплові втрати теплової мережі

№	Назва споживача	D <sub>вн</sub> , мм	L <sub>ді</sub> , м	Подаючий трубопровід		Зворотній трубопровід		Разом
				Q <sub>нп</sub> , ккал/(м· год)	Q <sub>нп</sub> , Гкал/рі к	Q <sub>но</sub> , ккал/(м·г од)	Q <sub>но</sub> , Гкал/рі к	Q <sub>н</sub> , Гкал/рік
1	Адміністрація	40	40	25,24	26,578	19,32	20,344	46,922
2	Магазин	32	15	17,26	4,544	13,22	3,479	8,023
3	Житловий буд. 2 пов, 8 квартир	40	20	25,24	15,149	19,33	11,600	26,749
4	Житловий буд. 2 пов, 8 квартир + магазин + Адміністрація	40	45	17,26	3,635	13,22	2,783	6,418
5	Житловий буд. 2 пов, 8 квартир	40	20	18,6	0,979	14,24	0,750	1,729
6	2 Житлових буд. + магазин + Адміністрація	50	55	18,6	7,834	14,24	5,999	13,833
7	Школа-інтернат на 45 місць	50	60	14,28	4,511	10,93	3,454	7,965
8	Школа-інтернат на 45 місць + 2 Житлових буд. + магазин + Адміністрація	80	50	23,58	12,415	18,06	9,506	21,921
9	Господарська будівля школи	32	30	18,6	11,751	14,24	8,998	20,750
10	Школа на 300 місць.	50	5	18,6	10,772	14,24	8,248	19,020
11	Школа на 300 місць. + Господарська будівля школи	50	40	17,26	3,635	13,22	2,783	6,418
12	Житловий буд 3пов, 12 квартир	40	20	17,26	8,179	13,22	6,262	14,441
13	Школа на 300 місць. + Господарська будівля школи + Школа-інтернат + Житловий буд + 2 Житлових буд.2 пов+ магазин +Адміністрація	100	57	17,26	3,635	13,22	2,783	6,418
14	Житловий буд. 4пов, 16 квартир	40	25	14,28	2,256	10,93	1,727	3,983
15	Всі споживачі	100	100	17,26	7,270	13,22	5,567	12,836

Арк.

601НТ -11393600.ДП

10

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

## 2.8 Витрата тепла на власні потреби котельні

Втрати тепла на власні потреби котельні відсутні: котельня працює в автоматичному режимі без постійного перебування обслуговуючого персоналу; режим роботи котла - безперервний (під час опалювального сезону гасіння та повторне розпалювання котла не потрібне).

Джерелом водопостачання для підживлення системи котлового та опалювального контуру слугує господарсько-питний водопровід. Вода котлового контуру пом'якшується фільтром тонкого очищення типу "Гейзер". Якість води задовольняє вимогам санітарно-гігієнічних норм і технічним вимогам виробника котельні.

## 2.9 Вибір котлів

На підставі отриманих розрахункових даних щодо теплових навантажень споживачів і втрат теплової енергії в мережах виконаємо вибір котлових агрегатів у складі модульної автоматичної котельні. Для котельні приймаємо два котельні агрегати, один - робочий, другий - резервний. Розрахункове теплове навантаження споживачів:

$$Q_{заг} = Q_o + Q_v + Q_{ген} = 0,323 + 0,031 + 0,1348 = 0,4888 \text{ Гкал/год.} \quad (1.22)$$

Втрати тепла в теплових мережах:

$$Q_{втрат} = 0,026 \text{ Гкал/год.}$$

Необхідна мінімальна потужність одного котлового агрегату (з урахуванням 10 % запасу за потужністю):

$Q_{спож} = 1,1 \cdot (Q_{заг} + Q_{втрат}) = 1,1 \cdot (0,4888 + 0,026) = 0,5662 \text{ Гкал/год}$  або 0,658 МВт. До встановлення в котельні вибираємо котлоагрегати "Altep" Max-700 номінальною потужністю 700 кВт

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393600.ДП				

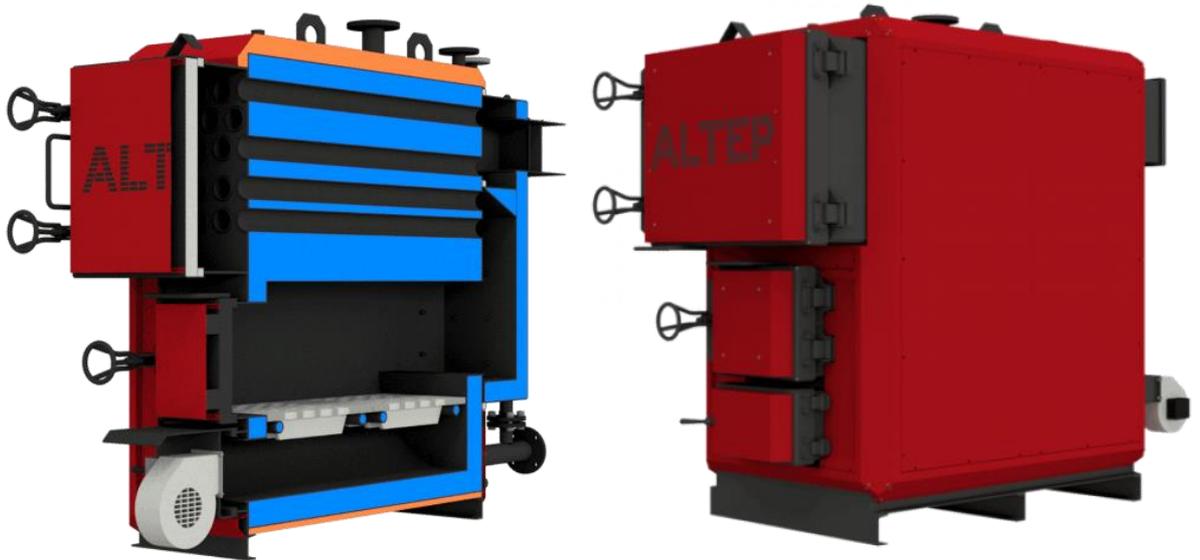


Рис.1 Загальний вид котельного агрегату "Altep" Max-700

Основні експлуатаційні параметри та технічні характеристики котла сталевого жаротрубного двоходового с реверсивною топкою "Altep" Max-700:

1. Потужність номінальна, кВт 700
2. Коефіцієнт корисної дії, 86%
3. температура води на виході. °С 95-115
4. температура води на вході. °С 70
5. Габаритні розміри, мм. не більше
  - довжина 2670 мм.
  - ширина 1410 мм.
  - висота 2160 мм.
6. Водяний об'єм, м<sup>3</sup> 1,50
7. Гідравлічний опір, кПа 8-11
8. Протитиск у топці котла, 4,0

					<b>601HT -11393600.ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

## РОЗДІЛ 3 ПАЛИВОПОСТАЧАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАЛИВА

### 3.1 Розрахунок паливопостачання

Головним паливом для котельні паливні брикети. Резервні види палива не передбачені.

Брикети являють собою досить міцні шматки однакової форми. При переробці відходів рослинництва, теплотворна здатність брикетів наближається до рівня вугілля, а так як видобуток відбувається в сільській місцевості, брикети є одним з найбільш дешевих і доступних видів твердого палива. Брикети легко піддаються розпалюванню і компактні при зберіганні. Завдяки високій теплотворній здатності, брикети можуть використовуватися в будь-яких твердопаливних котлах і котельних установках.

Переваги торф'яних брикетів:

1. Простота зберігання. Брикети не займають багато місця. Тривалий термін зберігання.
2. Висока теплотворна здатність – від 3000 до 4500 ккал/кг.
3. Універсальність. Торф'яні брикети можна використовувати для потреб опалення в промислових котельних установках так і в компактних котлах
4. Тривале горіння. При закладці від 10 кг час горіння становить понад 6 годин.

Джерело паливопостачання - існуючий приоб'єктний склад палива, що розташовується поблизу будівлі котельні.

$$B = \frac{Q}{Q_p^H \cdot \eta}$$

Максимальна витрата палива, кг/год.

$$B = \frac{658}{5.12 \cdot 0,86} = 149,4 \text{ кг/год}$$

Річна витрата палива, кг/рік.

$$B = \frac{1190097}{5.12 \cdot 0,86} = 270280,02 \text{ кг/рік}$$

де  $\eta_k$  – КПД бруто котла 86 % згідно даних виробника.

$Q_p^H$  – Відповідно, нижча теплотворна здатність палива, кВт год

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393600.ДП				

Q – теплова потужність , кВт год

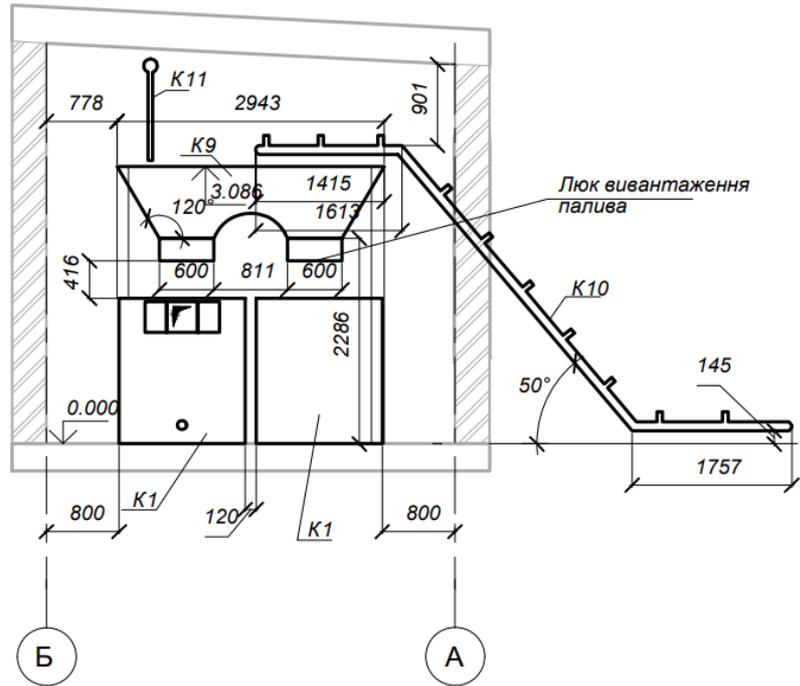


Рис.1 Схема завантаження палива котельних агрегатів

Подача палива передбачається механічним конвеєром з електроприводом.

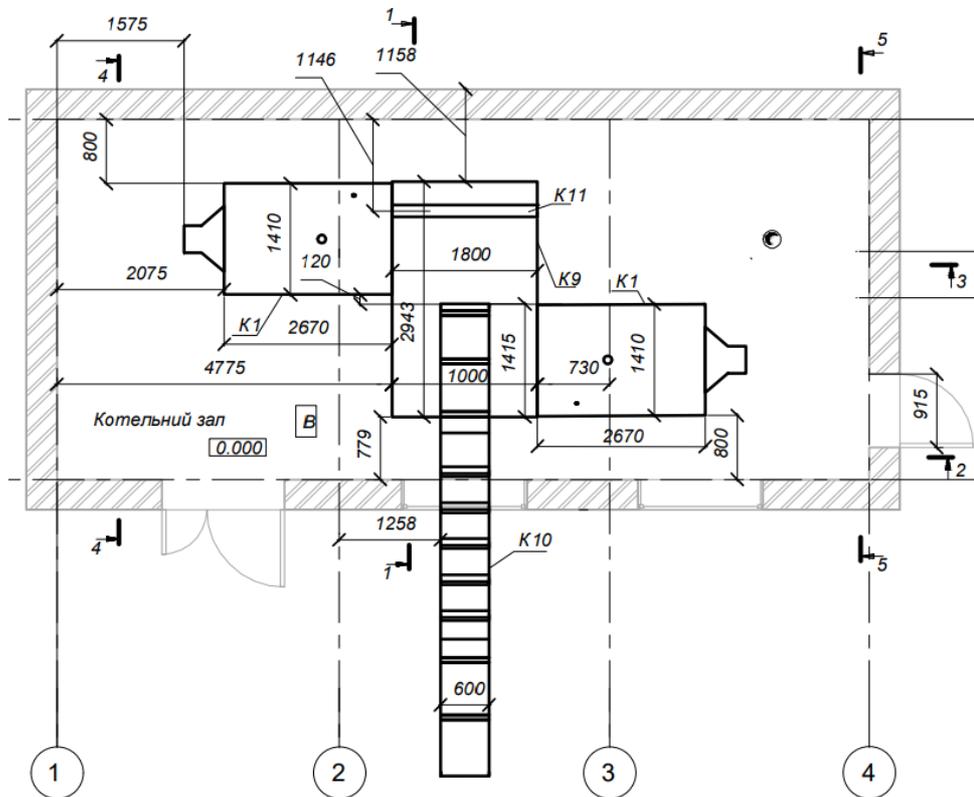


Рис.1 Схема розташування котельних агрегатів в котельній залі

					601НТ -11393600.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

### 3.2 Розрахунок продуктів згорання паливних брикетів

Відповідно до закону Дальтона, паливо для згорання хімічно регулюється оксидом у певному кількісному співвідношенні, що визначається зі **стаціонарних рівнів** загального згорання вуглецю, води та сірки, визначених на 1 кмоль кожного елемента згорання:

- a)  $C + O_2 = CO_2$ ;  
 b)  $H_2 + 0,5 O_2 = H_2O$  ;  
 c)  $S + O_2 = SO_2$  . (2)

Таблиця 1 Елементарний склад палива

Назва елемента	C <sub>p</sub>	H <sub>p</sub>	O <sub>p</sub>	N <sub>p</sub>	S <sub>p</sub>	A <sub>p</sub>	W <sub>p</sub>
%	49,0	6,5	33,4	0,5	0,1	1,0	10,0

Низка теплота згорання вугілля, кДж / кг:

$$Q_{н.р.} = 339C^P + 1030H^P - 109(O^P - S^P) - 25(9H^P \times W^P) \quad (3.28)$$

$$Q_{н.р.} = 339 \times 49,0 + 1030 \times 6,5 - 109 \times (33,4 - 0,1) - 25 \times (9 \times 6,5 + 10,0) \\ = 18463,8 \text{ кДж / кг або } 5,12 \text{ кВт год}$$

При розрахунку обсягу повітря і продуктів його переробки допускається, що всі палаючі компоненти повністю окислені, тобто відповідно до реакцій (a,b,c).

З рівня (2a) випливає, що для повного окислення одного моля вуглецю (молекулярна маса вуглецю  $\mu_C = 12$  кг) потрібно 1 моль.

Виразивши газоподібні компоненти (O<sub>2</sub> і CO<sub>2</sub>) в об'ємних одиницях (обсяг 1 моль будь-якого газу при нормальних умовах становить 22,4 м<sup>3</sup>), отримаємо, що при повному згорянні 1 кг діоксиду вуглецю  $22,4/12 = 1,866 \text{ м}^3$  кислоти в результаті виходить 1,866 м<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>. При відомому складі робочої маси 1 кг палива (C<sup>p</sup>/100) кг вуглецю, а для його повного зберігання потрібно 1,866(C<sup>r</sup>/100) м<sup>3</sup> кислоти, і одночасно утворюється 1,866(C<sup>r</sup>/100) м<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>.

Аналогічно з рівня (2b) на окислення води ( $\mu_{H_2} = 2,02$  кг), що міститься в 1 кг палива, витрачається  $0,5 (22,4/2,02)(H^r/100) \text{ м}^3$ , при цьому утворюється  $(22,4/2,02)(H^r/100) \text{ м}^3$  водяної пари, і, як випливає з рівняння (2c), окислення гарячої

					<b>601НТ -11393600.ДП</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сірки ( $\mu_s = 32$  кг), що містить 1 кг палива, витрачає  $(22,4/32)(S^r/100)$  м<sup>3</sup>, і утворюється стільки ж SO<sub>2</sub>. (Тут і нижче під S<sup>r</sup> - вміст горючої, або леткої, сірки).

Підсумовуючи отримані вирази і беручи до уваги кількість кислоти, що міститься в паливі ( $\mu_{O_2} = 32$  кг), після простого перетворення отримаємо форму визначення кількості кислоти, яка теоретично необхідна для повного згорання 1 кг твердого або рідкого палива:

$$V_{O_2}^0 = 0,01(1,866 C^r + 5,55 H^r + 0,7S^r - 0,7O^r), \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{O_2}^0 = 0,01(1,866 \cdot 49 + 5,55 \cdot 6,5 + 0,7 \cdot 0,1 - 0,7 \cdot 33,4) = 1,04, \text{ м}^3/\text{кг}$$

Об'ємну частку кисню отримують множенням на масову частку O<sup>r</sup>/100 на конкретний об'єм кисню, що дорівнює  $22,4/32 = 0,7$  м<sup>3</sup>/кг.

Як уже зазначалося, в повітрі міститься близько 21% оксиду (за обсягом), тому кількість повітря, необхідне для повного згорання 1 кг палива, виглядає наступним чином:

$$V^0 = \left(\frac{100}{21}\right) V_{O_2}^0 = 0,0889C^r + 0,265 H^r + 0,033S^r - 0,033O^r, \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V^0 = \left(\frac{100}{21}\right) V_{O_2}^0 = 4,95, \text{ м}^3/\text{кг}$$

В результаті повного згорання палива утворюються газоутворюючі продукти, які складаються з CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O і N<sub>2</sub>. Оксиди вуглецю сірки - це найменші трьохатомні гази, які можна об'єднати і позначити RO<sub>2</sub> = CO<sub>2</sub> + SO<sub>2</sub>.

					<b>601НТ -11393600.ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Об'єм водяної пари, що утворюється при згорянні водню,  $V_{H_2O}^H$  визначається за стехіометричним рівнянням (2b), тобто при згорянні 1 моль водню ( $\mu_{H_2} = 2,02$  кг) утворюється 1 моль водяної пари (22,4 м<sup>3</sup>):

$$V_{H_2O}^H = (H^r \setminus 100)(22,4 \setminus 2,02) = 0,111H^r, \quad \text{м}^3/\text{кг}$$

$$V_{H_2O}^H = (H^r \setminus 100)(22,4 \setminus 2,02) = 0,111 \cdot 6,5 = 0,72,$$

Обсяг водяної пари, що утворюється при випаровуванні вологи, що входить до складу палива:

$$V_{H_2O}^W = (W^r \setminus 100)v_{H_2O} = 0,0124W^r, \quad \text{м}^3/\text{кг}$$

$$V_{H_2O}^W = 0,0124 \cdot 10 = 0,124 \text{ м}^3/\text{кг}$$

де  $v_{H_2O} = 22,4/18 = 1,24$  – питомий об'єм водяної пари, м<sup>3</sup>/кг.

Обсяг водяної пари, що вводиться з повітрям, залежить від теоретичного об'єму повітря  $V_o$  і його вологості .

Вологість повітря виражається в кг вологи на кг повітря. Щоб перевести кг повітря в м<sup>3</sup>, необхідно вираз помножити на щільність повітря  $\rho_v$ , а помноживши на питомий об'єм водяної пари  $v_{H_2O}$ , добитися перетворення масових часток пари в об'ємні фракції.

$$V_{H_2O}^{ПОВ} = V^o d_v \rho_v v_{H_2O} = V^o \cdot 0,01 \cdot 1,293 \cdot 1,24 = 0,0161V^o, \quad \text{м}^3/\text{кг}$$

$$V_{H_2O}^{ПОВ} = 0,0161 \cdot 4,95 = 0,0796, \quad \text{м}^3/\text{кг}$$

де  $d_v$  - вологість повітря (приймається  $d_v = 0,01$  кг вологи/кг повітря),

$\rho_v = 1,293$  кг/м<sup>3</sup> – щільність повітря при  $t = 0$  °С. В результаті теоретичний об'єм водяної пари становить:

$$V_{H_2O}^{ПОВ} = 0,111H^r + 0,0124W^r + 0,0161V^o$$

$$V_{H_2O}^{ПОВ} = 0,111 \cdot 6,5 + 0,0124 \cdot 10 + 0,0161 \cdot 4,95 = 0,92$$

Загальний теоретичний обсяг продуктів згорання:

					<b>601HT -11393600.ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

$$V_{\Gamma}^0 = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0$$

$$V_{\Gamma}^0 = 0,91 + 5,74 + 0,92 = 7,57 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Визначення об'ємної кількості та складу продуктів горіння при  $a = 1,27$

Кількість  $V_{RO_2}^0$  залишиться такою самою, як і при  $a = 1$ :

$$V_{RO_2}^0 = 0,91 \text{ м}^3 / \text{кг} ;$$

Теоретична витрата сухого атмосферного повітря дорівнюватиме:

$$L^{c.n} = (1 + k) V_{O_2}^0 \quad (3.16)$$

$$L^{c.n} = (1 + 3,76) \times 1,04 = 4,95 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Теоретична витрата вологого повітря:

$$L^{b.n} = (1 + 0,00124g^{e.n}) V_{O_2}^0 \quad (3.17)$$

$$L^{b.n} = (1 + 0,00124 \times 13,9) 4,95 = 5,03 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Загальний обсяг продуктів горіння при  $a = 1,27$ :

Дійсна витрата вологого повітря:

$$L^{e.n} = aL^{b.n} \quad (3.18)$$

$$L^{e.n} = 1,27 \times 5,03 = 7,39 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Кількість водяної пари збільшиться за рахунок вологи надлишкового повітря:

$$V_{\delta}^{H_2O} = V^{H_2O} + 0,00124g^{c.n} (a - 1)L^{c.n} \quad (3.24)$$

$$V_{\delta}^{H_2O} = 0,0796 + 0,00124 \times 13,9 \times (1,27 - 1) \times 4,95 = 0,102 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

За рахунок надлишкового повітря збільшиться і кількість азоту:

$$V_{\delta}^{N_2} = V^{N_2} + k (a - 1) V_{O_2}^0 \quad (3.25)$$

$$V_{\delta}^{N_2} = 5,74 + 3,76 \times (1,27 - 1) \times 1,04 = 6,79 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

У продуктах горіння з'явиться вільний кисень надлишкового повітря:

$$V_{O_2}^{над} = (a - 1) \times V_{O_2}^0 \quad (3.26)$$

$$V_{O_2}^{над} = (1,27 - 1) \times 1,04 = 0,28 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Загальний обсяг продуктів горіння при  $a = 1,27$ :

$$V_{\delta} = V_{\delta}^{RO_2} + V_{\delta}^{H_2O} + V_{\delta}^{N_2} + V_{O_2}^{над} \quad (3.27)$$

$$V_{\delta} = 0,91 + 0,102 + 6,79 + 2,02 + 0,28 = 10,1 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393600.ДП				

### 3.3 Розрахунок емісій паливних брикетів

Продукти згоряння і розрахунки мають вирішальний вплив на енергетичні та екологічні показники різних теплотехнічних установок.

Однак, крім цих продуктів, при згорянні утворюється ряд інших речовин, які в силу своєї малої кількості не враховуються в енергетичних розрахунках, а визначають екологічні показники печей, печей, теплових двигунів та інших пристроїв сучасної теплотехніки.

Перш за все, до числа шкідливих для навколишнього середовища продуктів горіння слід віднести так звані токсичні гази.

Токсичні речовини – це речовини, які чинять негативний вплив на організм людини і навколишнє середовище. Основними токсичними речовинами є оксиди азоту (NOx) і чадний газ (CO).

Оксиди азоту. При згорянні палив в основному утворюється оксид азоту NO, який потім в атмосфері окислюється до NO<sub>2</sub>.

Освіта NO збільшується з температурою газів і концентрацією кисню і не залежить від вуглеводневого складу палива.

В атмосфері NO<sub>2</sub> є червонувато-коричневим газом із задушливим запахом у великих концентраціях. NO<sub>2</sub> негативно впливає на слизові оболонки очей і

Чадний газ (CO) утворюється при згорянні при нестачі кисню або при дисоціації CO<sub>2</sub>. Основний вплив на утворення CO надає склад суміші: чим він багатший, тим вище концентрація CO.

При вдиханні разом з повітрям чадний газ інтенсивно з'єднується з гемоглобіном крові, що знижує її здатність постачати організм киснем. Симптоми отруєння газом CO включають головний біль, прискорене серцебиття, утруднене дихання та нудоту.

Визначаємо масовий викид золи, г/с:

$$M_3 = 0,012 \cdot B \cdot \alpha_B \left( A^P + q_4 \frac{Q_H^P}{32,68} \right) \cdot (1 - \eta_3)$$

					601HT-11393600.ДП	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_3 = 0,012 \cdot 149,4 \cdot 0,25 \left( 1,0 + 0,5 \frac{18,463}{32,68} \right) \cdot (1 - 0,8) = 0,1149$$

де  $\alpha_e$  Частка паливної золи, що виноситься газами

$\eta_3$  – частка твердих частинок, що вловлюються в зольнику;

$q_4$  – втрати тепла від механічної неповноти згоряння палива; Визначте кількість оксидів сірки в перерахунку на SO<sub>2</sub>, г/с:

$$M_{SO_2} = 0,02B \cdot S^p (1 - \eta'_{SO_2})(1 - \eta''_{SO_2})$$

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 149,4 \cdot 0,1(1 - 0,2)(1 - 0) = 0,239$$

$\eta'_{SO_2}$ - частка оксидів сірки, що зв'язуються в газоході котла внаслідок реакцій, що протікають в мінеральній частині палив;

$\eta''_{SO_2}$ - Частка оксидів сірки, що уловлюються в золобірнику. Це функція зниженої сірчистості палива.

Визначити кількість оксидів азоту, що викидаються в атмосферу з димовими газами котельних установок, г/с:

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot K \cdot B \cdot Q_H^p \cdot \left( 1 - \frac{q_4}{100} \right) \cdot (1 - \varepsilon_1 \cdot r) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_1$$

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot 0,919 \cdot 149,4 \cdot 18,463 \cdot \left( 1 - \frac{0,5}{100} \right) \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 0,648 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,0000232$$

де  $\varepsilon_1$  – коефіцієнт, який характеризує ефективність рециркуляції газу в залежності від умов їх подачі в піч, %;

$\varepsilon_2$  – коефіцієнт зниження викидів оксидів азоту, у відсотках;

$r$  - ступінь рециркуляції димових газів, %;

$\beta_1$  – коефіцієнт, який враховує вплив на вихід оксидів азоту як зрідженого палива, %;

$\beta_2$  – коефіцієнт з урахуванням конструкції пальників, відсотків;

$\beta_3$  – коефіцієнт з урахуванням виду відведення шлаку, %.

Таблиця 3 Викиди шкідливих речовин

					<b>601НТ -11393600.ДП</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип викидів	Одиниці виміру, г/год
Масовий викид летючої золи	0,1149
Кількість оксидів сірки в перерахунку на SO <sub>2</sub>	0,239
Оксиди азоту в перетворенні на NO <sub>2</sub>	0,0000232

### 3.4 Розрахунок емісій вугілля

Вихідні дані

Паливо –вугілля камяне Коломийське

Склад палива:

W<sub>p</sub>= 33%; A<sub>p</sub> = 6,0%; S<sub>k</sub> = 0,2%; S<sub>op</sub> = 0,2%; C<sub>p</sub> = 43,7%; H<sub>p</sub> = 3%; N<sub>p</sub> =4,6%;  
O<sub>p</sub>=13,5;

Нижча теплотворна здатність вугілля : Q<sub>H</sub>= 15,67 МДж/кг. або 4,35 кВт год  
Максимальна витрата палива, кг/год.

$$B = \frac{658}{4.35 \cdot 0,86} = 175,8 \text{ кг/год}$$

Визначаємо масовий викид золи, г/год:

$$M_3 = 0,012 \cdot B \cdot \alpha_B \left( A^p + q_4 \frac{Q_H^p}{32,68} \right) \cdot (1 - \eta_3)$$

$$M_3 = 0,012 \cdot 175,8 \cdot 0,25 \left( 6,0 + 0,5 \frac{15,67}{32,68} \right) \cdot (1 - 0,8) = 0,6581$$

де  $\alpha_B$  Частка паливної золи, що виноситься газами

$\eta_3$  – частка твердих частинок, що вловлюються в зольнику;

$q_4$  – втрати тепла від механічної неповноти згорання палива; Визначте кількість оксидів сірки в перерахунку на SO<sub>2</sub>, г/год:

$$M_{SO_2} = 0,02B \cdot S^p (1 - \eta'_{SO_2}) (1 - \eta''_{SO_2})$$

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 175,8 \cdot 0,2 (1 - 0,2) (1 - 0) = 0,5625$$

$\eta'_{SO_2}$ - частка оксидів сірки, що зв'язуються в газоході котла внаслідок реакцій, що протікають в мінеральній частині палив;

					601НТ -11393600.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

$\eta''_{so_2}$  - Частка оксидів сірки, що уловлюються в золозбірнику. Це функція зниженої сірчистості палива.

Визначити кількість оксидів азоту, що викидаються в атмосферу з димовими газами котельних установок, г/с:

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot K \cdot B \cdot Q_H^p \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot (1 - \varepsilon_1 \cdot r) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_1$$

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot 0,919 \cdot 175,8 \cdot 15,67 \cdot \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 0,648 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,0000232$$

де  $\varepsilon_1$  – коефіцієнт, який характеризує ефективність рециркуляції газу в залежності від умов їх подачі в піч, %;

$\varepsilon_2$  – коефіцієнт зниження викидів оксидів азоту, у відсотках;

$r$  - ступінь рециркуляції димових газів, %;

$\beta_1$  – коефіцієнт, який враховує вплив на вихід оксидів азоту як зрідженого палива, %;

$\beta_2$  – коефіцієнт з урахуванням конструкції пальників, відсотків;

$\beta_3$  – коефіцієнт з урахуванням виду відведення шлаку, %.

Таблиця 3 Викиди шкідливих речовин

Тип викидів	Одиниці виміру, г/год
Масовий викид летючої золи	0,6581
Кількість оксидів сірки в перерахунку на SO <sub>2</sub>	0,5625
Оксиди азоту в перетворенні на NO <sub>2</sub>	0,0000232

# РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

## 4.1 Теплова схема котельні

Теплову схему котельні розробляють відповідно до технічних вимог споживачів, що приєднуються, та рекомендацій провідних виробників обладнання для котелень і включають в себе все перераховане нижче:

- контури котлів;
- системи управління теплоносіями та подачі в теплову мережу;
- системи гарячого водопостачання;
- системи хімводопідготовки;
- системи подачі гарячого водопостачання;

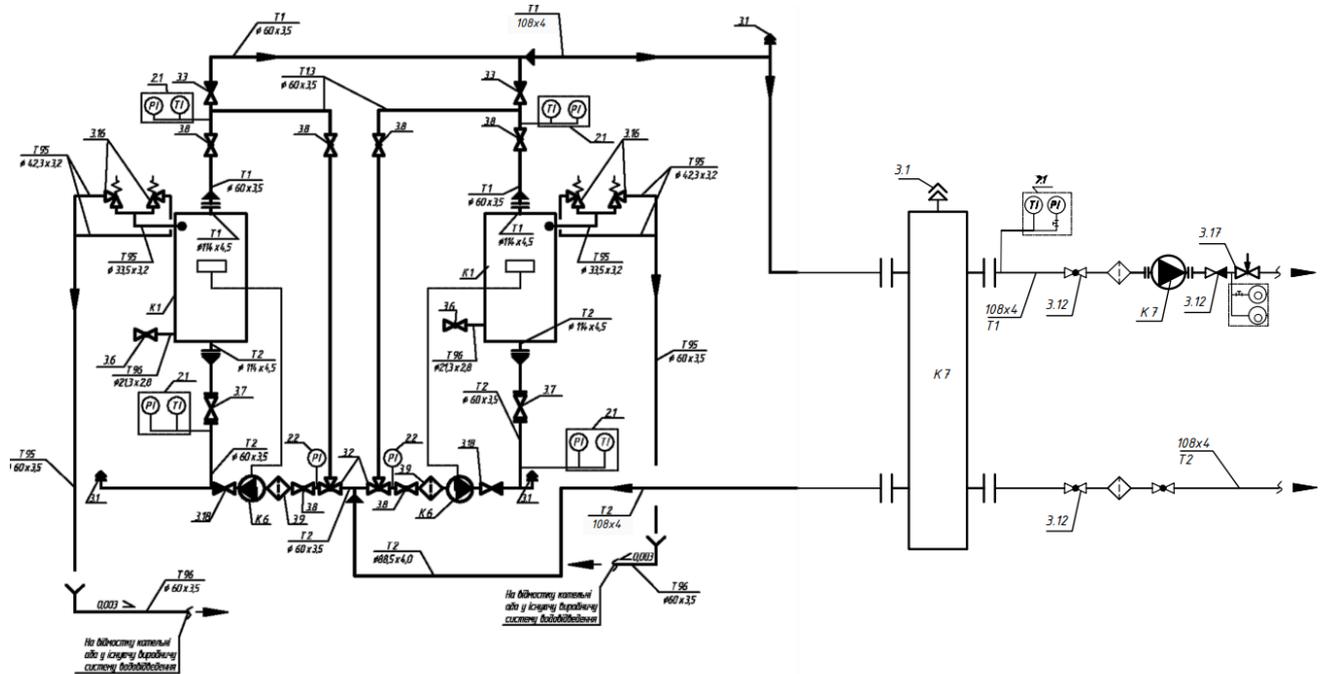


Рис.11 Теплова схема котельні

Контур циркуляції теплоносіїв з використанням системи котлів-гідравлічних розподілювачів. Контур обладнаний гідравлічною стрілкою. Заповнення та підживлення контуру здійснюється за допомогою системи підживлення. Теплове розширення теплоносія компенсується мембраною на стороні розширення системи підживлення. Система управління відпуску теплової енергії контролює передачу тепла в контури за схемою теплова мережа - гідравлічна стрілка - теплова мережа - споживачі тепла на опалення та

										Арк.
										10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ-11393600.ДП					

вентиляцію. Система регулює подачу теплоносія в теплову мережу замкнутим способом

Температурний режим відпуску теплової енергії 95/70°C з поступовим зниженням температури подачі в залежності від зовнішньої температури. Витрата теплоносія в тепловій мережі постійна.

Регулювання теплопостачання має високу точність. Система теплоносія системи гарячого водопостачання є циркуляційним контуром на основі системи пластинчастих теплообмінників типу «гідравлічний сепаратор-вода-вода» що розташовується в кожному будинку . Значення температури постійне. Теплоносій циркулює за допомогою циркуляційного (робочого/резервного) насоса. Регулювання температури гарячої води має високу якість. Наповнення та перезаряджання контуру здійснюється за допомогою системи заряджання. Компенсація теплового розширення Теплове розширення охолоджувальної води компенсується вибраним розширювальним баком у системі підживлення.

Система хімічної водопідготовки - ця система призначена для збирання, зберігання та обробки поживної води перед роботою казана. Система живильної води - Система живильної води призначена для заповнення системи котельної та приєднаної теплової мережі теплоносіями, автоматично підтримуючи статичний тиск у заданому діапазоні, так пенсуючи теплове розширення теплоносіїв у системі котельної, теплової мережі та системі споживача. Система призначена для використання. До складу системи входять два (робочого/резервного) насоса, що підкачують, там мембранний розширювальний пакет. Система подачі холодної води для приготування гарячої води включає подачу води до теплообмінника і технічний облік води, що враховує гарячу воду, що подається споживачеві. Система подачі гарячої води до споживача – система трубопроводів для подачі гарячої води від теплообмінника до теплої мережі. Система подачі гарячої води до споживача є незалежною.

Система циркуляції гарячої води – теплообмінник – теплова мережа – циркуляційний контур за схемою споживача гарячої води. Циркуляція гарячої води забезпечується циркуляційними (робочими/резервними) насосами.

					<b>601НТ -11393600.ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Наповнення та підтримання тиску в трубах подачі та повернення гарячої води в тепломережі та будинках споживачів залежить від тиску у міській водопровідній мережі.

#### **4.2 Повірочний гідравлічний розрахунок двотрубної водопровідної мережі**

Метою повірочного розрахунку є визначення втрат тиску на ділянках трубопроводів двотрубної водопровідної мережі і наявних напорів на вводах тепла споживачів. Методика розрахунку призначена для існуючої мережі (відомі діаметри трубопроводів і витрати теплоносія по ділянках). Складаємо конструктивну схему теплової мережі з нанесенням на графік довжин і діаметрів трубопроводів, місцевих опорів і розрахункових витрат теплоносіїв для всіх ділянок мережі (див. рис. 2).

Кількість секцій на схемі буде залежати від кількості трубопроводів з постійною витратою води, таких ділянок буде чотирнадцять. Нумерація ділянок проводиться з кінця (ділянка без попередників) і закінчується ділянкою, найближчою до джерела тепла, тобто котельнею. Витрата води розраховується, починаючи з кінцевих ділянок. Далі розраховується витрата для тих ділянок, які передують торцевим ділянкам.

Отримана витрата є останньою ділянкою – яка визначає початок роботи опалювальної мережі. Для наведеної вище схеми конструкції враховуємо вигини, клапани, напрямки руху води в проході і відгалуженні трійника при поділі потоку, переходи з одного діаметра труби на інший в якості місцевих опорів. Для визначення місцевих опорів трубопроводів теплової мережі використовуємо [7., Р15.1.]. Дані занесені в таблицю 1.11.

					<b>601НТ -11393600.ДП</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

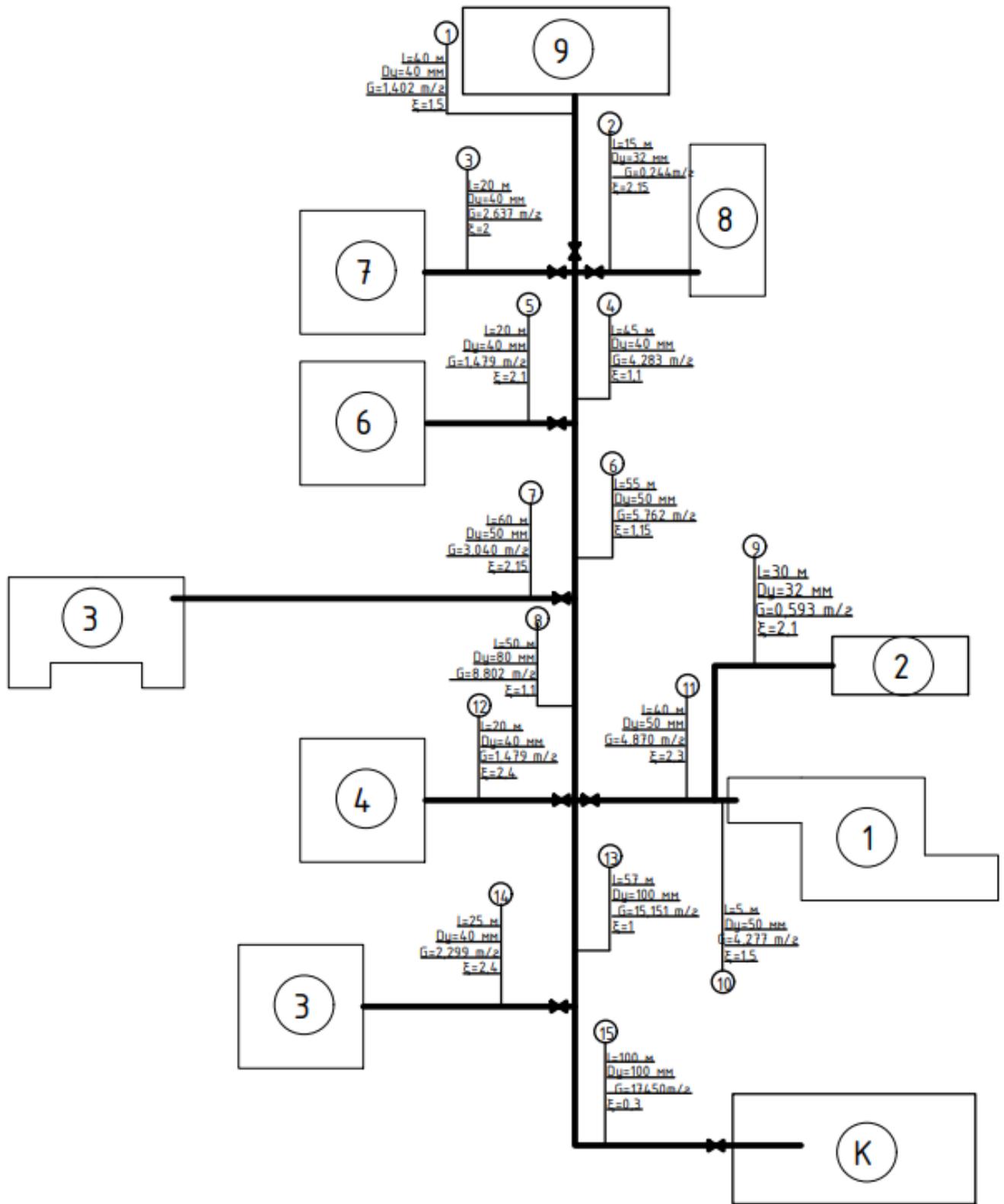


Рис.1 Схема теплової мережі

					601HT -11393600.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Таблиця 1.11. Розрахунок місцевих коефіцієнтів опору теплової мережі

№ діл.	D <sub>діл</sub> , мм	D <sub>пред.уч.</sub> , мм	F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub>	Засувка /кран	Кут поворот	Трійник на прохід	Трійник на відгалуження	Звуження	Разом
1	40	40	1,0	0,5		1			1,5
2	32	40	2,6	0,5			1,5	0,15	2,15
3	40	40	1,0	0,5			1,5		2
4	40	50	1,6			1		0,1	1,1
5	40	50	1,6	0,5			1,5	0,1	2,1
6	50	80	2,6			1		0,15	1,15
7	50	80	2,6	0,5			1,5	0,15	2,15
8	80	100	1,6			1		0,1	1,1
9	32	50	4,0		0,3		1,5	0,3	2,1
10	50	50	1,0	0,5		1			1,5
11	50	100	4,0	0,5			1,5	0,3	2,3
12	40	100	6,3	0,5			1,5	0,4	2,4
13	100	100	1,0			1			1
14	40	100	6,3	0,5			1,5	0,4	2,4
15	100	-			0,3				0,3

На основі розрахункової схеми складаємо файл з вихідними даними для проведення повірного гідравлічного розрахунку за допомогою комп'ютера [9]. Назва програми – GIDR. Мова програмування – Pascal.

1. числові значення цілого виду (кількість і номери ділянок теплової мережі, кількість попередніх ділянок, наявність ліфтів у споживачів, приєднаних до кінцевих ділянок);
2. числові значення фактичного типу (характеристики перетину: внутрішній діаметр трубопроводу, довжина, еквівалентний коефіцієнт шорсткості, сума місцевих коефіцієнтів опору, витрата води в мережі, падіння напору у внутрішніх системах споживачів);
3. Масиви цілочисельних елементів (номери попередніх посилок).

Таблиця введення

N Діл.	Діаметр dy	Довжина L	Сум. коэф. лок.сопр.	Витрати Gсв	Швидкість w
-	м	м	-	т/год	м/с
1	0.040	40.0	1.5	1.402	0.368
2	0.032	15.0	2.2	0.244	0.130
3	0.040	20.0	2.0	2.637	0.450
4	0.040	45.0	1.1	4.283	0.901
5	0.040	20.0	2.1	1.479	0.450
6	0.050	55.0	1.1	5.762	0.865
7	0.050	60.0	2.2	3.040	0.658
8	0.080	50.0	1.1	8.802	0.595
9	0.032	30.0	2.1	0.593	0.243
10	0.050	5.0	2.3	4.277	0.917
11	0.050	40.0	1.5	4.870	1.016
12	0.040	20.0	2.4	1.479	0.707
13	0.100	57.0	1.0	15.151	0.748
14	0.040	25.0	2.4	2.299	0.796
15	0.100	100.0	0.3	17.450	0.875

Під час виконання програми створюється вихідний файл з результатами в табличному вигляді. Результати розрахунків виводяться у вихідний файл (див. Таблиці 1.12-1.13). У таблиці 1 наведені основні геометричні характеристики, витрата і швидкість руху води на ділянках. У таблиці 2 наведені втрати напору на секціях сумарно від джерела теплопостачання, наявні втрати напору в кінці секцій.

Таблиця результатів гідравлічного розрахунку

№ діл.	R ,	$\Delta P_{л}$ ,	$\Delta P_{м}$ ,	$\Delta P_{заг}^{п}$	$\Delta P_{заг}^{п+зв}$ ,	$\sum \Delta P_{заг}^{п+зв}$	$\sum \Delta P_{заг}^{п+зв}$
	м. вод.ст	м. вод.ст	м.в.ст	м. вод.ст	м. вод.ст	Від початку м. в.ст	В кінці ділянки м. в.ст
1	8.14	0.326	0.010	0.336	<b>0.672</b>	13.474	6.526
2	1.45	0.022	0.002	0.024	0.047	12.849	7.151
3	12.11	0.242	0.021	0.263	0.526	13.327	6.673
4	46.63	2.099	0.045	2.144	4.288	12.802	7.198
5	12.11	0.242	0.022	0.264	0.528	9.041	10.959
6	32.22	1.772	0.044	1.816	3.632	8.514	11.486
7	18.65	1.119	0.047	1.166	2.333	7.214	12.786
8	8.65	0.433	0.020	0.452	0.905	4.881	15.119
9	4.84	0.145	0.006	0.152	0.303	8.082	11.918
10	36.22	0.181	0.098	0.279	0.559	8.338	11.662
11	44.51	1.780	0.121	1.901	3.802	7.779	12.221
12	28.77	0.575	0.061	0.636	1.273	5.249	14.751
13	10.04	0.572	0.028	0.601	1.202	3.977	16.023
14	36.43	0.911	0.077	0.988	1.976	4.751	15.249
15	13.76	1.376	0.012	1.387	2.775	2.775	17.225

### 4.3 Побудова п'єзометричного графіка

За результатами гідравлічного розрахунку будуємо п'єзометричний графік головної магістралі для ділянок No 1, 4, 6, 8, 13, 15 (див. рис. 2). На горизонтальній осі графіка наносимо довжину мережі в метрах, на вертикальній вісі в м вод.ст. :

Початкову точку 0 приймають в нейтральній точці у всмоктуючого трубопроводу магістрального насоса з таким розрахунком, щоб зворотна лінія розташовувалася на 3-5 м вище найвищих будівель. Оптимальна початкова точка – 16м.вод.ст. - горизонтальне розташування магістралі трубопроводу, найвища будівля становить 4 поверхи.

1. нанесемо висоту всмоктування мережевих насосів від осі трубопроводу: 16 м;
2. відкладаємо напір мережевих насосів  $\Delta h$  з урахуванням втрат напору в мережевих водонагрівачах ( $\Delta H = 15$  м вод.ст.);
3. За результатами гідравлічних розрахунків (табл. 2) будуємо головні лінії в подаючому і зворотному трубопроводах основної лінії;

- визначити величини, за якими ми будемо будувати напірні лінії; для подавального трубопроводу: для зворотнього трубопроводу:15:

$$17,225+(2,775/2)+16 =34,611 \text{ м}$$

$$16+1,387 = 17,387 \text{ м}$$

$$13: 16,023+(3,977/2)+16 =34,012 \text{ м}$$

$$17,387+0,601= 17,988 \text{ м}$$

$$8: 15,119+(4,881/2)+16 =33,56 \text{ м}$$

$$17,988+0,452=18,44 \text{ м}$$

$$6: 11,486+(8,514/2)+16 =31,743 \text{ м}$$

$$18,44+1,816=20,256 \text{ м}$$

$$4: 7,198+(12,802/2)+16 =29,599 \text{ м}$$

$$20,256+2,144=22,4 \text{ м}$$

$$1: 6,256+(13,474/2)+16 =28,993 \text{ м}$$

$$22,4+0,336=22,736 \text{ м}$$

на графіку показуємо значення наявних напорів (перепади тиску);

Результати розрахунку значень напору наведені в п'єзометричному графіку напору теплової мережі наведеного на рис. 1

					<b>601НТ -11393600.ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

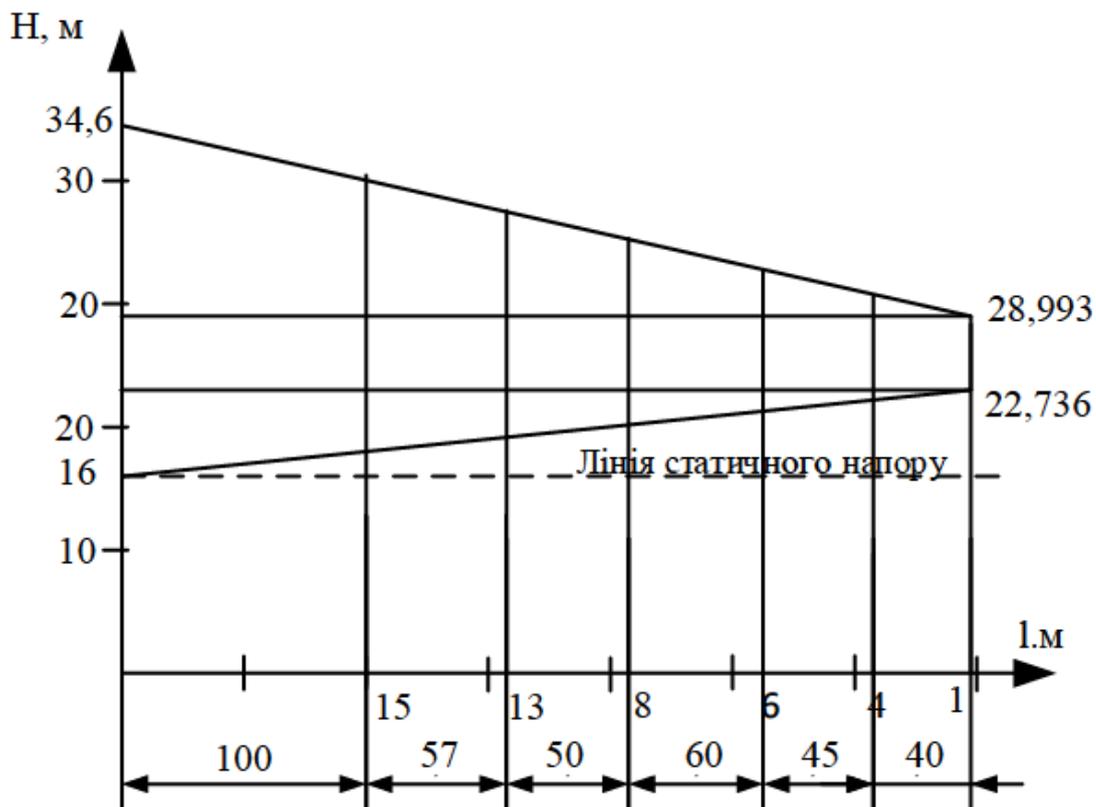


Рис.1 П'єзометричний графік напору теплової мережі

Виберіть величину статичного тиску і накресліть лінію статичного напору на п'єзометричному графіку.

Необхідний наявний напір мережевих насосів визначається за формулою:

$$\Delta H_{\text{сн}} = \Delta H_{\text{тпу}} + \Delta H_{\text{рс}} + \Delta H_{\text{вв}}, \text{ мв.ст.}, \quad (2.1)$$

где  $\Delta H_{\text{тпу}}$  – потери напора в подогревателях сетевой воды;

$\Delta H_{\text{рс}}$  – потери напора в расчетной магистрали тепловой сети, м в.ст.,  $\Delta H_{\text{вв}}$  – располагаемый напор на вводе потребителя, мв.ст.

$$\Delta H_{\text{сн}} = 15 + 34,611 = 49,611 \text{ м вод.ст.}$$

#### 4.4 Підбір магістральних і котельних насосів

В якості контурних насосів котла підібрано насос KSB Rio Z 80-100D

Насос KSB Rio без ущільнення з мокрим ротором без обслуговування з

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393600.ДП				

фланцевим або різьбовим з'єднанням і трьома ступенями швидкості; у подвійному виконанні (Rio Z) для режиму очікування з вбудованим зворотним клапаном або опціонально для підключення під час пікового навантаження при паралельній роботі.

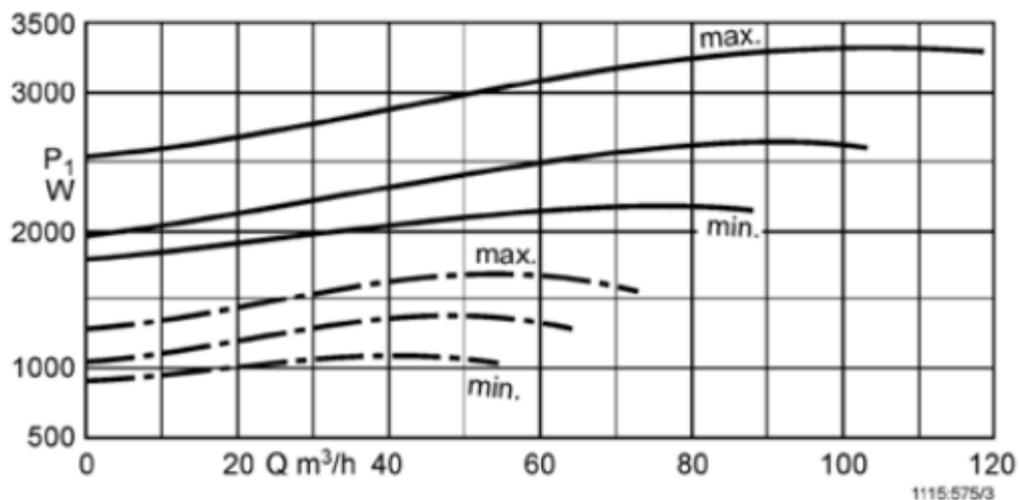
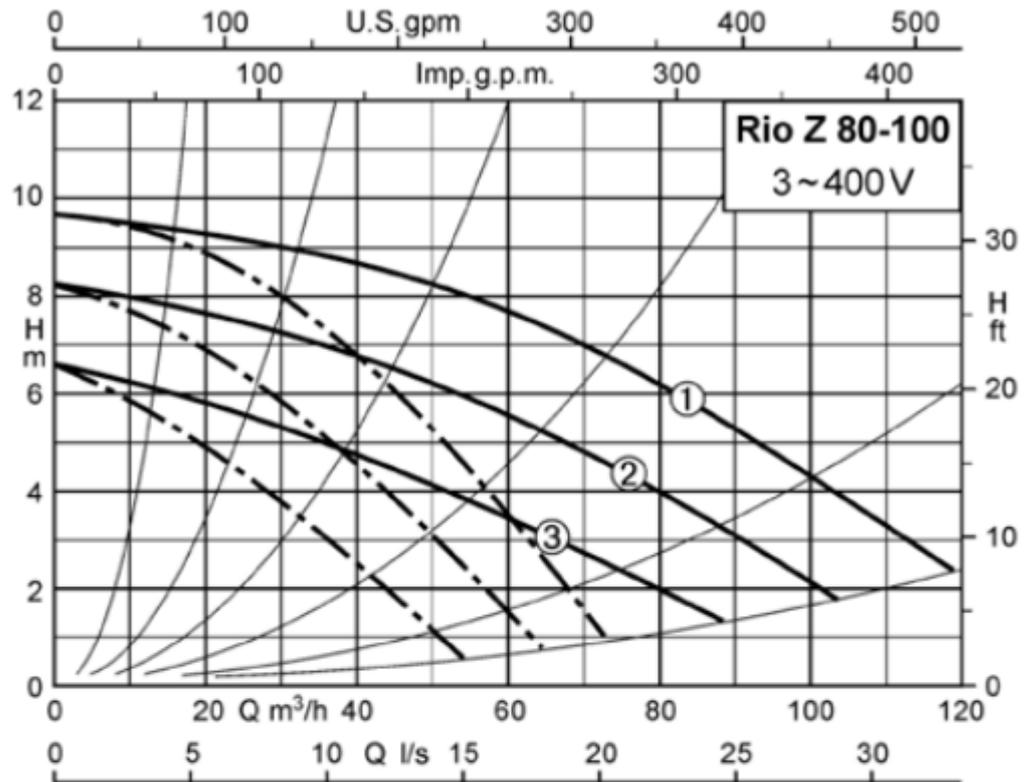


Рис.1 Графік продуктивності KSB Rio Z 80-100D

Контурні насоси котла KSB Rio Z 80-100D з напором до 10 метрів і



- Завжди і всюди доступні стандартні мотори (відповідно до специфікації Wilo) і стандартні ковзаючі торцеві ущільнення
- Зручний монтаж завдяки ніжкам з різьбовими отворами в корпусі насоса

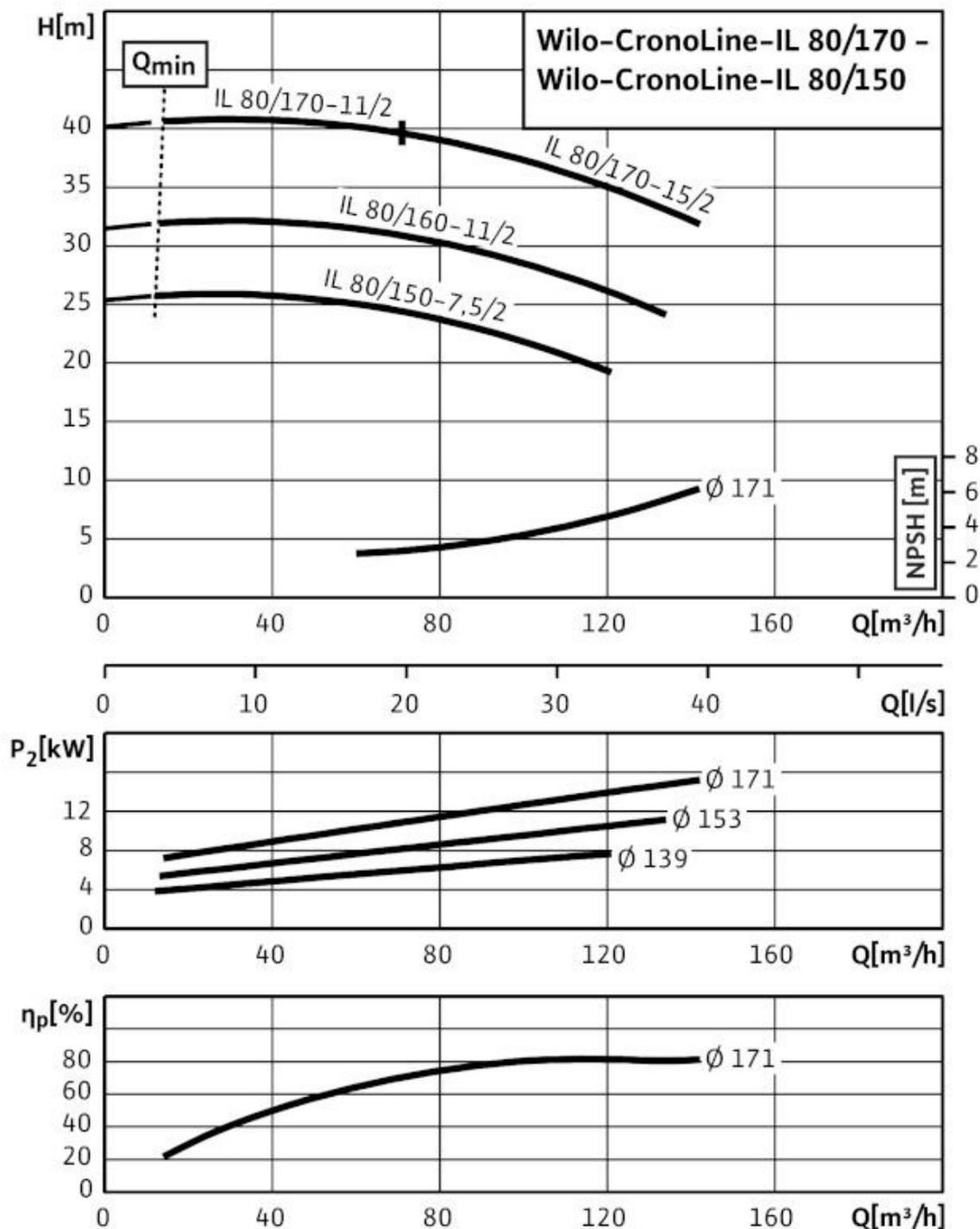


Рис.1 Графік продуктивності Wilo CronoLine-IL 80 / 160-11 / 2

Технічні характеристики:

					<b>601HT - 11393600.ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Рис.1 Загальний вид Wilo CronoLine-IL 80 / 160-11 / 2

Мережеві насоси Wilo CronoLine-IL 80 / 160-11 / 2з напором до 80 м і продуктивністю до 50 м<sup>3</sup>/год.

При необхідному напорі 49,611 м.вод.ст та витрата мережевої води 17,45 м<sup>3</sup>/год для насосів котла та мережевого контуру в межах регулювання системи управління продуктивністю насоса (частотний привід).

#### 4.5 Розрахунок і підбір тягодуттьових пристроїв

Подача повітря здійснюється вентилятором, а димові гази видаляються димососом.

Димососи працюють у більш складних умовах, ніж вентилятори, тому що висмоктують гази з вищою температурою, ніж повітря (до 250°C). Тому димососи забезпечують водяне охолодження підшипників і більш міцну конструкцію лопатей і кожуха. На рис.1 зображена схема встановлення димососів на газових трактах котельних агрегатів

					601HT -11393600.ДП	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

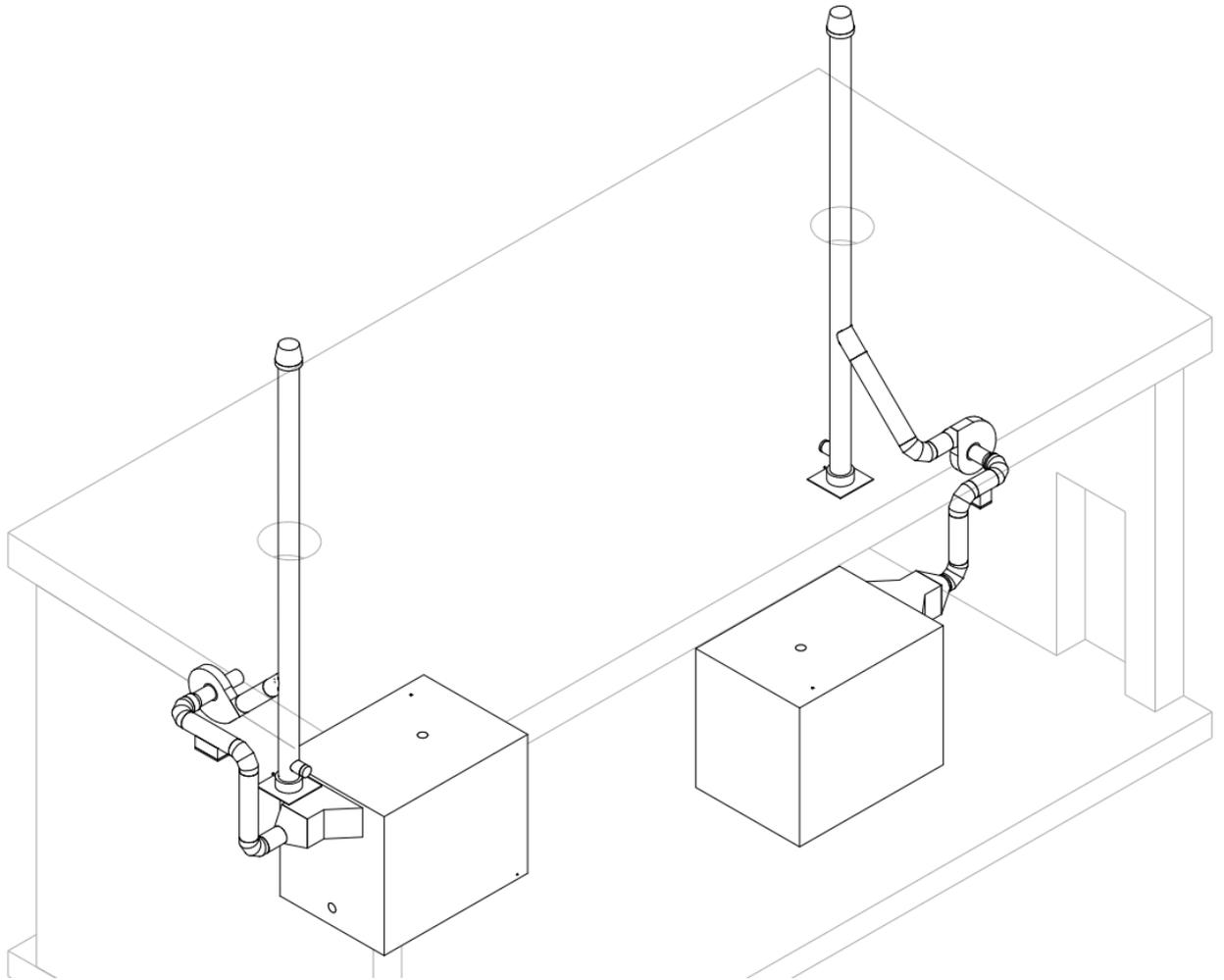


Рис.1 Схема встановлення димососів на газових трактах котельних агрегатів

Погодинна продуктивність одного димососа становить:

$$V_{\text{дим.}} = \frac{1.1 \cdot B \cdot V_m \cdot (t_g + 273)}{273} \quad (34)$$

$B$  – Годинна витрата палива одного котла при номінальній паропроductивності, кг/год;

$V_m$  – обсяг димових газів перед димососом;

$\alpha_k$  – коефіцієнт всмоктування повітря за котлом;

$V_o^z$  – теоретичний обсяг димових газів;

$V_o$  – теоретично необхідний обсяг повітря;

$$V_{\text{дим.}} = \frac{1.1 \cdot 149,4 \cdot 10,1 \cdot (240 + 273)}{273} = 3\,119 \text{ м}^3/\text{год}$$

					<b>601HT -11393600.ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

У котельні буде встановлено 2 димососи бренду Д-3,5м-1500.

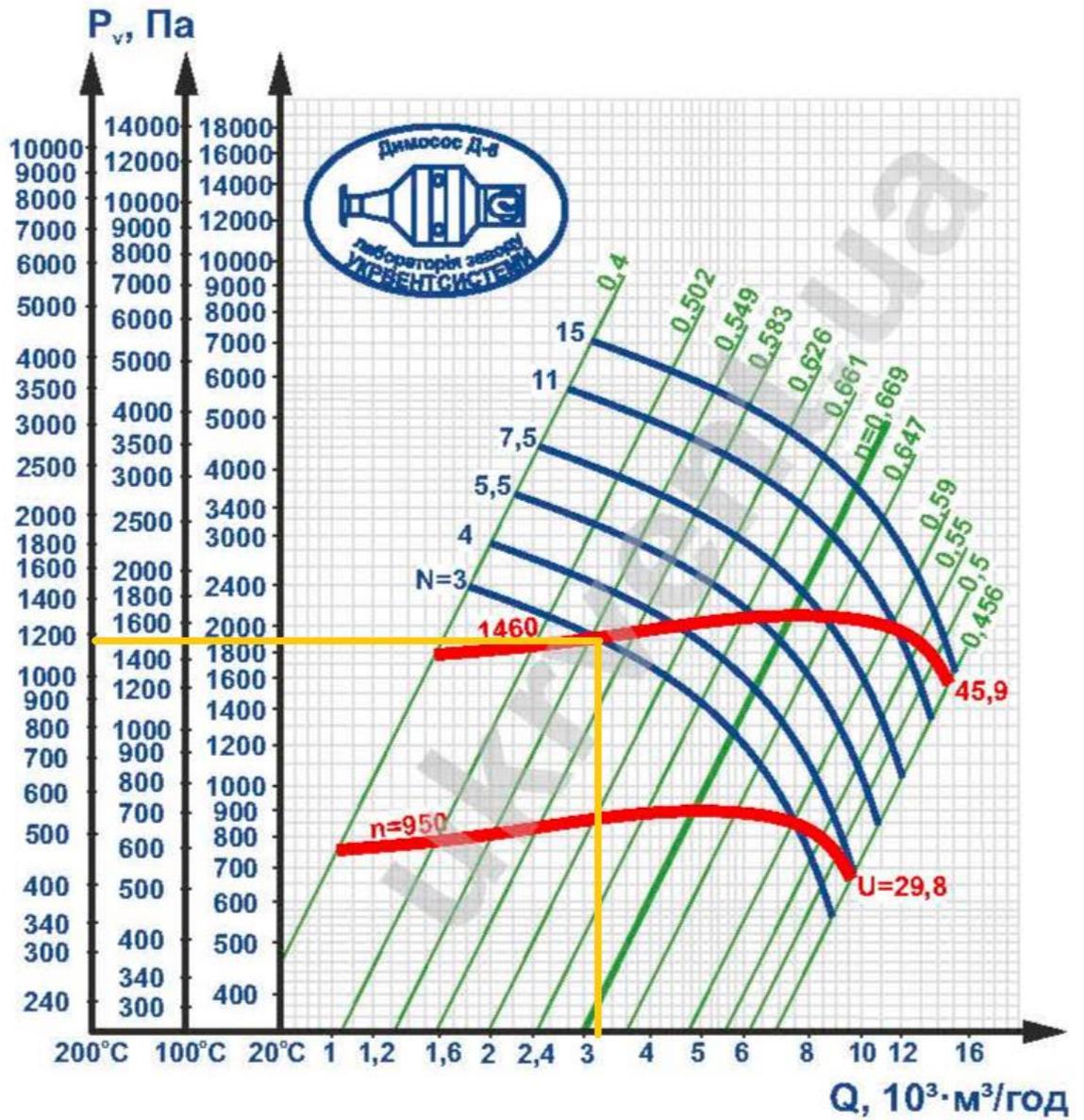


Рис.1 Графік продуктивності димососу Д-6.1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601HT-11393600.ДП

Арк.

10

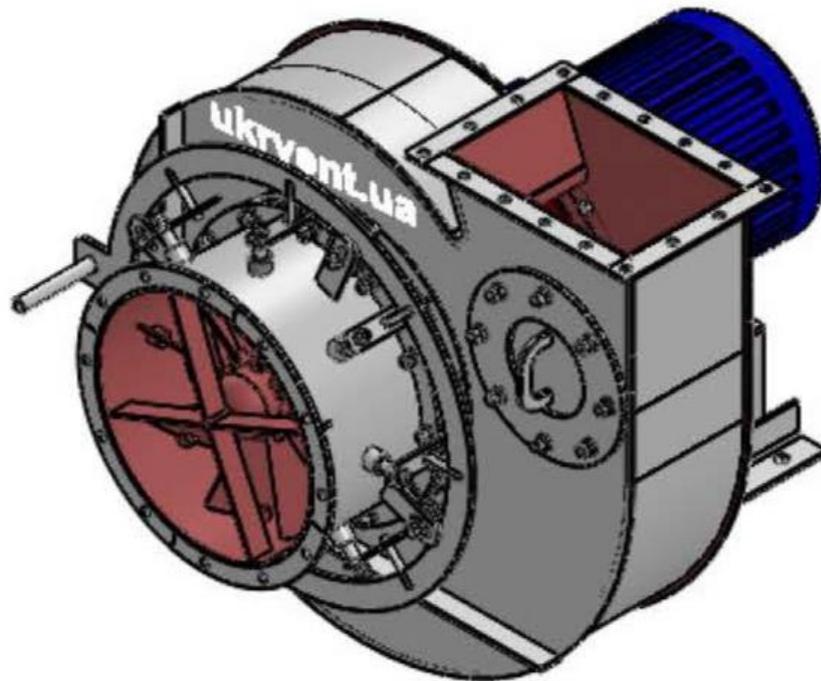


Рис1. Загальний вид димососу Д-6.1

Технічні характеристики димососу Д-6.1:

У димососу Д-6 продуктивність при max ККД: 4830 м<sup>3</sup>/год

Потужність двигуна: 1,0 кВт;

Тиск: 1180 Па;

Габаритні розміри: 692x585x690 мм;

Вага: 100 кг.

Для забезпечення якісного змішування повітря та палива що в свою чергу забезпечує повноту згоряння палива, в задній частині корпусу котла влаштовані 2 канали для встановлення дуттьових вентиляторів

Погодинна продуктивність вентиляторів становить:

$$V_{вен.} = \frac{1.1 \cdot \alpha_t \cdot V_o \cdot B \cdot (t_n + 273)}{273} \quad (38)$$

$\alpha_t$  – коефіцієнт надлишку повітря в топці;

$t_n$  – температура повітря перед вентилятором;

$$V_{вен.} = \frac{1.1 \cdot 1.26 \cdot 4,95 \cdot 149,4 \cdot (20 + 273)}{273} = 1100 \text{ м}^3/\text{год}$$

У котельні буде встановлено 2 котельних агрегати "Alter" Мах-700 в

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393600.ДП				

кожному з яких встановлені від заводу виробника вентилятори Dospel WBS 315.

Технічні характеристики вентилятора Dospel WBS 315.:

Продуктивність: 1200 м<sup>3</sup>/год;

Потужність двигуна: 0,04 кВт;

Вага: 5 кг.

Промислові вентилятори Dospel WB-S можуть бути підключені до регуляторів швидкості PH 300 або RP 300, завдяки чому можна легко адаптувати режим роботи вентилятора до необхідних параметрів що необхідно підтримувати в котельному агрегаті.

#### 4.6 Розрахунок і підбір димоходу

У котельнях зазвичай встановлюють залізобетонні, цегляні та металеві одностовольні труби з вентиляційним зазором.

Висота і діаметр гирла труби підлягають розрахунку. Висота над рівнем залежить від обсягу димових газів і від концентрації в них SO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub>.

Висота труби:

$$H = P_n \sqrt{A \cdot F \cdot m \cdot n \left( \frac{M_{SO_2}}{ПДК_{SO_2}} + \frac{M_{NO_x}}{ПДК_{NO_x}} \right) \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{V_{CEK} \cdot \Delta T}}}, \text{ м}, \quad (43)$$

де:  $P_n$  - коефіцієнт в залежності від конструкції труби. Для одностовольних труб  $P_n = 1$ ;

$A$  – коефіцієнт в залежності від географічного розташування котельні = 200;

$F$  - коефіцієнт, що враховує швидкість осадження токсичних викидів.

$F_{SO_2, NO_x} = 1$ ;

$m$  – коефіцієнт в залежності від швидкості викиду димових газів з гирла каналу димоходу.  $W_{opt.} = 12,0$  м/с (швидкість викиду димових газів), тоді  $m = 0,85$ ;

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ - 11393600.ДП				

$V_{\text{СЕК.}}$  - Секундна витрата димових газів, м<sup>3</sup>/с:

$$V_{\text{СЕК.}} = \frac{12,09 \cdot 73,1 \cdot 2}{3600} = 0,49 \text{ } 0,86 \text{ м}^3/\text{с} \quad (44)$$

$n_k$  - Кількість котлів на димохід.  $n_k = 1$

$\Delta T$  - різниця між температурою вихлопних газів і середньою температурою найспекотнішого місяця опівдні

$$\Delta T = V_{\text{від}} - \text{тж.м.} \quad (45)$$

$t_{\text{ж.м}}$  - Температура найспекотнішого місяця опівдні

$$\Delta T = 190 - 24,2 = 165,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ГДК SO<sub>2</sub> = 0,035 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>

ГДК CO = 0,21 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>

$B_{\text{СЕК.}}$  - секундна витрата палива.

$$H = 1 * \sqrt{200 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \left( \frac{0,239}{0,21} + \frac{0,0000232}{0,035} \right) \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{0,86 \cdot 165,8}}} = 6,08 \text{ м.}$$

Діаметр димової труби:

$$D_y = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{СЕК.}}}{W \cdot N \cdot \pi}} \text{ м} \quad (50)$$

$$D_y = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,86}{12,0 \cdot 1 \cdot 3,14}} = 0,302$$

Відповідно до рекомендацій вибирається металева труба:

H = 6,1 м; D<sub>y</sub> = 0,300 м

					<b>601НТ -11393600.ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

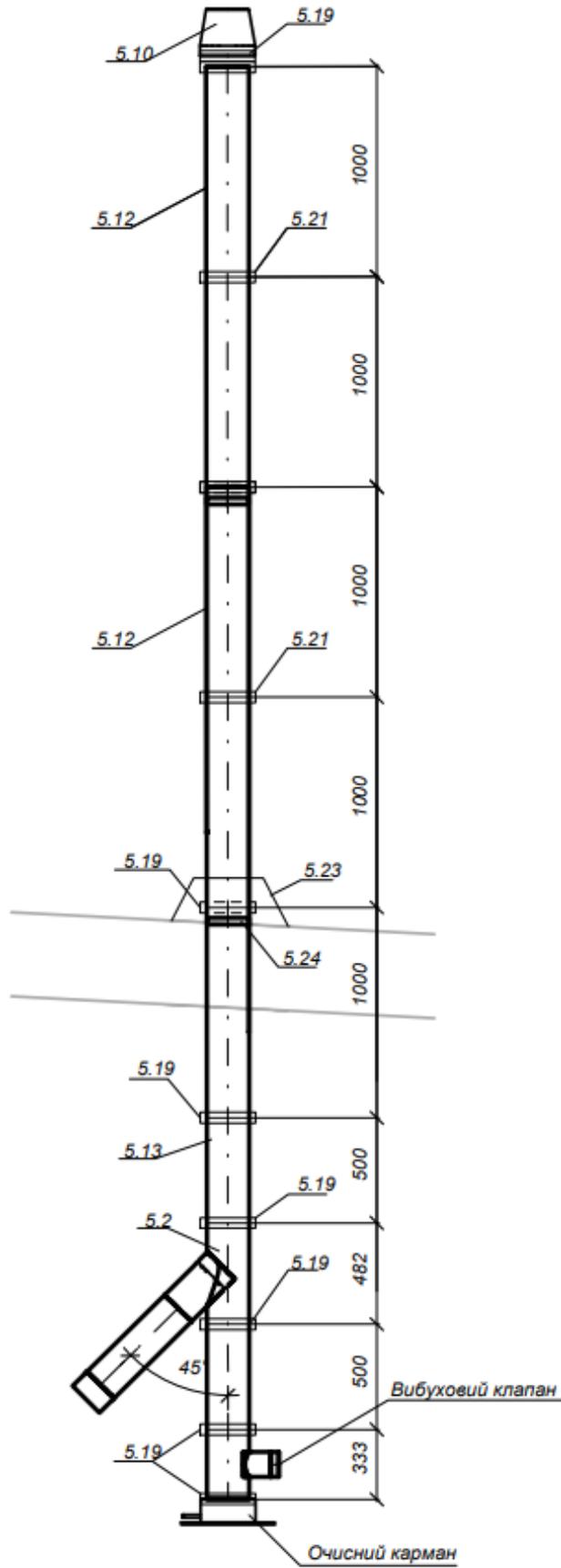


Рис1. Розгорнутий план газоходу

					601HT -11393600.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

#### 4.7 Розрахунок і підбір водоочисного обладнання

Вода з міського водопроводу містить розчинені солі та гази. Накип на стінках котлів утворюється в результаті випадання в осад розчинених у воді твердостей - кальцію і магнію.

Накип на стінках котлів знижує коефіцієнт теплопередачі і, отже, призводить до перевитрати палива. У топкової частини шар накипу може стати причиною перегріву стінки і виходу котла з ладу. Розчинені у воді гази - кисень і вуглекислий газ - викликають корозію стінок котла.

У паровій котельні пом'якшується початкова додаткова вода і вся живильна вода.

Для пом'якшення води використовується катіонний метод обміну. Пом'якшити воду, тобто знизити її жорсткість, означає видалити з неї накип.

Рекомендований метод катіонного обміну використовується в якості катіона натрію, катіона водню натрію і катіона амонію-натрію при передкотельній водопідготовці, коли більшість солей жорсткості перетворюється в солі з високим ступенем розчинності, і не утворюється осад.

Такі солі навіть при великій кількості їх у воді котла не досягнуть стану насичення в розчині і, отже, випадуть у вигляді кристалів накипу на стінках котла.

Таким чином, хімічна очистка води не позбавляє воду від солей, але змінює їх кількість і якість, що дає можливість позбутися від накипу при правильно організованому режимі роботи.

Фільтр Na-катіон підбирається за витратою хімічно очищеної води, розрахованої в тепловій схемі.

Іонообмінні протиточні фільтри першого ступеня застосовуються на водоочисних спорудах промислових і опалювальних котелень і призначені для водопідготовки з метою видалення з неї катіонів накипу ( $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ ) в процесі натрієво-водневого або амонійно-натрієвого катіона, а також сульфатних, хлоридних і нітратних аніонів в процесі опріснення природних вод.

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393600.ДП				

В якості фільтра першого ступеня в котельні буде встановлений фільтр ФІПа-1-1,5-0,6.

Технічні характеристики фільтра ФІПа-1-1,5-0,6

Діаметр 1,5 м;

Висота над рівнем моря 3 785 м;

Продуктивність 45 м<sup>3</sup>/год;

Робочий тиск 0,6 МПа;

Температура 40°С;

Вага 1,71 т.

Паралельні іонообмінні фільтри другого ступеня призначені для роботи в різних схемах установок глибокого і повного хімічного опріснення другого ступеня катіонування, катіонізації водню та аніонізації і застосовуються на водоочисних станціях промислових і опалювальних котелень. При використанні цих фільтрів в схемах глибокого опріснення з води видаляються практично всі катіони і аніони, за винятком кремнієвої кислоти, а при Використання в повних хімічних схемах опріснення також видаляється кремнієва кислота.

В якості фільтра для другого ступеня в котельні буде встановлений фільтр ФІПа-ІІ-1,0-0,6.

Технічні характеристики фільтра ФІПа-ІІ-1,0-0,6

Діаметр 1,0 м;

Висота 3,11 м;

Продуктивність 45 м<sup>3</sup>/год;

Робочий тиск 0,6 МПа;

температура 60°С;

Вага 1,25 т.

Друга пара таких же фільтрів буде резервною.

Двоступенева схема катіона Na.

Фільтр завантажений катіонним матеріалом - сульфокarbonем.

					<b>601HT -11393600.ДП</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вода, що підлягає очищенню, подається по трубах до фільтра першого ступеня і проходить зверху вниз через шар сульфокарбону. Після проходження початкової води через фільтр першого ступеня в фільтр другого ступеня надходить вода з жорсткістю 0,5 мекв/кг.

Під час регенерації катіонообмінні фільтри по черзі відключаються від роботи. Регенеративний розчин кухонної солі подається з резервуара з сольовим розчином по трубі і відводиться в дренаж. Швидкість пропускання регенераційного розчину становить 3 ÷ 5 м/год.

Кількість регенерацій фільтра за добу визначається за формулою:

$$n = \frac{A}{V_K * t * \sigma}$$

де А – кількість солей жорсткості, що підлягає видаленню, г-екв/добу; ВК - обсяг катіонного обміну в фільтрі;

σ - Робоча обмінна ємність сульфокарбону, г-екв/м<sup>3</sup>, т – час регенерації фільтра.

$A = 0,1 * Q * 24$ , де Q – продуктивність водоочисної станції, т/год.

$$n = \frac{0,1 * 45 * 24}{0,285 * 4 * 300} = 0,316$$

Міжрегенерацийний період фільтра:

$$T = \frac{N * 24}{n} = \frac{2 * 24}{0,316} = 152 \text{ год}$$

Тобто фільтр повинен регенеруватися не рідше одного разу на тиждень.

Процес регенерації включає в себе наступні операції:

Ослаблення катіонного обмінного обміну з вихідною водою відбувається знизу вгору.

Регенерація катіоніту відбувається зверху вниз.

Промивання катіонообмінника вихідною водою від продуктів регенерації.

					<b>601НТ -11393600.ДП</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Очищення Na-катіонного обмінного фільтра закінчується при зниженні жорсткості: після ступеня I до 0,5 мекв/кг; після стадії II до 0,02 мекв/кг.

Після очищення фільтр готовий до роботи в режимі пом'якшення. При роботі в режимі пом'якшення необхідно стежити: за перепадом тиску, створюваного фільтром; якість пом'якшеної води; Слідкуйте за відсутністю катіоніту в пом'якшеній воді.

#### 4.8 Економічні показники

Паливо для виробництва теплової енергії.

Витрати на паливо визначаються річними витратами палива  $V_{річ}$ , а також залежать від договірної ціни палив, яка включає в себе договірну ціну палива від постачальника, вартість транспортних витрат, посередницьких послуг та інші витрати.

Таблиця 1 Економічні показники

Паливо	$V_{річ}$ , т/рік	$D$ , грн/т	$D_{річ}$ ,	Різниця, грн
Вугілля	318,096	6000,00	2 067 624,00	159 048
Брикети	270,257	7000,00	1 908 576,00	

Якщо порівняння проводити з більш калорійним вугіллям яке має значно вищу ціну то різниця у річних видатках на паливо буде зростати.

Також паливні брикети мають перевагу в екологічних показниках, оскільки мають менші значення викидів забруднюючих атмосферу речовин. Тому вартість екологічного податку також буде нижчою у порівнянні з вугіллям.

Ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення (п. 243.1 ПКУ)

Таблиця 1 Ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин

					601НТ -11393600.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Забруднюючі речовини	Вартість податку за 1 тону, грн.
SO2	2574,43
NO2	2574,43
CO2	30,00

На рис.1,2 зображено результати розрахунку річної емісії забруднюючих речовин



Рис.1 Кількість оксидів сірки що викидається до атмосфери

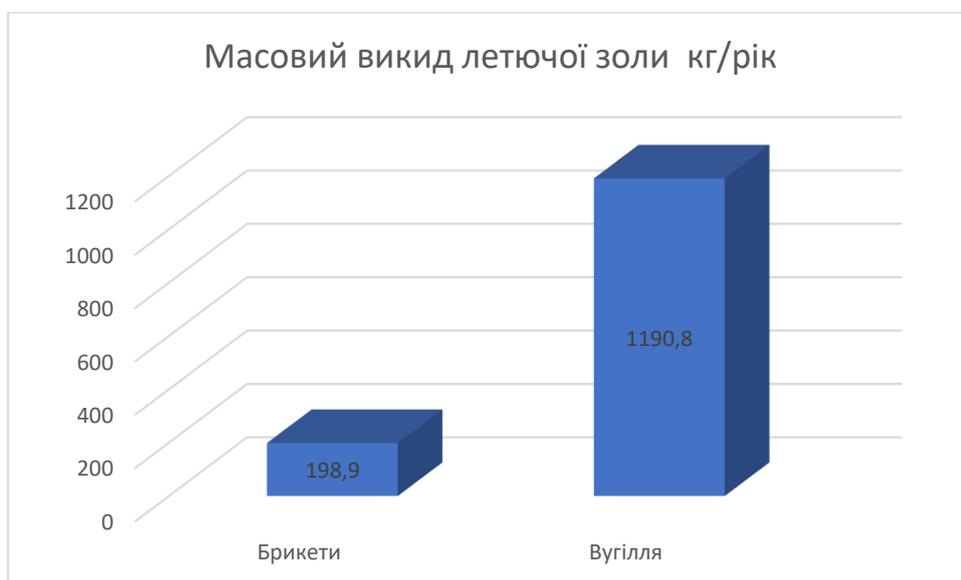


Рис.1 Кількість летючої золи що викидається до атмосфери

Результати розрахунку свідчать кількість оксидів сірки що викидається до

атмосфери при використанні паливних брикетів становить 432,3 кг/рік в той час як у вугілля, за аналогічний період складає – 1017,8 кг/рік. Різниця 585,5 кг/рік, зниження становить 42,5% від рівня емісії оксидів сірки на вугіллі.

Економічний ефект в даному випадку залежить від розмірів ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин. Оскільки в Україні розмір таких податків залишається на низькому рівні, то і перехід на альтернативні види палив з меншим рівнем емісії залишається уповільненим у порівнянні з країнами ЄС, де ставки екологічних податків суттєво вищі.

					<b>601HT -11393600.ДП</b>	Арк.
						10
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИЙ ДЖЕРЕЛ

1. Chyang C.S., Han Y.L., Wu L.W. et al. An investigation on pollutant emissions from cofiring of RDF and coal // Waste Management, 2010, 30, pp. 1334—1340.
2. Assessment of waste incineration capacity and waste shipment in Europe / H. Wilts [et al.] [Electronic resource]. — 2017.
3. Eurostat [Electronic resource]. — 2016. — URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index>.
4. Increasing the use of alternative fuels at cement plants: international best practice [Electronic resource].  
M. Folliet [et al.] // International Finance Corporation — 2017. — URL: [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/bb652356/Alternative+Fuels\\_06+27.pdf](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/bb652356/Alternative+Fuels_06+27.pdf). — Date of access: 20.02.2018.
5. Ingénierie et Gestion de l'Environnement Industriel (IGEL) [Electronic resource]. 2012. URL: [http://www.gdmaroc.info/fileadmin/user\\_files/pdf/renforcement\\_capacite/IGEL-module2](http://www.gdmaroc.info/fileadmin/user_files/pdf/renforcement_capacite/IGEL-module2)
6. Market for solid recovered fuel / EFRO [Electronic resource]. — 2015. — URL: [https://www.erfo.info/images/PDF/ERFOCEMBUREAU\\_report\\_SRF\\_2015.pdf](https://www.erfo.info/images/PDF/ERFOCEMBUREAU_report_SRF_2015.pdf). — Date of access: 12.02.2018.
7. Hayder A. Alalwan, Alaa H. Alminshid, Haydar A.S. Aljaafari. Promising evolution of biofuel generations. Subject review / Renewable Energy Focus. 2019. Vol. 28. P. 127-139. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2018.12.006>.
8. M.V. Rodionova, R.S. Poudyal, I. Tiwari, R.A. Voloshin, S.K. Zharmukhamedov, H.G. Nam, B.K. Zayadan, B.D. Bruce, H.J.M. Hou, S.I. Allakhverdiev Biofuel production: Challenges and opportunities / International Journal of Hydrogen Energy. 2017. Vol. 42, Is. 12. P. 8450-8461. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.11.125>.
9. Mungodla, S.G., Linganiso, L.Z., Mlambo, S. and Motaung, T. Economic and technical feasibility studies: technologies for second generation biofuels / Journal of

										Арк.
										6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601HT-11393361.3П					

Engineering, Design and Technology, 2019. Vol. 17 No. 4, P. 670-704.  
<https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2018-0111>.

10.B.S. Choudri, Yassine Charabi, Mahad Baawain, Mushtaque Ahmed. Bioenergy from Biofuel Residues and Wastes / Water Environment Research, Volume 89, Number 10 2017 P. 1441 -1460. doi: 10.2175/106143017X15023776270511.

11.Roland Arthur Lee, Jean-Michel Lavoie. From first- to third-generation biofuels: Challenges of producing a commodity from a biomass of increasing complexity / Animal Frontiers. 2013. Vol. 3. Is. 2. P. 6–11. <https://doi.org/10.2527/af.2013-0010>.

12.Arash Javanmard, Muhamad Fazly Abdul Patah, Amir Zulhelmi, Wan Mohd Ashri Wan Daud. A comprehensive overview of the continuous torrefaction method: Operational characteristics, applications, and challenges / Journal of the Energy Institute. 2023. Vol. 108. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2023.101199>.

[https://ukrvent.ua/dimosos-d-6-1dn-1-pr90-on-st3-1081-z-dv-3-1000-200-u2-z-na\\_78](https://ukrvent.ua/dimosos-d-6-1dn-1-pr90-on-st3-1081-z-dv-3-1000-200-u2-z-na_78)

<https://ventzavod.com/ventilation/draught-fans/blowing-fans/vd/>

<https://a-kotel.com.ua/kotel-altep-max/>

					601HT -11393600.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

*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 котельні з використанням альтернативних видів палива"*

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

*Крезуд В.М .*

*(прізвище та ініціали)*

*Керівник*

*к.т.н проф.Голік Ю.С.*

*(прізвище та ініціали)*

*Зав.кафедрою*

*к.т.н проф.Голік Ю.С.*

*(прізвище та ініціали)*

*Полтава - 2024 рік*

ВІДОМІСТЬ РОБОЧИХ КРЕСЛЕНЬ ОСНОВНОГО КОМПЛЕКТУ

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Лист	Найменування	Примітки
1	Загальні дані	
2	Ситуаційна схема розташування споживачів теплової енергії	
3	Графік відпуску теплової енергії	
4	Котельний агрегат "Alter" Мах-700	
5	План котельної зали	
6	Теплова схема котельні	
7	Схема теплової мережі	
8	Загальний вид Wilo CronoLine-IL 80 / 160-11 / 2 Загальний вид KSB Rio Z 80-100D	
9	План розташування системи паливостачання	
10	Схема димової труби №1 Розріз 2-2	
11	Розріз 2-2 Розріз 4-4	
12	Схема встановлення димососів на газових трактах котельних агрегатів	
13	Економічні показники	
14	Висновки	

розроблений на підставі завдання на проектування та відповідно вимогам діючих норм та правил:

- ДБН В.2.5-77-2014 «Котельні»;
- ДБН В.2.5-20-2001 «Газопостачання»;
- «Правила безпеки систем газопостачання України»;
- ДБН В. 1.1 -7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
- ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція»;
- ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі».

Розрахункові параметри зовнішнього повітря і термін опалювального періода прийняті у відповідності з ДСТУ-Н Б В. 1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»

(таблиця 2 сторінка 8): - температура в зимовий період - 22°C

- температура в теплий період +25,1 °C

термін опалювального періода 4608 годин

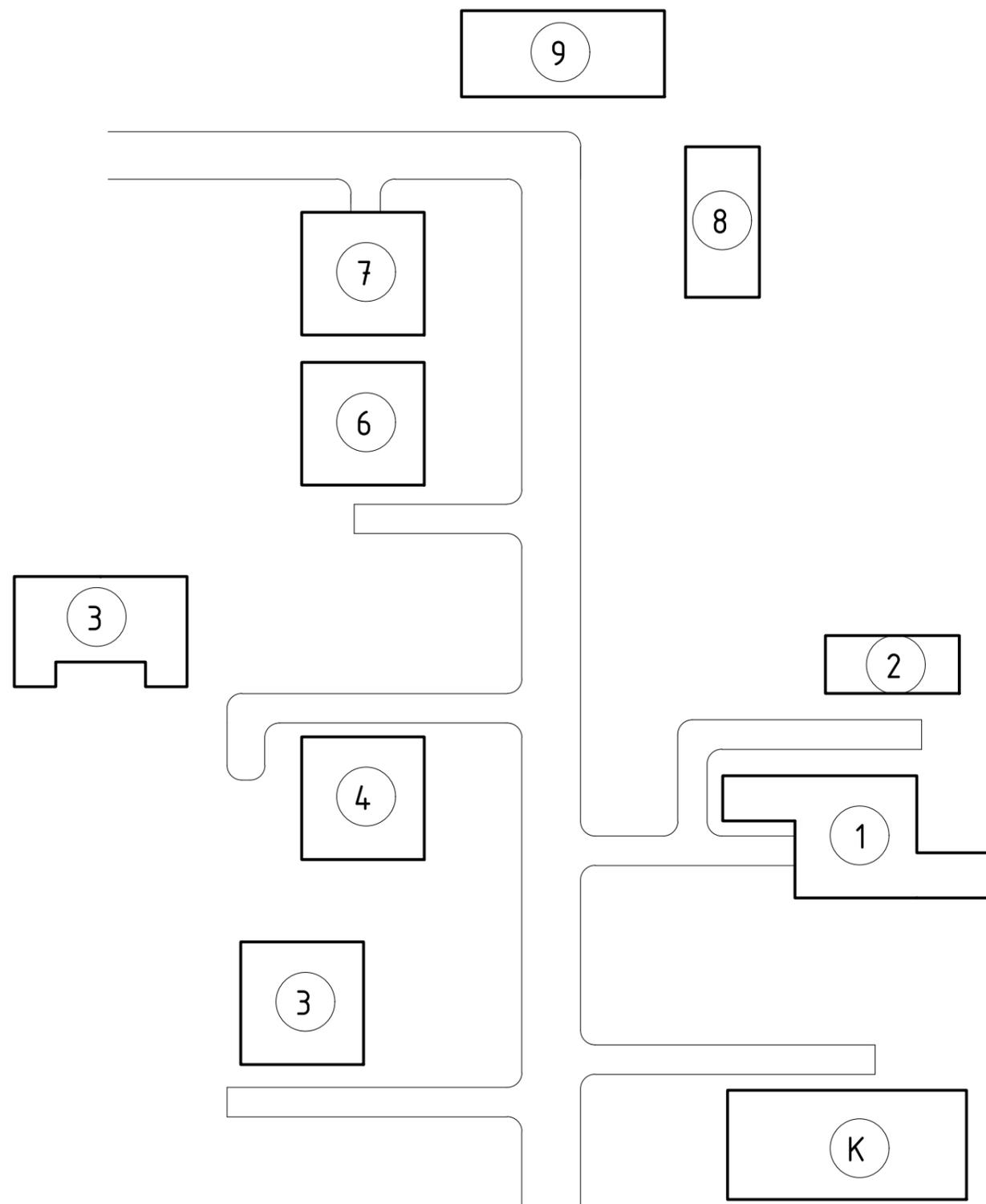
Характеристика споживачів

№	Назва споживача	S будівлі, м <sup>2</sup>	t <sub>в</sub> , °C
1	Школа на 300 учнів	2366,67	16
2	Господарська будівля школи	125,00	18
3	Школа-інтернат на 45 місць	1720,00	16
4	Житловий будинок 3 поверхи, 12 квартир	776,67	18
5	Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	500,00	18
6	Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	500,00	18
7	Житловий будинок 4 поверхи, 16 квартир	870,00	18
8	Магазин 1 поверх	158,33	16
9	Будівля адміністрації	700,00	16

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	

					601НТ -11393600			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива	Літера	Арк.	Аркушів	
Виконав	Крезуб В.М.				Р	1	14	
Перевір.	Голік Ю.С.							
Н. контр.	Голік Ю.С.			Загальні вказівки	НУПП ім Ю.Кондратюка			
Затверд.	Голік Ю.С.							

Ситуаційна схема розташування споживачів теплової енергії



Результати розрахунку витрат мережевої води споживачів

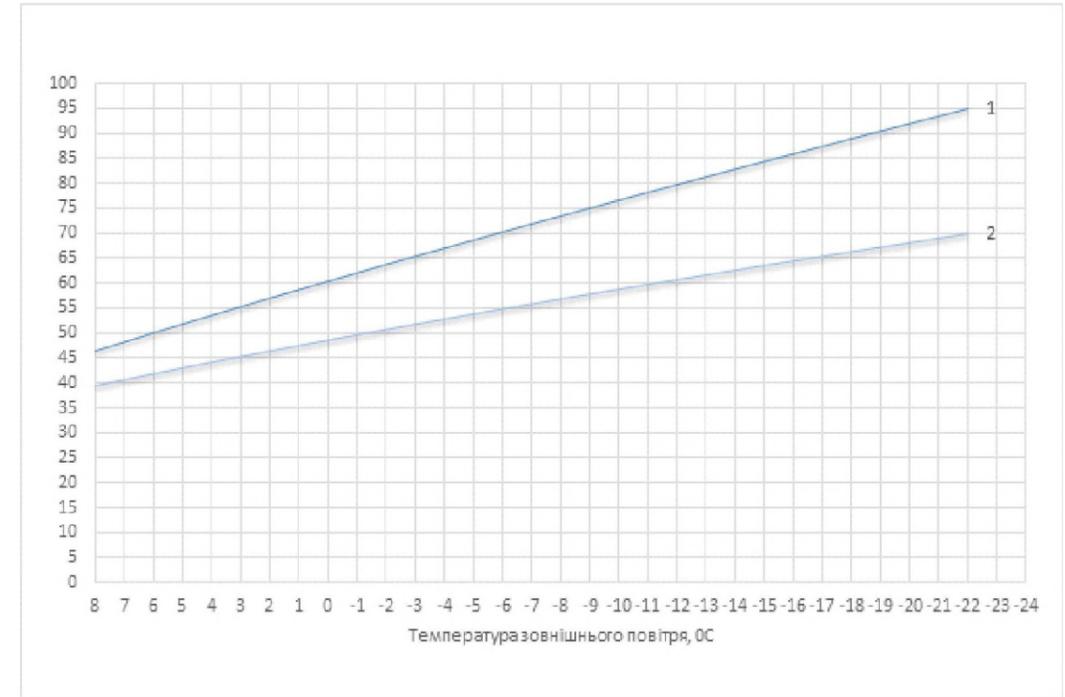
Назва споживача	Q <sub>0</sub>	Q <sub>в</sub>	Q <sub>гвп</sub>	G <sub>0</sub>	G <sub>в</sub>	G <sub>гвп</sub>	G <sub>заг</sub>
	Гкал/год	Гкал/год	Гкал/год	т/год	т/год	т/год	т/год
Школа на 300 учнів	0,080	0,019	0,0144	3,200	0,760	0,317	4,277
Господарська будівля школи	0,005	0,009	0,0015	0,200	0,360	0,033	0,593
Школа-інтернат на 45 місць	0,062	0,014	0,0280	2,480	0,560	0,616	3,04
Житловий будинок 3 поверхи, 12 квартир	0,044	-	0,0245	1,760	-	0,539	2,299
Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	0,028	-	0,0163	1,120	-	0,359	1,479
Житловий будинок 2 поверхи, 8 квартир	0,028	-	0,0163	1,120	-	0,359	1,479
Житловий будинок 4 поверхи, 16 квартир	0,048	-	0,0326	1,920	-	0,717	2,637
Магазин 1 поверх	0,005	0,001	0,0002	0,200	0,040	0,004	0,244
Будівля адміністрації	0,024	0,006	0,0010	1,14	0,240	0,022	1,402
Разом:	0,323	0,031	0,1348	12,920	1,240	2,966	17,126

				601НТ -11393600					
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Крезуб В.М.						Р	2	
Перевір.	Голік Ю.С.								
				Ситуаційна схема розташування споживачів теплової енергії			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. контр.	Голік Ю.С.								
Затверд.	Голік Ю.С.								

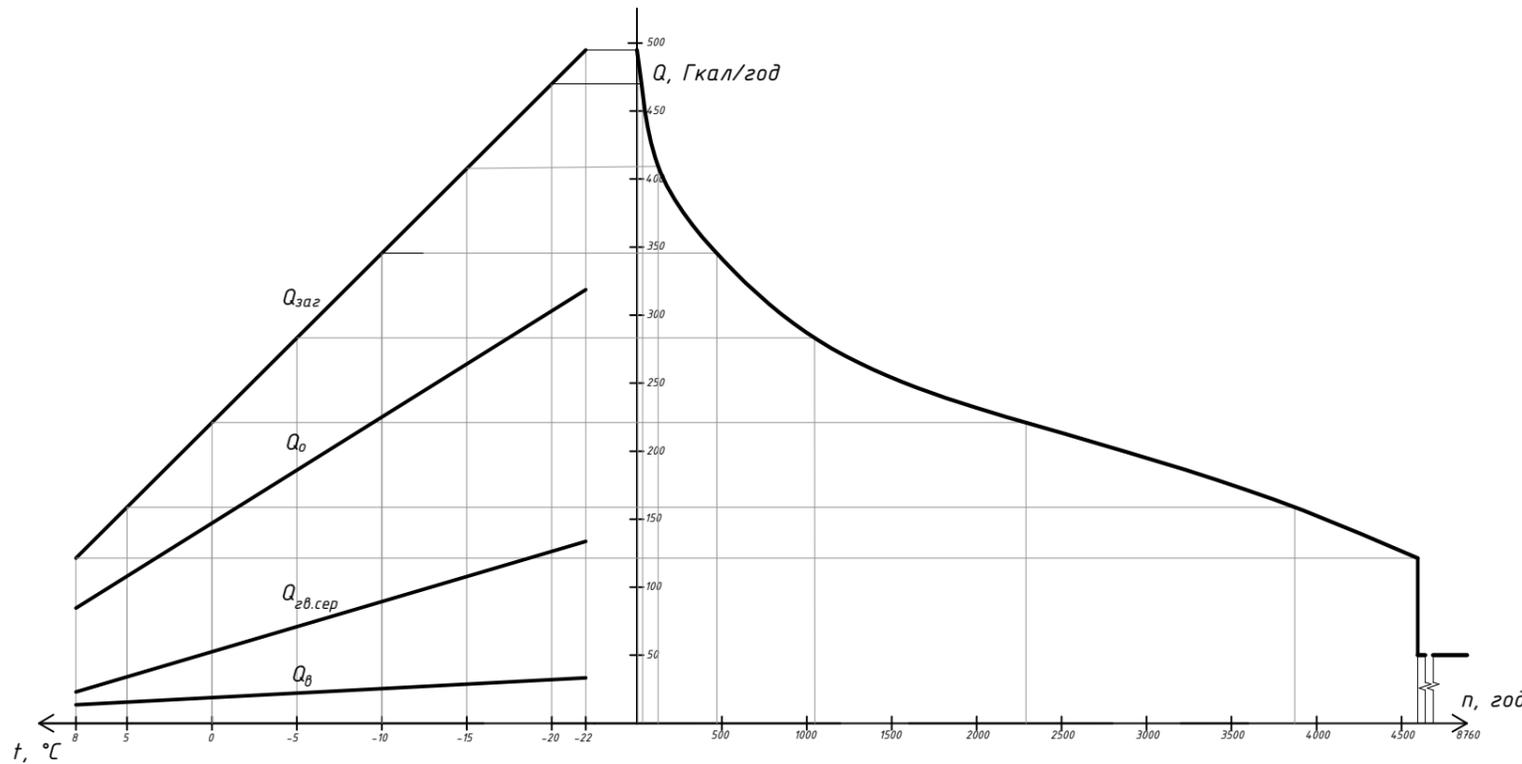
Витрата теплоти при різних температурах зовнішнього повітря

Витрата теплоти Гкал/год	Температура зовнішнього повітря, °C							
	-22	-15	-10	0	+5	+10	+5	+8
Q <sub>o</sub>	0,32 3	0,26 6	0,22 6	0,14 5	0,10 5	0,06 5	0,10 5	0,08 1
Q <sub>в</sub>	0,03 1	0,02 6	0,02 2	0,01 4	0,01 0	0,00 6	0,01 0	0,00 8
Q <sub>гвп</sub>	0,13 5	0,11 1	0,09 4	0,06 1	0,04 4	0,02 7	0,04 4	0,03 4
Q <sub>заг</sub>	0,48 9	0,40 3	0,34 2	0,22 0	0,15 9	0,09 8	0,15 9	0,12 2

Графіки температури теплоносія для розрахункового перепаду 95/70



Графік відпуску теплової енергії



Дані для побудови температурного графіка

t <sub>з</sub> , °C	-22	-20	-10	-5	0	8
T <sub>1</sub> , °C	95	92	77	69	60	47
T <sub>2</sub> , °C	70	68	59	54	49	39

Місто	Повторюваність температур навколишнього повітря, год								Всього годин
	-29,9-25	-24,9-20	-19,9-15	-14,9-10	-9,9-5	-4,9,0	+0,1+5	+5,1...+8	
Житомир	5	22	103	309	616	1237	1554	762	4608

601НТ -11393600									
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Крезуб В.М.						Р	3	
Перевір.	Голік Ю.С.			Графік відпуску теплової енергії			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. контр.	Голік Ю.С.								
Затверд.	Голік Ю.С.								

## Котельний агрегат "Alter" Max-700

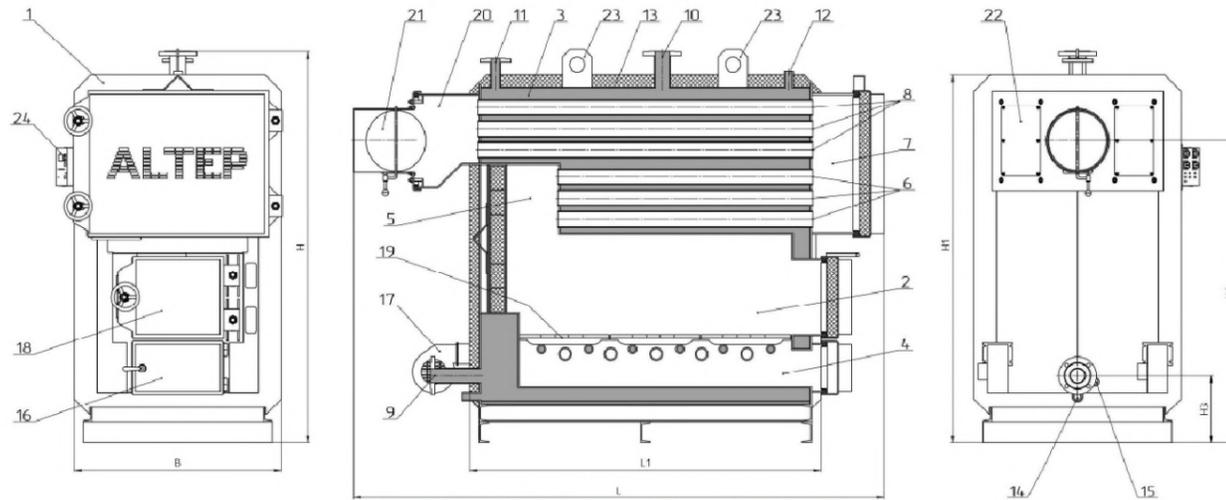


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд та основні елементи котла

- |  |  |                                    |
|--|--|------------------------------------|
| 1 – Корпус котла;                                | 9 – Патрубок зворотної мережної води;      | 17 – Вентилятор нагнітання;        |
| 2 – Топка;                                       | 10 – Патрубок прямої мережної води;        | 18 – Завантажувальні дверцята;     |
| 3 – Водяна оболонка;                             | 11 – Патрубок під запобіжний клапан котла; | 19 – Колосникові ґрати;            |
| 4 – Зона подачі повітря на горіння;              | 12 – Штуцер під групу безпеки котла;       | 20 – Димозбірник                   |
| 5 – Перша поворотна камера;                      | 13 – Теплоізоляція корпусу;                | 21 – Шибер тяги топочних газів;    |
| 6 – Перший ряд жарових труб;                     | 14 – Штуцер зливу води з котла;            | 22 – Люк для чищення димозбірника; |
| 7 – Зона чищення котла (друга поворотна камера); | 15 – Штуцер видалення конденсату;          | 23 – Такелажні елементи;           |
| 8 – Другий ряд жарових труб;                     | 16 – Дверцята до зони подачі повітря;      | 24 – Блок автоматики управління.   |

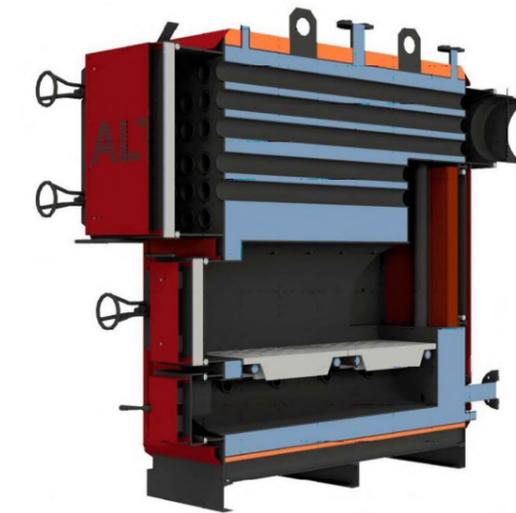
## Загальний вид котельного агрегату "Alter" Max-700



## Характеристики котельного агрегату "Alter" Max-700

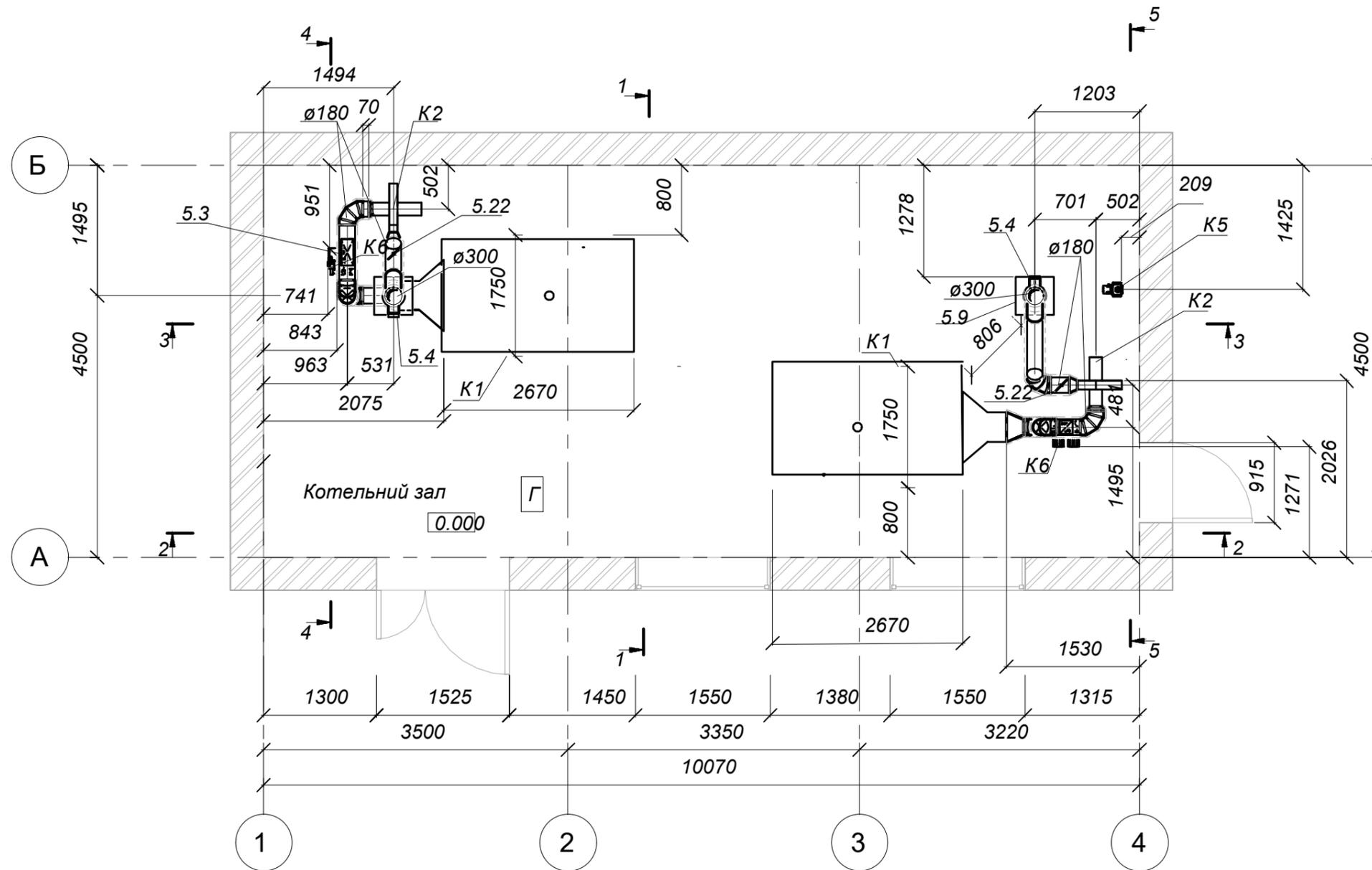
Параметр	Од. виміру	Норма для котла КВТ										
		95	150	200	250	300	400	500	600	700	800	
Номинальна теплопродуктивність (потужність) котла	кВт	95	150	200	250	300	400	500	600	700	800	
Площа поверхні теплообміну в котлі	м <sup>2</sup>	8,1	12,4	15,5	21,8	24,3	25,8	29,5	36,0	42,2	47,5	
Коефіцієнт корисної дії (паливо: кам'яне вугілля), не менше	%	86										
Розміри топки	глибина	мм	940	1100	1290	1410	1410	1410	1550	1820	2280	2280
	об'єм	дм <sup>3</sup>	240	280	390	500	560	650	790	920	1100	1750
Водяна ємність котла	л	460	640	680	1160	1320	1320	1470	1800	2250	2400	
Маса котла без води	кг	1200	1580	1690	2200	2450	2650	3000	3600	4200	5000	
Необхідна тяга топочних газів	Па	10-80										
Температура топочних газів на виході з котла	°C	240-290										
Рекомендована мінімальна температура води	°C	58										
Максимальна температура води	°C	85										
Номинальний (максимальний робочий) тиск води	МПа	0,30										
Випробувальний тиск води, не більше	МПа	0,45										
Споживання електроенергії (контролер + вентилятор) (230 В, 50 Гц), не більше	Вт	170	210	210	210	320	490	810	1110	1110	1110	
Габаритні розміри котла	B	мм	1000	1000	1000	1230	1290	1290	1400	1410	1410	1550
	H	мм	1670	1860	1860	2020	2130	2230	2250	2280	2280	2520
	H1	мм	1540	1740	1740	1900	2000	2110	2130	2160	2160	2340
	H2	мм	1325	1485	1487	1617	1719	1786	1855	1912	1930	2125
	H3	мм	320	320	320	375	385	385	380	385	385	385
	L	мм	2110	2340	2530	2670	2670	2670	2900	3250	3780	3780
	L1	мм	1310	1470	1670	1780	1780	1780	1940	2210	2670	2670
Розміри завантажувальних дверцят	висота	мм	350	350	350	400	400	400	430	430	430	430
	ширина	мм	400	400	400	500	500	500	600	600	600	600
Приднівальні (зовнішній діаметр) розміри борова	мм	245	298	298	348	398	398	448	498	548	548	
Діаметр патрубків прямої і зворотної мережної води (Ду)	мм	65	65	65	80	80	80	100	100	100	100	
Рекомендовані параметри димоходу	площа перерізу	см <sup>2</sup>	483	702	702	962	1256	1256	1520	1885	2380	2380
	внутрішній діаметр	мм	250	300	300	350	400	400	450	500	550	550
	висота (мінімально допустима)	м	9	10	14	14	11	15	16	16	16	17
Діаметр патрубка під запобіжний клапан (Ду)	мм	40	40	40	50	50	2×50	2×50	2×50	2×50	2×50	
Необхідна величина тиску спрацьовування запобіжного клапана	МПа	0,35										

## Загальний вид котельного агрегату "Alter" Max-700



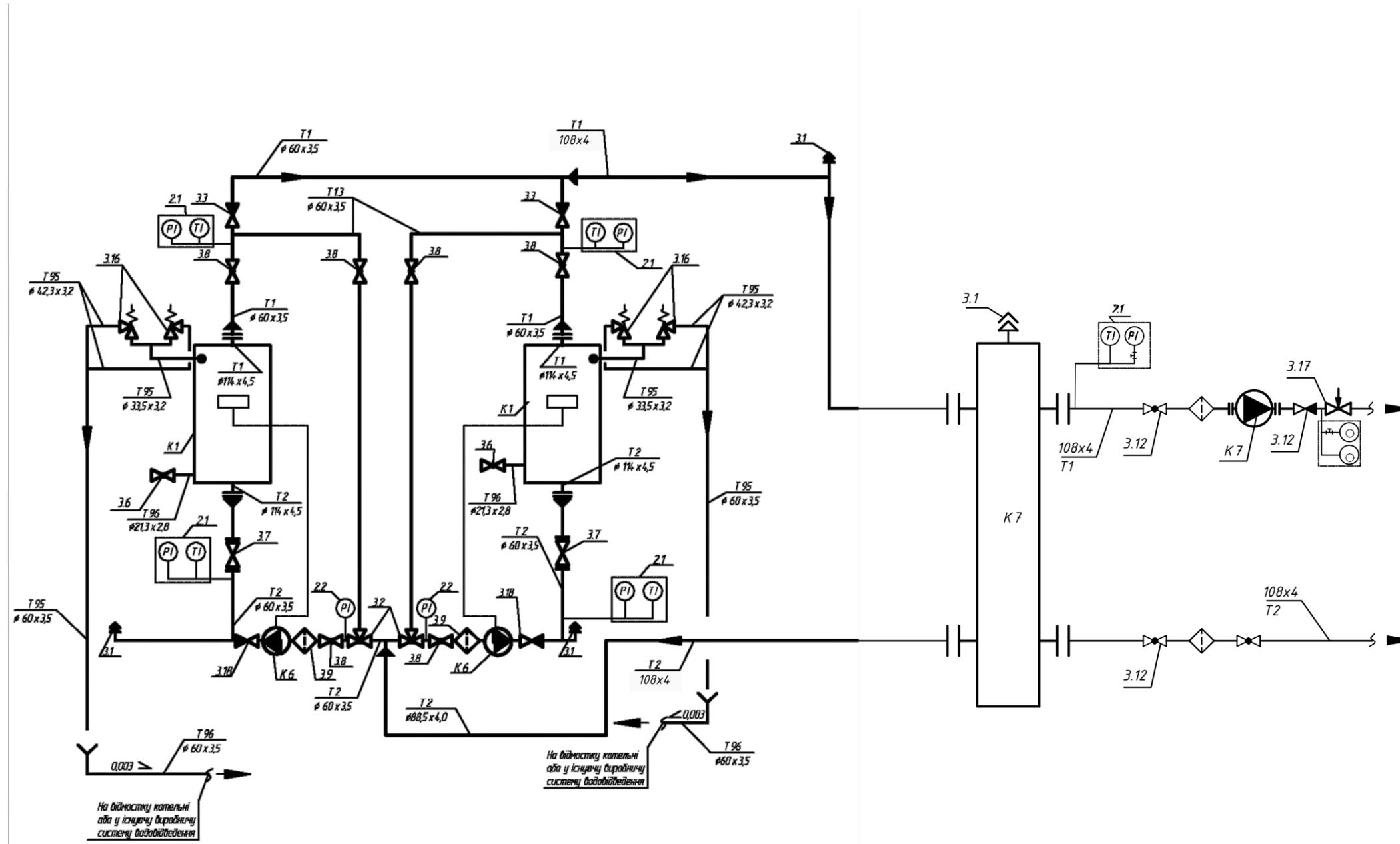
601HT - 11393600										
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива	Літера	Арк.	Аркушів			
Виконав	Крезуб В.М.				Р	4				
Перевір.	Голік Ю.С.									
Н. контр.	Голік Ю.С.			Котельний агрегат "Alter" Max-700	НУПП ім Ю.Кондратюка					
Затверд.	Голік Ю.С.									

План котельної зали



						601HT -11393600			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Крезуб В.М.						Р	5	
Перевір.	Голік Ю.С.								
Н. контр.	Голік Ю.С.			План котельної зали			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.								

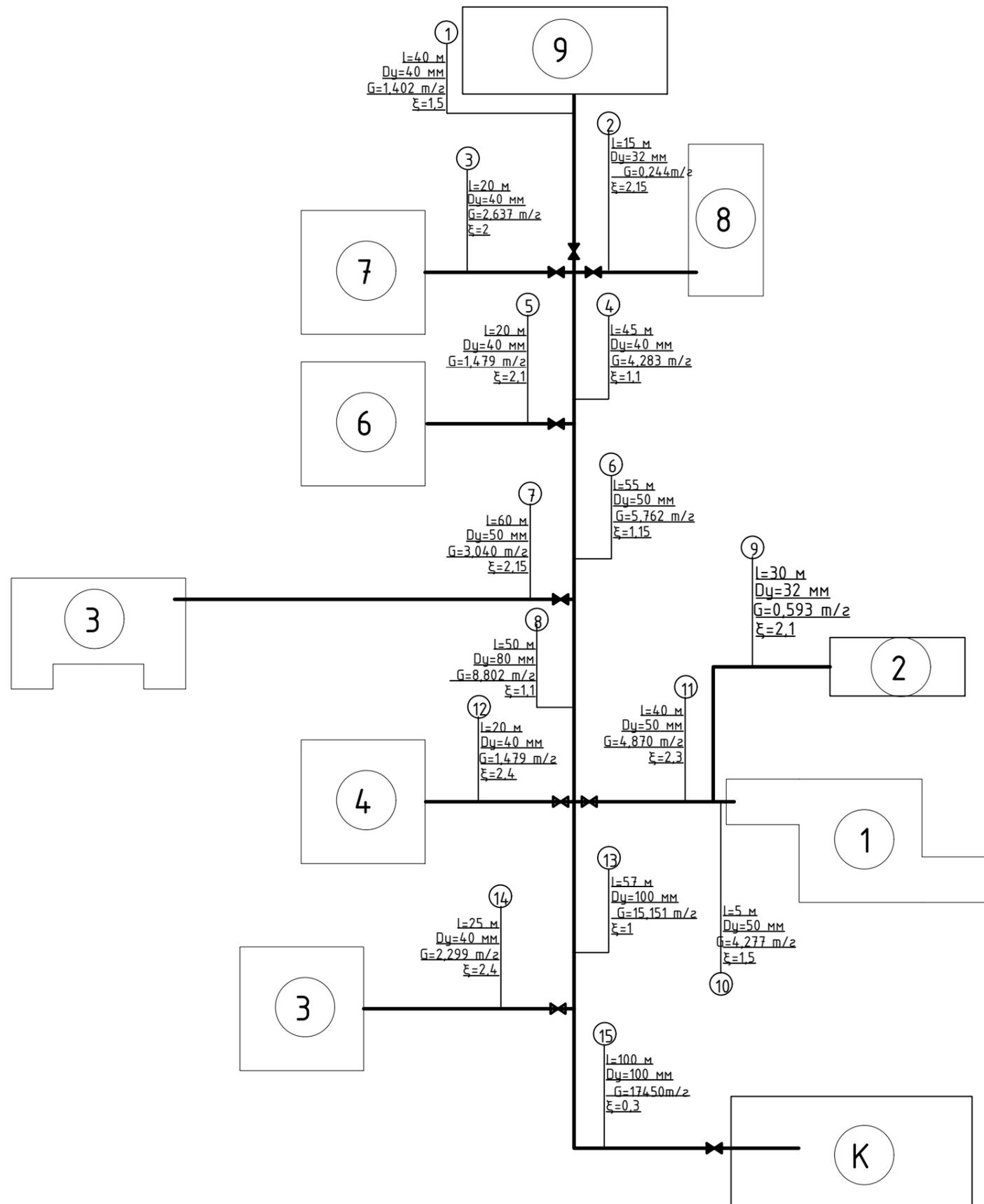
## Теплова схема котельні



601HT - 11393600								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива	Літера	Арк.	Аркушів
		Крезуб В.М.				Р	6	
		Голік Ю.С.						
		Голік Ю.С.			Теплова схема котельні			
		Голік Ю.С.						НУПП ім Ю.Кондратюка

### Схема теплової мережі

### Розрахунок місцевих коефіцієнтів опору теплової мережі



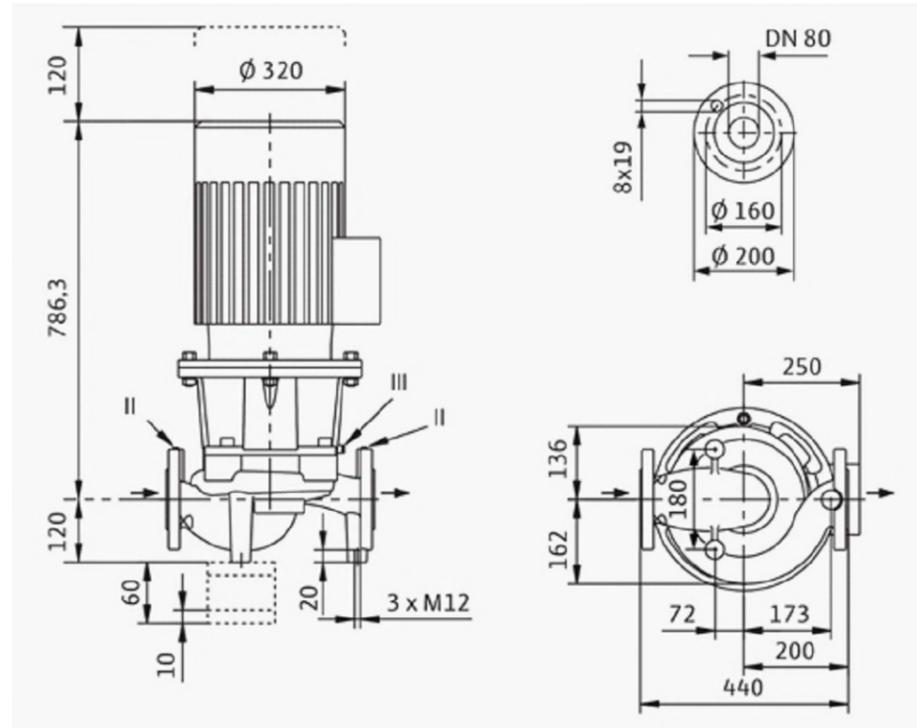
№ діл.	D діл., мм	D пред.уч., мм	F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub>	Засувка /кран	Кут поворот	Трійник на прохід	Трійник на відгалуження	Звуження	Разом
1	40	40	1,0	0,5		1			1,5
2	32	40	2,6	0,5			1,5	0,15	2,15
3	40	40	1,0	0,5			1,5		2
4	40	50	1,6			1		0,1	1,1
5	40	50	1,6	0,5			1,5	0,1	2,1
6	50	80	2,6			1		0,15	1,15
7	50	80	2,6	0,5			1,5	0,15	2,15
8	80	100	1,6			1		0,1	1,1
9	32	50	4,0		0,3		1,5	0,3	2,1
10	50	50	1,0	0,5		1			1,5
11	50	100	4,0	0,5			1,5	0,3	2,3
12	40	100	6,3	0,5			1,5	0,4	2,4
13	100	100	1,0			1			1
14	40	100	6,3	0,5			1,5	0,4	2,4
15	100	-			0,3				0,3

Таблиця результатів гідравлічного розрахунку

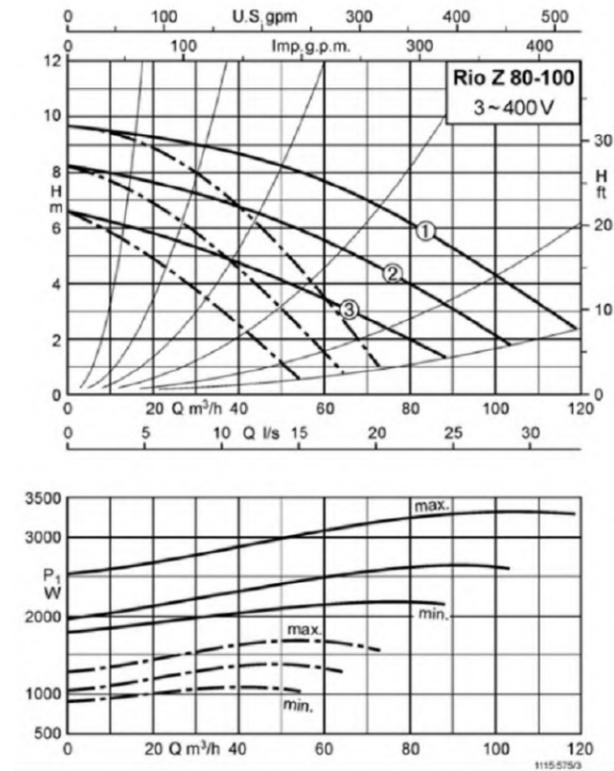
№ діл.	R <sub>с</sub>	ΔP <sub>л</sub>	ΔP <sub>м</sub>	ΔP <sub>заг II</sub>	ΔP <sub>заг III+IV</sub>	ΣΔP <sub>заг III+IV</sub>	ΣΔP <sub>заг III+IV</sub>
	м. вод.ст	м. вод.ст	м.в.ст	м. вод.ст	м. вод.ст	Від початку м. в.ст	В кінці ділянки м. в.ст
1	8.14	0.326	0.010	0.336	0.672	13.474	6.526
2	1.45	0.022	0.002	0.024	0.047	12.849	7.151
3	12.11	0.242	0.021	0.263	0.526	13.327	6.673
4	46.63	2.099	0.045	2.144	4.288	12.802	7.198
5	12.11	0.242	0.022	0.264	0.528	9.041	10.959
6	32.22	1.772	0.044	1.816	3.632	8.514	11.486
7	18.65	1.119	0.047	1.166	2.333	7.214	12.786
8	8.65	0.433	0.020	0.452	0.905	4.881	15.119
9	4.84	0.145	0.006	0.152	0.303	8.082	11.918
10	36.22	0.181	0.098	0.279	0.559	8.338	11.662
11	44.51	1.780	0.121	1.901	3.802	7.779	12.221
12	28.77	0.575	0.061	0.636	1.273	5.249	14.751
13	10.04	0.572	0.028	0.601	1.202	3.977	16.023
14	36.43	0.911	0.077	0.988	1.976	4.751	15.249
15	13.76	1.376	0.012	1.387	2.775	2.775	17.225

				601НТ - 11393600					
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Крезуб В.М.						Р	7	
Перевір.	Голік Ю.С.			Схема теплової мережі			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. контр.	Голік Ю.С.								
Затверд.	Голік Ю.С.								

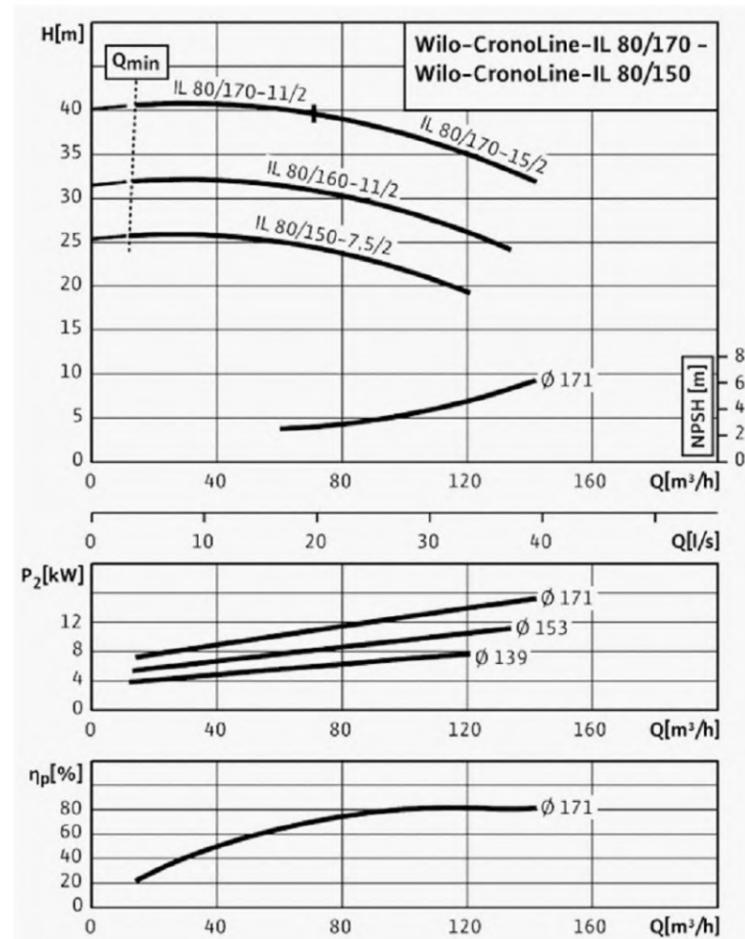
Загальний вид Wilo CronoLine-IL 80 / 160-11 / 2



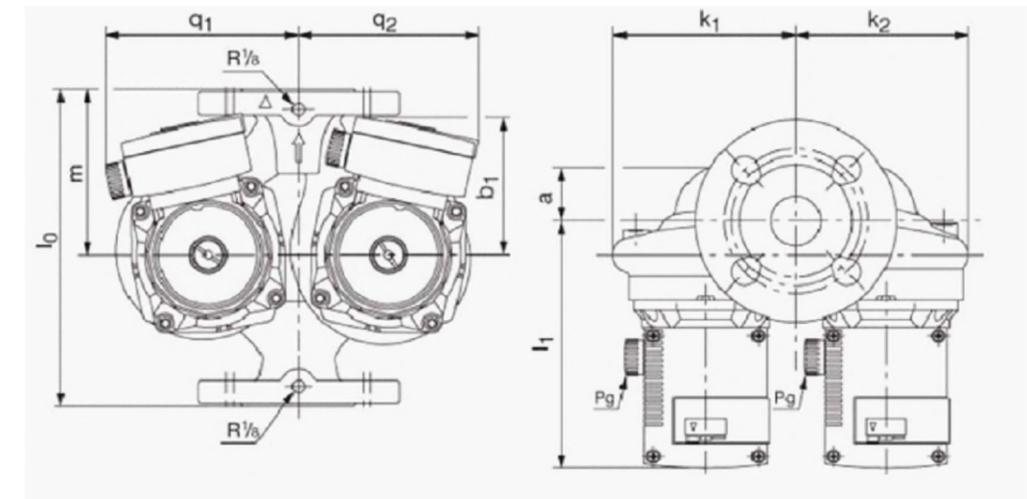
Графік продуктивності KSB Rio Z 80-100D



Графік продуктивності Wilo CronoLine-IL 80 / 160-11 / 2

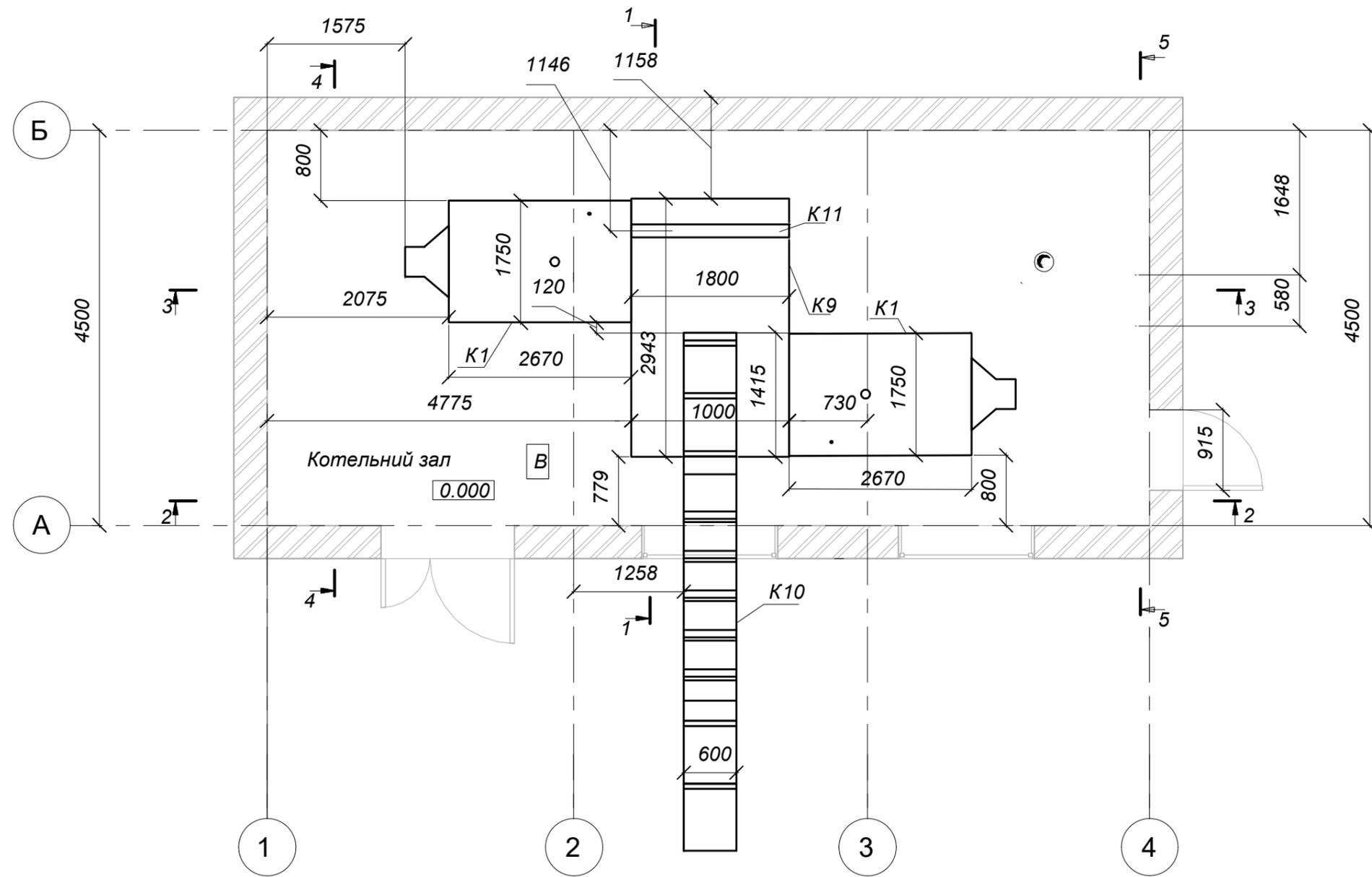


Загальний вид KSB Rio Z 80-100D



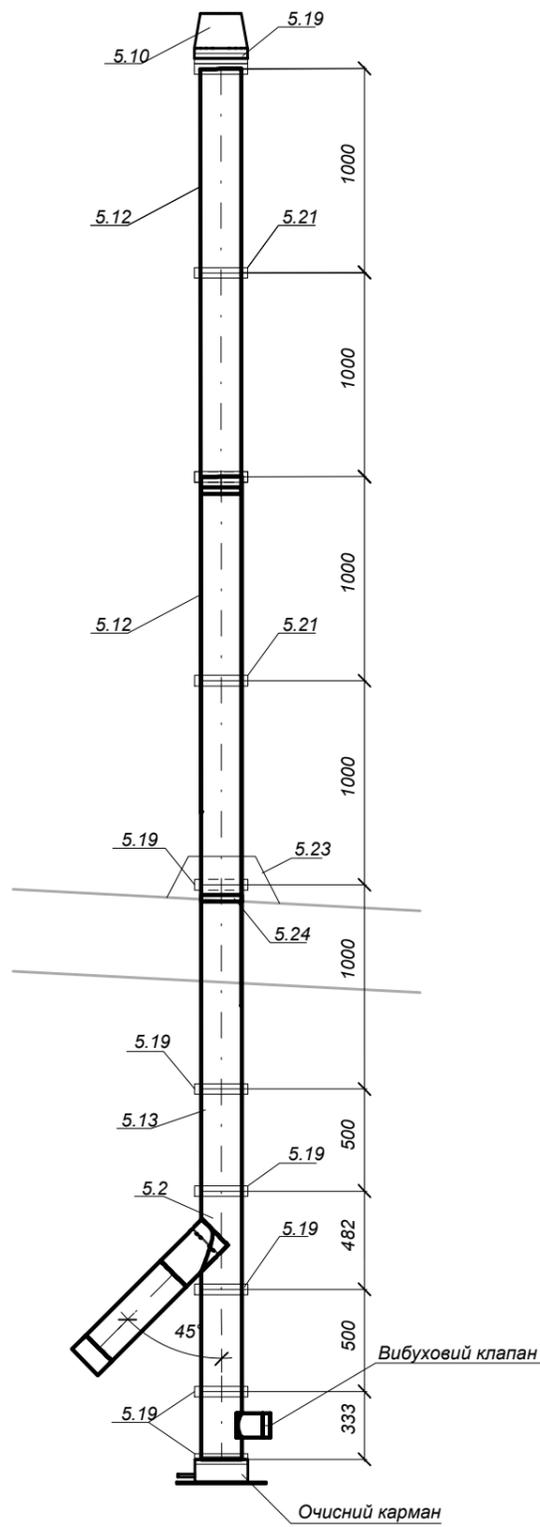
				601HT - 11393600				
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива	Літера	Арк.	Аркушів	
Виконав	Крезуб В.М.				Р	8		
Перевір.	Голік Ю.С.							
Н. контр.	Голік Ю.С.			Загальний вид Wilo CronoLine-IL 80 / 160-11 / 2 Загальний вид KSB Rio Z 80-100D	НУПП ім Ю.Кондратюка			
Затверд.	Голік Ю.С.							

План розташування системи паливопостачання

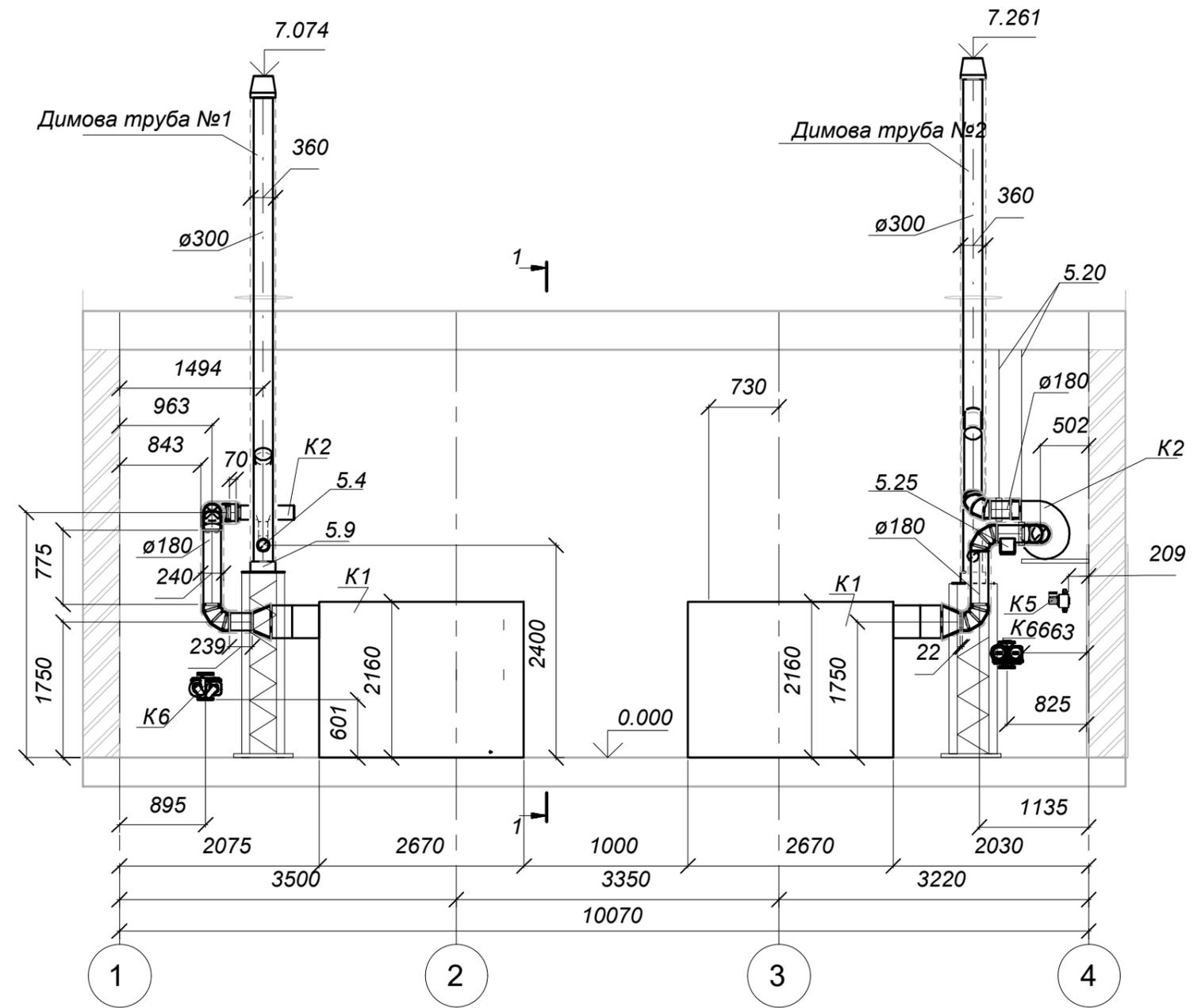


601НТ -11393600									
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Крезуб В.М.						Р	9	
Перевір.	Голік Ю.С.								
Н. контр.	Голік Ю.С.			План розташування системи паливопостачання			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.								

Схема димової труби №1

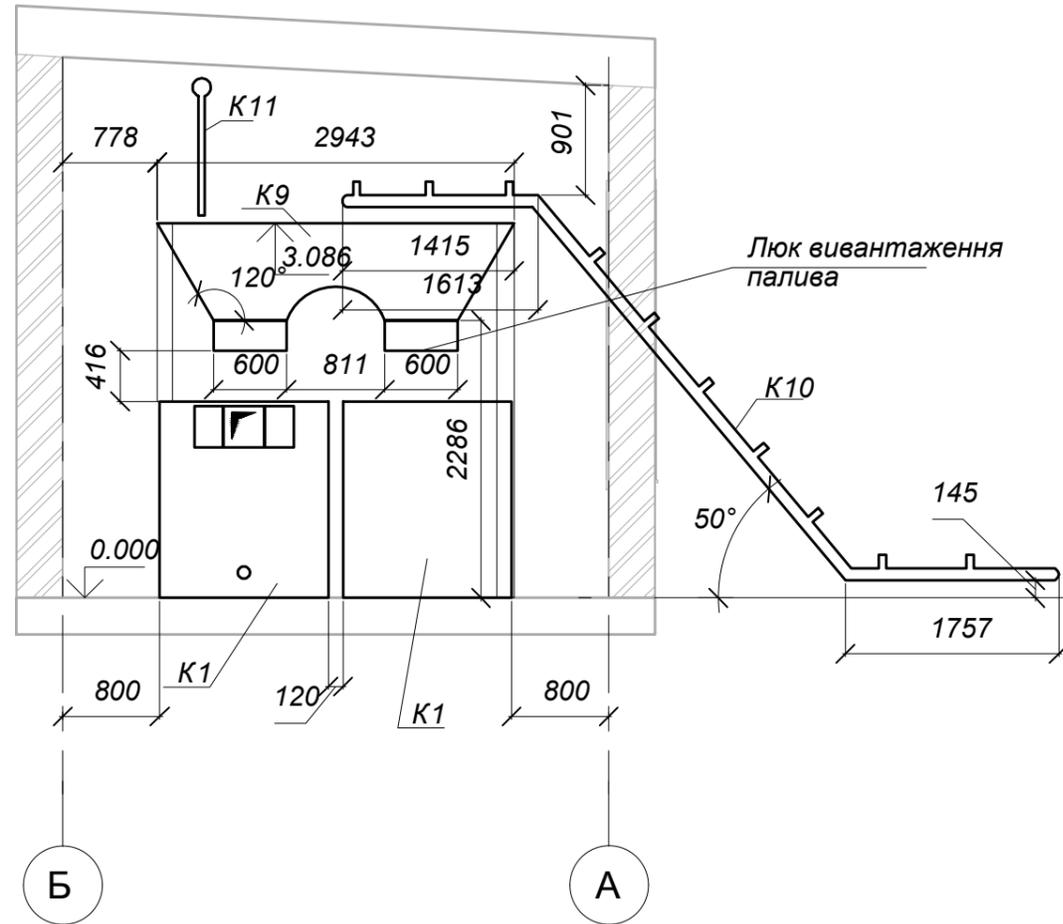


Розріз 2-2

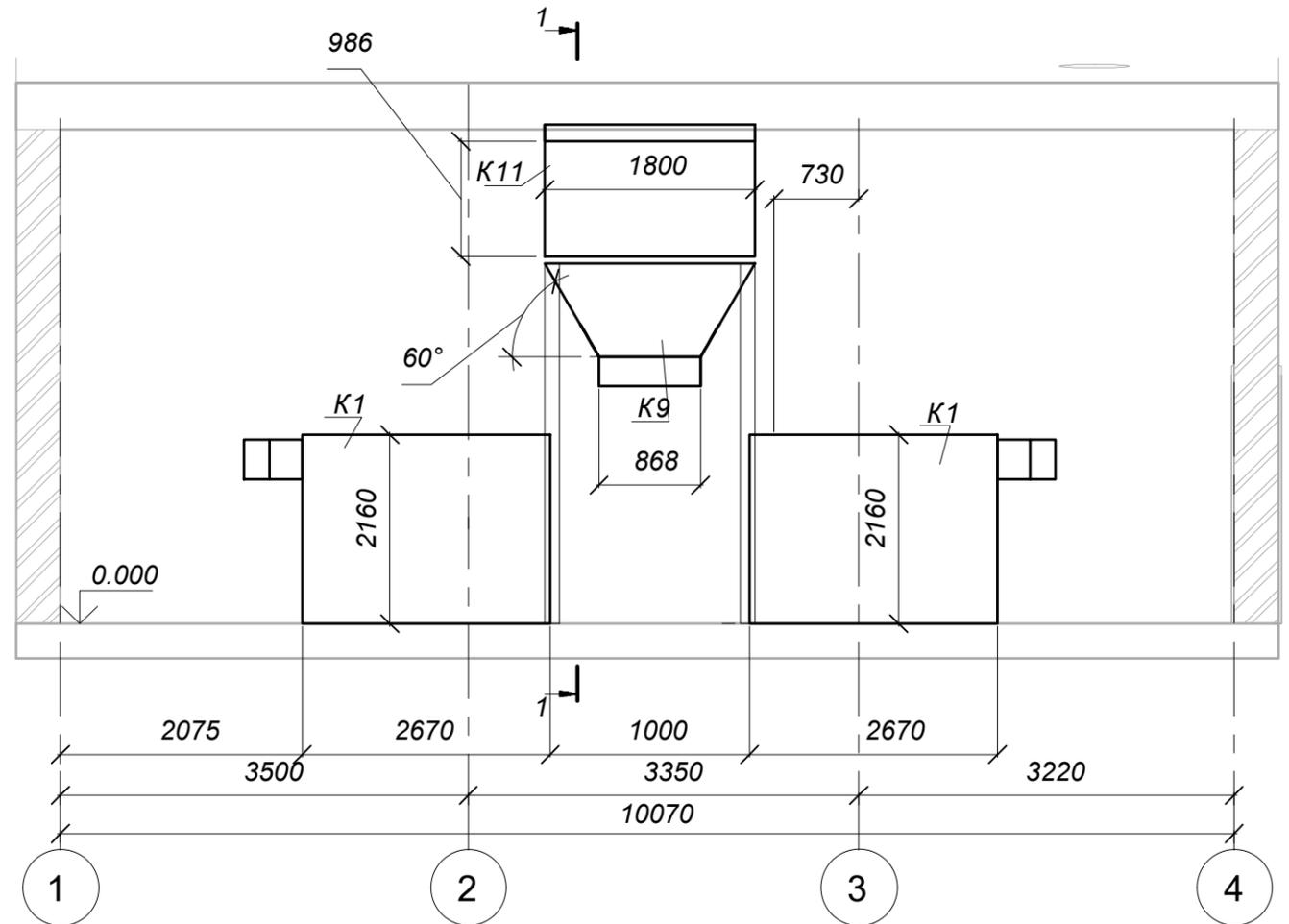


				601НТ -11393600					
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Крезуб В.М.						Р	10	
Перевір.	Голік Ю.С.			Схема димової труби №1 Розріз 2-2			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. контр.	Голік Ю.С.								
Затверд.	Голік Ю.С.								

Розріз 4-4

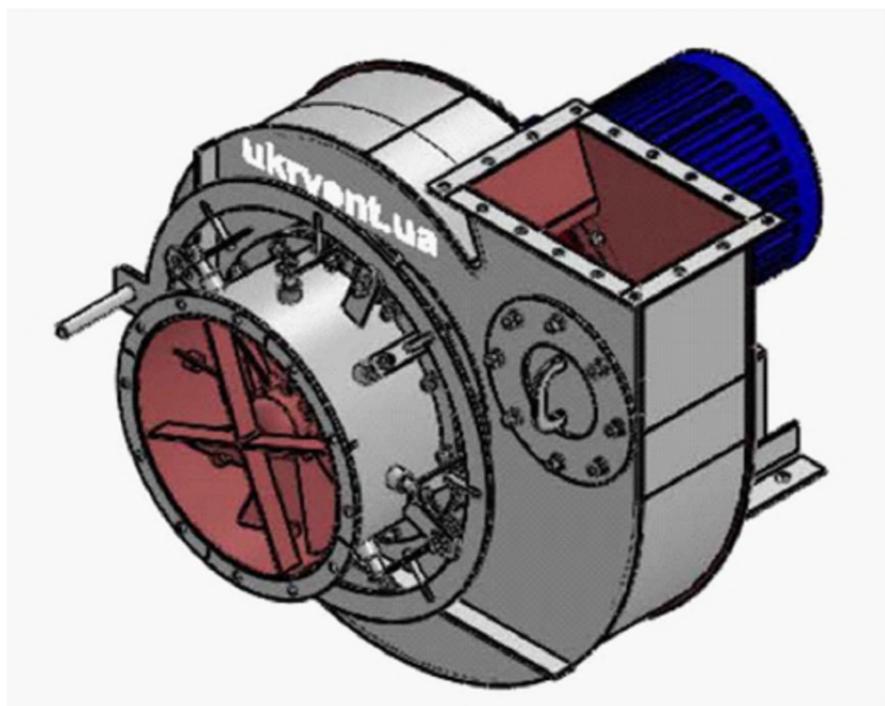


Розріз 2-2



						601НТ -11393600		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива		Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Крезуб В.М.					Р	11	
Перевір.	Голік Ю.С.							
Н. контр.	Голік Ю.С.			Розріз 2-2 Розріз 4-4		НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.							

Загальний вид димососу Д-6.1



Графік продуктивності димососу Д-6.1

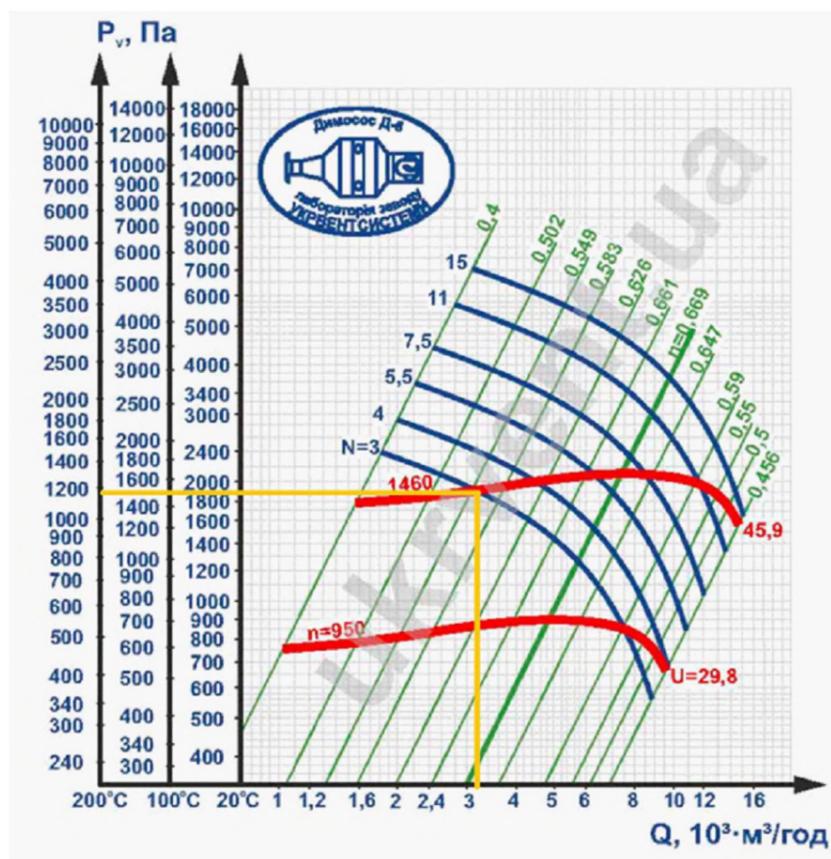
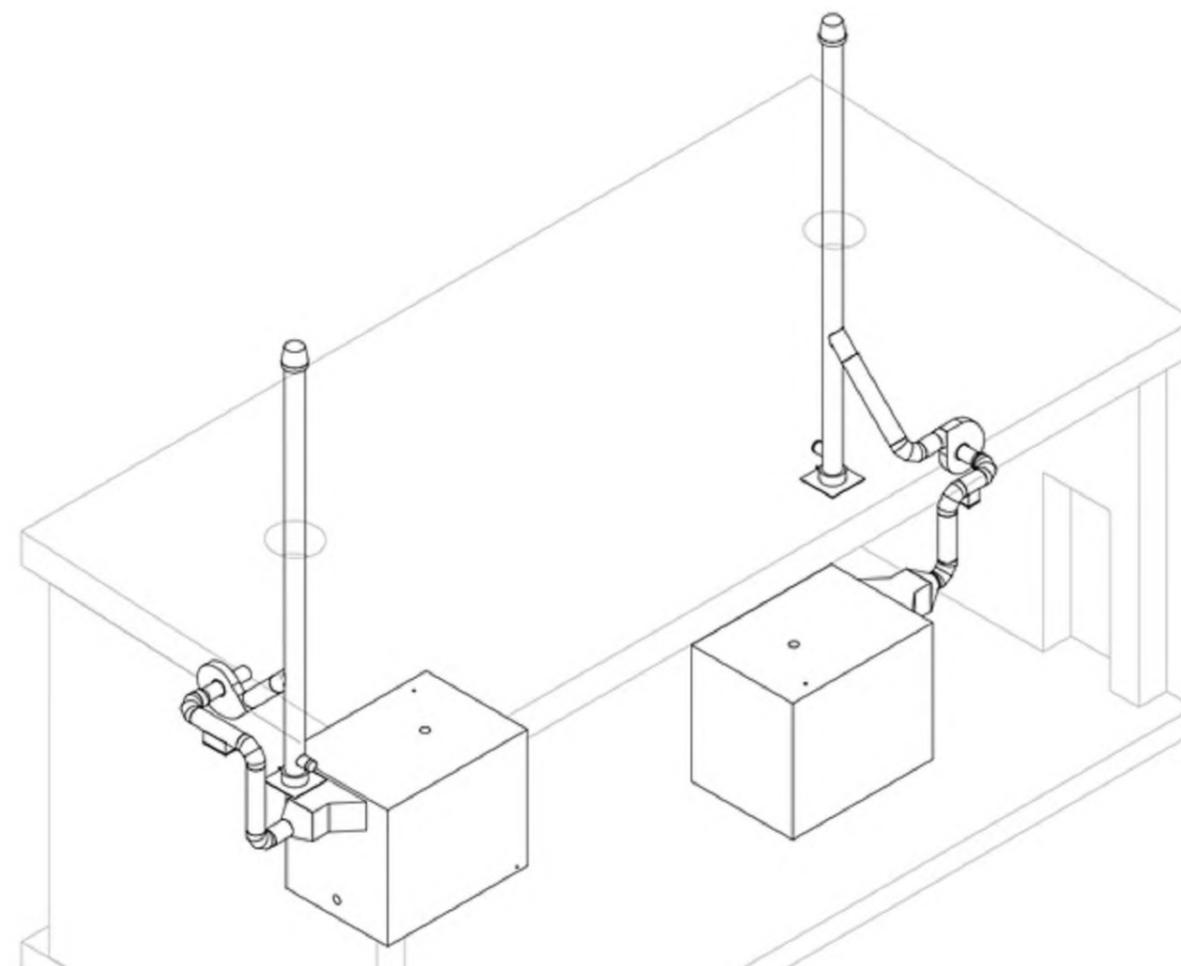


Схема встановлення димососів на газових трактах котельних агрегатів



						601НТ -11393600			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Крезуб В.М.						Р	12	
Перевір.	Голік Ю.С.								
Н. контр.	Голік Ю.С.			Схема встановлення димососів на газових трактах котельних агрегатів			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.								

## Економічні показники

Паливо для виробництва теплової енергії.

Витрати на паливо визначаються річними витратами палива  $V_{річ}$ , а також залежать від договірної ціни палива, яка включає в себе договірну ціну палива від постачальника, вартість транспортних витрат, посередницьких послуг та інші витрати.

Якщо порівняння проводити з більш калорійним вугіллям яке має значно вищу ціну то різниця у річних видатках на паливо буде зростати.

Також паливні брикети мають перевагу в екологічних показниках, оскільки мають менші значення викидів забруднюючих атмосферу речовин. Тому вартість екологічного податку також буде нижчою у порівнянні з вугіллям.

Ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення (п. 243.1 ПКУ)

Результати розрахунку свідчать кількість оксидів сірки що викидається до атмосфери при використанні паливних брикетів становить 432,3 кг/рік в той час як у вугілля, за аналогічний період складає - 1017,8 кг/рік. Різниця 585,5 кг/рік, зниження становить 42,5% від рівня емісії оксидів сірки на вугіллі.

Економічний ефект в даному випадку залежить від розмірів ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин. Оскільки в Україні розмір таких податків залишається на низькому рівні, то і перехід на альтернативні види палива з меншим рівнем емісії залишаються уповільненим у порівнянні з країнами ЄС, де ставки екологічних податків суттєво вищі.

## Кількість оксидів сірки що викидається до атмосфери



## Кількість летючої золи що викидається до атмосфери



## Економічні показники

Паливо	Вріч, т/рік	Д, грн/т	Дріч,	Різниця, грн
Вугілля	318,096	6000,00	2 067 624,00	159 048

					601НТ -11393600				
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Крезуб В.М.						Р	13	
Перевір.	Голік Ю.С.								
Н. контр.	Голік Ю.С.			Економічні показники			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.								

## Висновки

За результатами досліджень видно, що при переході з вугілля на альтернативний вид палива (брикети), відбулося зниження викидів золи у 6 разів, оксиду сірки у 2,3 рази, оксиду азоту без змін, всі ці фактори позитивно вплинуть на збереження навколишнього середовища.

Економія на вартості палива становитиме 8,3% після переведу котельні на паливні брикети з заміною котлів, таким чином природні ресурси зберігаються. Розрахунок економічної ефективності застосування альтернативного палива також показав зниження плати за викиди шкідливих речовин.

Ще одним значним плюсом саме брикетного палива є зручність у «експлуатації». Всі перелічені факти дозволяють зробити прогнози, що популярність і поширення брикет ще не досягли свого піку. Майбутнє паливного ринку – за біопаливом, та брикет зокрема. Вигідно використовувати брикети в малій та середній енергетиці.

						601НТ -11393600			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні з використанням альтернативних видів палива			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Крезуб В.М.						Р	14	
Перевір.	Голік Ю.С.								
Н. контр.	Голік Ю.С.			Висновки			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.								