

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ, ДИСТАНЦІЙНОЇ ТА ВЕЧІРНЬОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

Васюнін Дмитро Геннадійович

ТЕМА: «ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ  
СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ, ПРИЄДНАНИХ ДО КОТЕЛЬНОЇ  
ПО ВУЛ. САНАТОРНА, 3 М. СУМИ»

Кваліфікаційна робота магістра  
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»  
(Енергетичний менеджмент)

*В роботі не виявлено текстових,  
ілюстративних та інших запозичень  
без коректного на них посилання*

Керівник роботи: \_\_\_\_\_

(підпис)

Сотник М.І.

(прізвище, ім'я, по батькові)

д.т.н каф.ПГМ

(наукове звання та наукова ступінь)



5 Консультанти з проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях			

6 Дата видачі завдання 20.09.2021 р

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 20.09 до 12.10.2021	
2	Захист переддипломної практики	до 30.10.2021	
3	Виконання 1-го розділу	до 25.11.2021	
4	Виконання 2-го розділу	до 25.12.2021	
5	Виконання 3-го розділу	до 24.01.2022	
6	Представлення виконаної роботи	до 27.01.2022	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 31.01.2022	
8	Проведення захисту роботи	з 01.02 до 04.02.2022	

Студент-магістр

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник випускної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

### Умовні позначення

$T$  – температура,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$L$  – довжина, м.

$H$  – висота, м;

$B$  – ширина, м

### Індекси та скорочення

$\delta$  – товщина огорожуючої конструкції, м;

$n$  – кількість шарів в конструкції;

$k_3$  – коефіцієнт завантаження освітлення

$n_d$  – кількість однотипних джерел освітлення.

$\emptyset$  – діаметр.

### Абревіатура

ПЕР – Паливно-енергетичні ресурси.

ККД – коефіцієнт корисної дії.

ТП – Трансформаторна підстанція.

ТК – теплова камера.

ГВП – гаряче водопостачання.

ЦТП – центральний тепловий пункт.

ІТП – індивідуальний тепловий пункт.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 70 сторінок, 12 рисунків, 16 таблиць, 4 додатки, 34 літературних джерела.

*Метою роботи:* розробка заходів з підвищення енергоефективності системи теплозабезпечення будівель підключених до котельні вул. Санаторна,3 та розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі:*

- проведення дослідження та аналізу стану системи теплозабезпечення будівель приєднаних до котельні по вул. Санаторна, 3 м. Суми;
- розрахунок теплових втрат теплової мережі від котельні по вул. Санаторна,3;
- визначення основних напрямків можливої модернізації системи теплозабезпечення будівель приєднаних до котельні по вул. Санаторна, 3 м. Суми;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

*Об'єктом дослідження* в роботі є система теплозабезпечення будівель, приєднаних до котельні по вул. Санаторна, 3 м. Суми.

*Предметом дослідження* в роботі є енергетичні процеси, які відбуваються в системі теплозабезпечення будівель.

*Ключові слова:* ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, КОТЕЛ, ТЕПЛОВА МЕРЕЖА, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, ПОПЕРЕДНЬОІЗОЛЬОВАНИЙ ТРУБОПРОВІД, СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, МІКРОКЛІМАТ, ВИРОБНИЧЕ ПРИМІЩЕННЯ.

*Тема роботи* – **«Підвищення енергоефективності функціонування системи теплозабезпечення будівель, приєднаних до котельні по вул. Санаторна, 3 м. Суми».**

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ...	9
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження.....	9
1.2 Основне обладнання котельні та його характеристика .....	11
1.2.1 Водогрійний котел НІСТУ-5.....	12
1.2.2 Швидкісний водопідігрівач типу ОСТ 34-588-68.....	13
1.2.3 Відцентровий консольний насос (К150-125-315).....	14
1.3 Прилад обліку енергетичних ресурсів та води.....	15
1.4 Аналіз обсягів споживання енергетичних ресурсів та води .....	16
1.4.1 Аналіз обсягів споживання природного газу.....	16
1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії.....	17
1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води.....	19
1.5 Загальні відомості про будівлі Сумського державного університету, які підключені від котельні вул. Санаторна 3.....	20
1.6 Підвищення ефективності енерговикористання на об'єктах систем теплопостачання .....	23
1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв.....	21
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	21
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	23
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	23
1.8 Методи та сутність енергетичного аудиту.....	24
1.9 Висновки до розділу.....	27
2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ .....	28
2.1 Розрахунок тепловтрат при каналній прокладці трубопроводів ...	28
2.2 Розрахунок теплової потужності будівель.....	36
2.3 Заміна трубопроводів на попередньоізольовані пінополіуретанові ...	39
2.4 Заміна мережевого насоса на сучасний .....	45

2.5	Заміна котлів НІСТУ-5 на нові енергоефективні .....	46
2.6	Модернізація внутрішньої системи опалення будівлі АБК СумДУ ....	49
2.7	Теплоізоляція зовнішніх стін будівлі Гуртожитку №4.....	50
2.8	Висновки до розділу.....	52
3	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	53
3.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження ...	53
3.2	Умови праці: наявність шкідливих та небезпечних факторів на робочому місці оператора котельні .....	53
3.3	Мікроклімат виробничих приміщень.....	54
3.4	Шум та вібрація.....	54
3.5	Виробниче освітлення.....	55
3.6	Електробезпека.....	56
3.7	Пожежна безпека.....	56
3.8	Розрахунок вибуху метану в приміщенні.....	57
	ВИСНОВКИ.....	60
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62
	ДОДАТОК А.....	65
	ДОДАТОК Б.....	66
	ДОДАТОК В.....	67
	ДОДАТОК Г.....	68

## ВСТУП

Підвищення енергоефективності теплозабезпечення будівель – один з головних факторів соціальної стабільності і вимога безпеки життєдіяльності [1].

Теплозабезпечення – це така послуга, без якої неможливо прожити, як неможливо прожити без води та їжі. Інші комунальні послуги також вкрай необхідні, але вони забезпечують все ж комфортні умови життя [1]. У той же час тепло - це не ринковий товар, від нього неможливо відмовитися [1]. І не можна відмовитися від традиційного постачальника теплової енергії, так як споживач жорстко пов'язаний з ним стаціонарною трубопровідною системою. Тільки зниження якості і/або вартості послуг змушує споживача переходити до інших, розосереджених, автономних або децентралізованих джерел теплопостачання [1].

Низька енергоефективність теплопостачання є головною причиною високих тарифів для споживача житлово-комунальних послуг та викликом соціальної напруженості [1]. Підвищення енергоефективності - це основна умова національної економічної, екологічної та соціальної стабільності, а тому запорукою національної безпеки. Необхідно усувати бар'єри на шляху підвищення енергоефективності [1].

Для реалізації потенціалу підвищення показника енергоефективності в будівлях необхідно задіяти технологічні та організаційно-економічні інновації, розробляти заходи та механізми, що стимулюють підвищення сприйнятливості економіки до інновацій [1]. Технологічні інновації пов'язані як з істотним посиленням теплового опору огорожувальних конструкцій будівель, так і з модернізацією технологій та інженерних систем їх енергопостачання, з використанням нових підходів до розробок таких технологій і систем [1].

Питання енергоефективності та ощадливого використання енергетичних ресурсів уже довгий час є насущним для багатьох країн світу. Дедалі більша їх кількість намагається вирішити проблему ефективного використання енергоресурсів у спосіб впровадження новітніх технологій. І Україна, мірою власних можливостей, не стоїть осторонь таких тенденцій [2].

**Метою дослідження в роботі** є підвищення ефективності функціонування системи теплозабезпечення будівель приєднаних до котельні по вул. Санаторна, 3



м. Суми, аналіз фактичного споживання енергоресурсів та енергії, режимів їх споживання, діагностування стану та режимів функціонування енергоспоживаючих систем, вивчення технічних можливостей їх модернізації для запровадження нових технологій з використання у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії, розрахунок економічної доцільності їх впровадження .

**Поставленими задачами дослідження є:**

- проведення дослідження та аналізу стану системи теплозабезпечення будівель приєднаних до котельні по вул. Санаторна, 3 м. Суми;

- розрахунок теплових втрат теплової мережі від котельні по вул. Санаторна,3;

- визначення основних напрямків можливої модернізації системи теплозабезпечення будівель приєднаних до котельні по вул. Санаторна, 3 м. Суми;

- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;

- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

**Об'єктом дослідження в роботі** є система теплозабезпечення будівель, приєднаних до котельні по вул. Санаторна, 3 м. Суми.

**Предметом дослідження в роботі** є енергетичні процеси, які відбуваються в системі теплозабезпечення будівель.

Автором зібрано статистичні дані за минулі три роки щодо функціонування систем енергоспоживання будівель. Проаналізовано режими та обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії, води.

Проведено порівняльний аналіз режимів енергоспоживання та витрат енергоресурсів з чинними в Україні нормативними показниками.

Виконано необхідні економічні розрахунки. Проведено аналіз потенційно-небезпечних факторів на досліджуваному об'єкті.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є система теплозабезпечення будівель приєднаних до котельні по вул. Санаторна, 3 м. Суми (рис 1.1).



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд котельні по вул.Санаторна, 3

Дана котельня надає послуги гарячого водопостачання та опалення будівлям, перелік яких наведений в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Будівлі ,які приєднані до котельні по вул. Санаторна, 3

№ п/п	Назва будівель
1	Господарчий корпус «КНП СОР Обласний перинатальний центр»
2	Киснева «КНП СОР Обласний перинатальний центр»
3	Харчоблок «КНП СОР Обласний перинатальний центр»

Продовження таблиці 1.1

4	Пологове відділення «КНП СОР Обласний перинатальний центр»
5	Головний корпус «КНП СОР Обласний перинатальний центр»
6	Відділення гінекології «КНП СОР Обласний перинатальний центр»
7	Гуртожиток № 4 СумДУ
8	Гуртожиток № 5 СумДУ
9	АБК «Медичний інститут СумДУ»

Газифікована водогрійна котельня знаходиться в окремій будівлі, віддалена від об'єктів котрим надає теплову енергію та гарячу воду.

Стіни виконані з червоної цегли товщиною 380 мм, стеля будівлі плоска, суміщена, виконана з плит, стяжки та вкрита руберойдом, двері залізні шириною 2,5 м, вікна в приміщенні спарені, подвійне скління з розмірами вікон 2 × 2,5м, підлога в приміщенні викладена плиткою, ширина будівлі – 7 м, довжина – 30 м, висота – 5м.

Енерготехнологічна схема котельні наведена в додатку А.

Електропостачання котельні здійснюється з номінальною потужністю 0,4 кВт. по двох підземно-кабельних лініях згідно договору про постачання електричної енергії з АТ «Сумиобленерго» від ТП № 446.

Водопостачання та водовідведення котельні здійснюється централізовано згідно договору з КП «Міськводоканал» СМР по трубопроводу з діаметром 100 мм .

Вентиляція в приміщенні котельні – природня.

Теплопостачання споживачів відбувається по графіку 95-70 °С (додаток Б).

Схема теплових мереж від котельні наведена додатку В.

Кількість теплової енергії відпущеної споживачам у 2021 році склала 3900 Гкал.

Теплова потужність котельні – 18,7 Гкал/год.

Підключена потужність споживачів т/енергії – 1,828 Гкал/годину, в тому числі:

- 1,237 Гкал/годину – опалення;

- 0,391 Гкал/годину – ГВП;

- 0,2 Гкал/годину – пар.

Теплова мережа з локальною котельнею експлуатується з 1985 року.

Загальна протяжність теплових мереж –1538 м.

Теплові мережі діаметром Ø57, Ø89, Ø108, Ø159, Ø219 мм.

Спосіб прокладки трубопроводів – підземний, в непрохідних каналах.

Ізоляція трубопроводів виконана з мінеральної вати, товщина якої складає 50 мм

## 1.2 Основне обладнання котельні та його характеристика

Перелік основного обладнання котельні представлений у таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Основне обладнання котельні

Назва	Марка
Котел водогрійний, 6 шт	НІСТУ – 5
Котел водогрійний, 2 шт	КВГ 7,5
Котел паровий, 1 шт	МЗК-7А
Котел паровий, 1 шт	Е-1/0,9
Літній мережевий насос	2К6
Мережевий насос, 2 шт	6К-8А(К150-125-315)
Насос на ГВП, 2 шт	2К6
Підвищувальний насос	2К6
Підвищувальний насос	3К9
Підживлювальний насос	ВК-4/24
Підживлювальний насос	ВК-5/24
Насос живильний, 2 шт	ПН-1/16
Насос конденсатний, 2 шт	1,5К-6
Водопідігрівач	ОСТ 34 – 588 - 68

В даній котельні на обліку знаходиться 6 водогрійних газових котлів марки НІСТУ - 5, 2 котли КВГ 7,5 знаходяться на консервації через надмірну потужність, котел паровий газовий марки МЗК-7А, та Е-1/0,9. На літній період використовуються два котли НІСТУ – 5 для системи ГВП, коли відсутнє теплопостачання споживачів, інші 4 котли не працюють.

### 1.2.1 Водогрійний котел НІСТУ-5

Технічна характеристика котла НІСТУ-5 представлена у таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Технічна характеристика котла НІСТУ-5

Найменування показника	НІСТУ-5
Об'єм опалюваного приміщення, м <sup>3</sup>	15000
Номінальна теплопродуктивність, МВт	0,5
ККД, %	79
Температура води на виході, °С	115
Габарити трубної частини, мм	3140x1400x1900
Габарити з обмурівкою, мм	3160x2105x2800
Маса, кг	1941

Зовнішній вигляд котла НІСТУ -5 наведено на рисунку 1.2



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд котла НІСТУ – 5

Котел водогрійний НІСТУ-5 призначений для систем водяного опалення та гарячого водопостачання житлових, адміністративних та промислових об'єктів із примусовою циркуляцією води зі статичним тиском у системі до 7 кг/см<sup>2</sup> та мінімальною температурою теплоносія до 115°С [3].

Водогрійний котел НІСТУ-5 складається з пакета котла, колосникової системи, повітроводу, фронту та топки, двох керованих димових шиберів, теплоізоляції, каркасу, запірної та запобіжної арматури, контрольно-вимірювальних приладів [3].

### 1.2.2 Швидкісний водопідігрівач типу ОСТ 34-588-68

На котельні встановлений швидкісний водопідігрівач типу ОСТ 34-588-68, схематичне зображення якого показано на рисунку 1.3.

Водопідігрівач ОСТ 34-588-68 має сталевий корпус з латунними трубками, діаметром 16x1 мм [4]. Такі водопідігрівачі виконуються на тиск  $P_y = 1,0$  МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>) при граничній температурі води до 200°С [4].

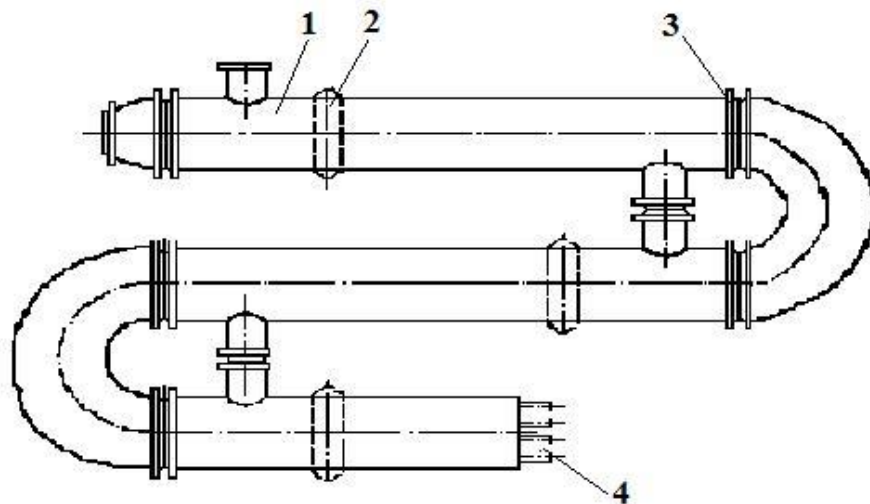


Рисунок 1.3 – Схематичне зображення швидкісного водопідігрівача типу ОСТ 34-588-68 [4]:

1 - корпус, 2 - лінзовий компенсатор, 3 - грати, 4 - латунні трубки.

Водонагрівачі ОСТ 34-588-68 випускають окремими секціями зовнішнім діаметром від 57 до 325 мм з поверхнею нагрівання кожної секції від 0,37 до 28 м<sup>2</sup>.

Необхідна поверхня нагріву водонагрівача комплектується з однотипних секцій, з'єднаних між собою калачами. Секція складається з корпусу 1 з привареними до неї сталевими трубними ґратами 3 та пучка латунних трубок 4 діаметром 16x1 мм. До корпусу приварені патрубки з фланцями для з'єднання секцій у міжтрубному просторі. Гаряча вода з тепломережі направляється в міжтрубний простір, а вода, що нагрівається, переміщується по трубках водонагрівача [4].

### 1.2.3 Відцентровий консольний насос (К150-125-315)

Електронасоси типу «К» – відцентрові, консольні, одноступінчаті з одностороннім підведенням рідини до робочого колеса, призначені для перекачування чистої води, виробничо-технічного призначення (окрім морської) з рН 6...9, температурою від 273 до 358К (від 0 до + 85 °С) і від 273 до 378К (від 0 до 105°С), і інших рідин, схожих з водою по щільності, в'язкості і хімічної активності, що містять тверді включення розміром до 0,2 мм, об'ємна концентрація яких не перевищує 0,1% [5].

Ущільнення валу насоса - одинарне, подвійне сальникове або одинарне торцеве. Найбільший надмірний тиск, що допускається, на вході в насос, для насосів з м'яким сальником, 0,35МПа(3,5 кгс/см<sup>2</sup>), з торцевим ущільненням 0,6 МПа(6,0 кгс/см<sup>2</sup>). Матеріал деталей проточної частини - сірий чавун .

Технічні характеристики насосу 3К9 приведені в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики насосу (К150-125-315)

Марка насосу	Параметри насоса		Допустимий кавітаційний запас, м, не більше	ККД насоса, %	Частота обертання, об\хв	Потужність двигуна, кВт
	Подача, м <sup>3</sup> \год	Напір, м				
3К9	160	30	4	72	1450	22

Зовнішній вигляд насосу (К150-125-315) наведено на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд насосу [5]

### 1.3 Прилади обліку енергетичних ресурсів та води

Облік споживання електричної енергії відбувається за допомогою лічильника індуктивного трьохфазного НІК2303 L АРПЗ [6].

Облік споживання води відбувається за допомогою лічильника холодної води типу SENSUS Q<sub>n</sub> 10 [7].

Облік споживання природного газу відбувається за допомогою лічильника газу ультразвукового «КУРС-01» (рис 1.5).



Рисунок 1.5 – Лічильник обліку газу типу «Курс-01» [8]

Основні характеристики ультразвукового лічильника газу «Курс-01» [8]:

Робочий тиск газу не більше ніж 600 кПа.

Максимальний об'єм газу – 250 м<sup>3</sup>/год.

Мінімальний об'єм газу – 12,5 м<sup>3</sup>/год.



Діапазон температур робочого середовища від мінус 25 до 50 градусів.

Міжповітряний інтервал - 2 роки.

#### 1.4 Аналіз обсягів споживання енергетичних ресурсів та води

##### 1.4.1 Аналіз обсягів споживання природного газу

Обсяги споживання природного газу котельнею для підігріву води для водяних теплових мереж, ГВП та паровими котлами по місяцям за 2019,2020 та 2021 р. наведено в таблиці 1.5, та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.5 – Обсяги споживання природного газу за 2019-2021 роки

Місяці	Споживання природного газу, тис. м <sup>3</sup>		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	101,78	98,99	100,81
Лютий	96,75	93,45	95,62
Березень	83,58	80,45	82,07
Квітень	40,74	38,74	39,92
Травень	15,41	14,78	16,75
Червень	14,78	14,36	15,20
Липень	5,74	3,96	4,64
Серпень	10,68	11,47	10,88
Вересень	13,78	12,69	12,64
Жовтень	39,78	38,54	37,32
Листопад	65,12	63,47	62,54
Грудень	84,42	83,29	84,98
<b>Всього</b>	<b>572,56</b>	<b>554,19</b>	<b>563,37</b>

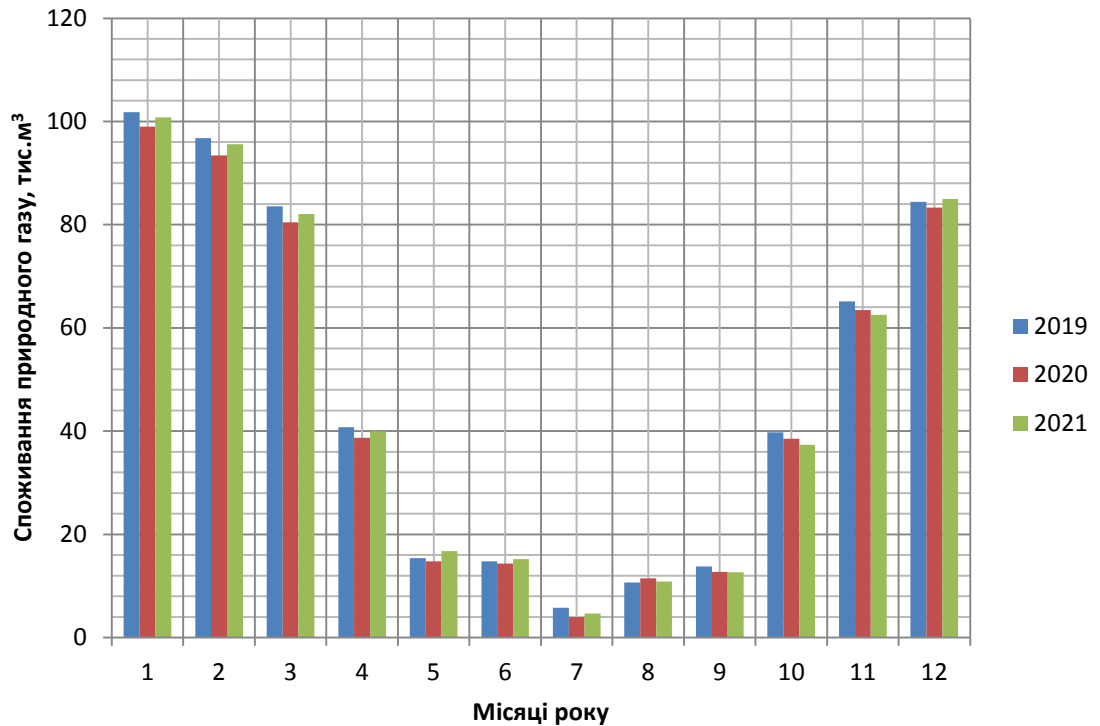


Рисунок 1.5 – Діаграма споживання природного газу за 2019-2021 роки

Значне збільшення споживання газу котельнею спостерігаємо в осінньо - зимовий період в зв'язку з включенням системи опаленням та використанням газу для нагрівання води для водяних теплових мереж.

Зменшення споживання газу приходиться на літній період, коли в системі працює лише два котли на нагрівання води для системи ГВП та один котел для виготовлення пари для пральні пологового будинку. Максимум споживання газу припадає на місяць січень, а мінімум на місяць липень відповідно.

#### 1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії котельнею по місяцях за 2019, 2020 і 2021 роки наведено в таблиці 1.6, та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання електричної енергії за 2019 – 2021 роки

Місяці	Споживання електричної енергії, кВт·год		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	12145	12241	12037
Лютий	10954	10985	10870
Березень	11365	11697	11898
Квітень	8569	8547	8481
Травень	4978	4965	4895
Червень	4859	4825	4946
Липень	2147	2214	2072
Серпень	4589	4697	4485
Вересень	5347	5198	5261
Жовтень	9547	9565	9445
Листопад	11312	11412	11347
Грудень	12145	12642	12148
<b>Всього</b>	<b>97957</b>	<b>98988</b>	<b>97885</b>

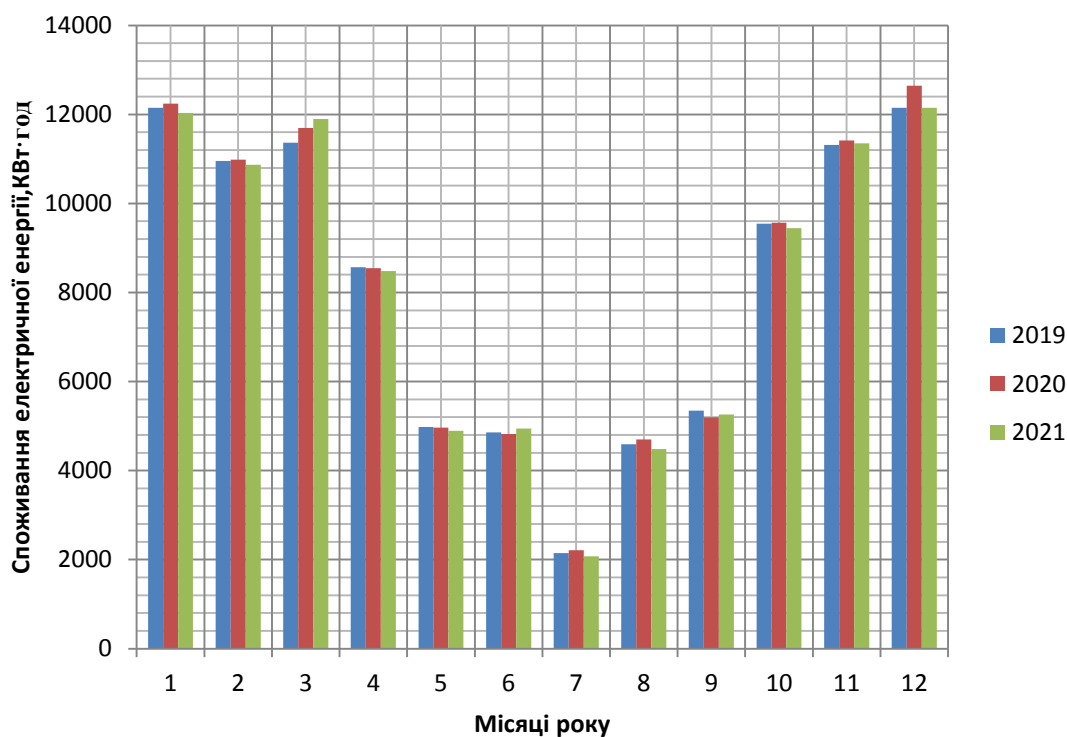


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання електричної енергії за 2019-2021 роки

Значне збільшення споживання електроенергії котельнею спостерігаємо в осінньо - зимовий період в зв'язку з включенням системи опалення та використанням групи насосного обладнання для циркуляції теплоносія в теплових мережах. Найменше споживання електроенергії приходить на літній період, коли в системі працює лише два насоси для подачі гарячої води для системи ГВП.

#### 1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води котельнею по місяцях за 2019, 2020 і 2021 роки наведено в таблиці 1.7, та на рисунку 1.8.

Таблиця 1.7 – Обсяги споживання холодної води за 2019 – 2021 роки

Місяці	Споживання холодної води, м <sup>3</sup>		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	42	40	43
Лютий	45	42	47
Березень	41	44	44
Квітень	48	46	44
Травень	13	11	12
Червень	10	9	12
Липень	5	4	6
Серпень	65	64	69
Вересень	46	52	47
Жовтень	95	96	99
Листопад	91	92	95
Грудень	88	86	90
<b>Всього</b>	<b>589</b>	<b>586</b>	<b>608</b>

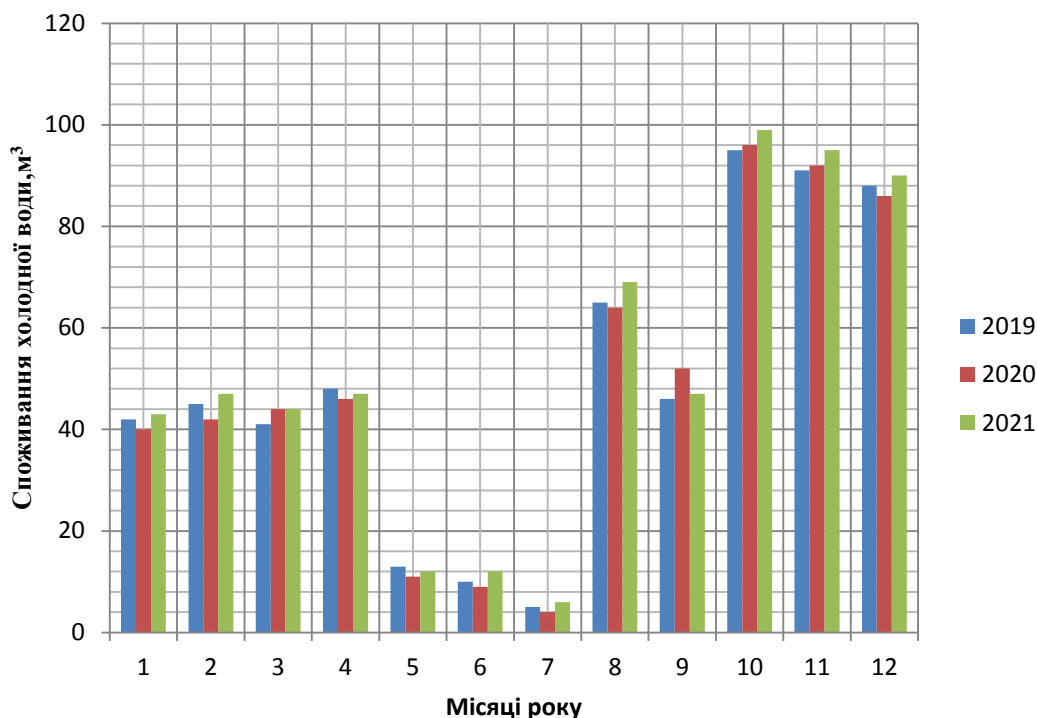


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання холодної води за 2019-2021 роки

Значне споживання води котельною спостерігаємо в осінньо - зимовий період в зв'язку з втратами води під час нагріву теплоносія, найменше споживання води приходить на літній період, коли використовується вода лише на один паровий котел для виготовлення пари та на подачу гарячої води для системи ГВП.

1.5 Загальні відомості про будівлі Сумського державного університету, які підключені від котельні вул. Санаторна 3

Гуртожиток № 4 розташований за адресою: м. Суми, вул. Санаторна 31.

Будинок побудований за проектом 1992 р. Зовнішній вигляд фасаду будинку наведено на рисунку 1.8.

Будинок п'ятиповерховий з неопалюваним підвальним приміщенням та холодним горищем.

Будинок має прямокутну форму в плані, розмірами в осях 16,3 м x 56 м. Загальна висота будинку від відмітки підлоги першого поверху до верхньої відмітки покрівлі 14,2 м.



Рисунок 1.8 – Зовнішній вигляд будівлі гуртожитку №4 СумДУ

Основні об'ємно-планувальні показники згідно наданої інформації:

- Опалювальна площа будівлі – 2793,5 м<sup>2</sup>.
- Опалювальний об'єм будівлі – 8100 м<sup>3</sup>.
- Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій – 4760 м<sup>2</sup>.
- Загальна площа зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій – 341,56 м<sup>2</sup>.
- Загальна площа перекриття холодного горища –  $F_{пк} = 1318,2$  м<sup>2</sup>.
- Загальна площа перекриття над технічним підпіллям –  $F_{ц2} = 1318,2$  м<sup>2</sup>.

Гуртожиток № 5, розташований за адресою: м. Суми, вул. Санаторна 32.

Будинок побудований за проектом 1992 р. Зовнішній вигляд фасаду будинку наведено на рисунку 1.9.

Будинок п'ятиповерховий з неопалюваним підвальним приміщенням та холодним горищем.

Будинок має прямокутну форму в плані, розмірами в осях 16,3 м x 56 м. Загальна висота будинку від відмітки підлоги першого поверху до верхньої відмітки покрівлі 14,2 м.

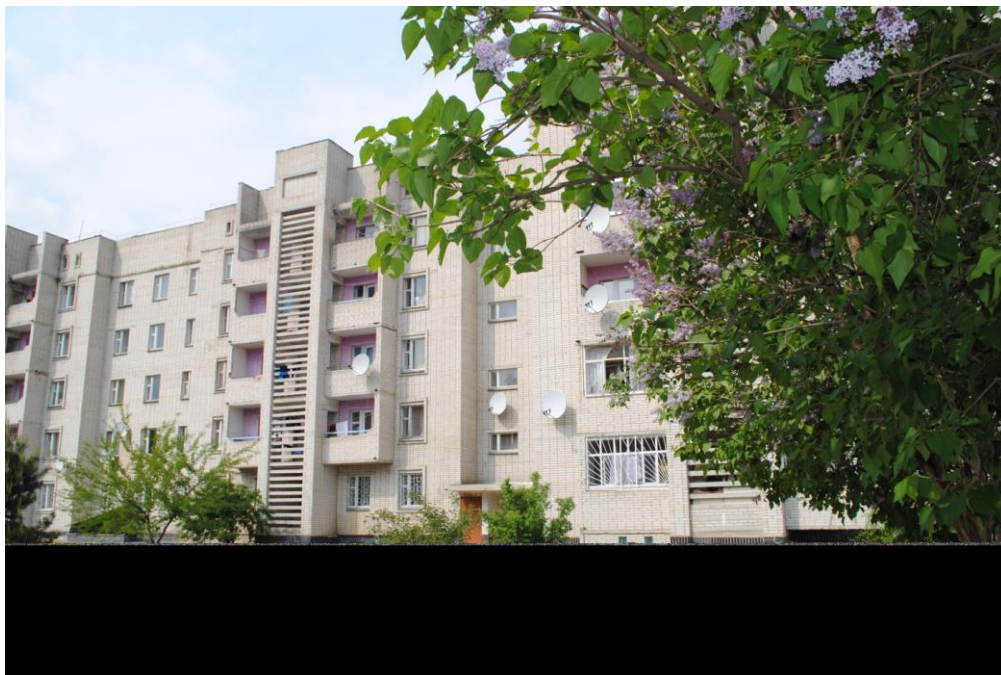


Рисунок 1.9 – Загальний вигляд будівлі гуртожитку №5 СумДУ

Основні об'ємно-планувальні показники згідно наданої інформації:

- Опалювальна площа будівлі – 3393,3 м<sup>2</sup>.
- Опалювальний об'єм будівлі – 7807 м<sup>3</sup>.
- Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій – 4772,2 м<sup>2</sup>.
- Загальна площа зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій без врахування заскленого балкону – 321,3 м<sup>2</sup>.
- Загальна площа перекриття холодного горища – 1045,4 м<sup>2</sup>.
- Загальна площа перекриття над технічним підпіллям – 1045,4 м<sup>2</sup>.

Адміністративно-побутовий корпус, розташований за адресою: м. Суми, вул. Санаторна 31.

Будинок побудований за проектом 1992 р. Зовнішній вигляд фасаду будинку наведено на рисунку 1.10.

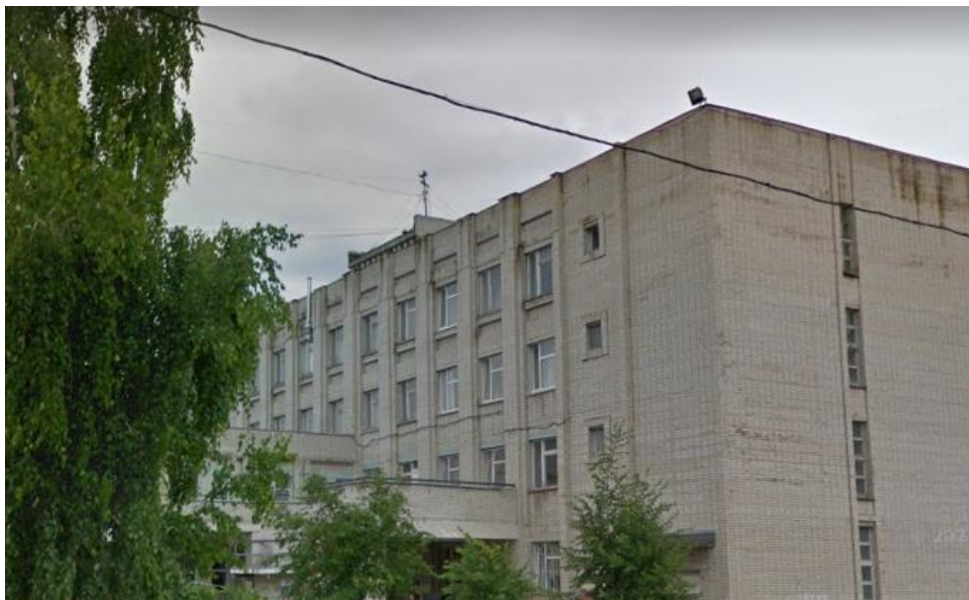


Рисунок 1.10 – Зовнішній вигляд АБК СумДУ

Основні об'ємно-планувальні показники згідно наданої інформації:

- Опалювальна площа будівлі – 5184,4 м<sup>2</sup>.
- Опалювальний об'єм будівлі – 21511,2 м<sup>3</sup>.
- Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій – 10388,9 м<sup>2</sup>.
- Загальна площа зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій без врахування заасклоного балкону – 875,2 м<sup>2</sup>.
- Загальна площа перекриття холодного горища – 3177,6 м<sup>2</sup>.
- Загальна площа перекриття над технічним підпіллям – 3177,6 м<sup>2</sup>.

Обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії та води будівлями гуртожитку №4, №5 та АБК за 2021 рік наведено в додатку Г.

#### 1.6 Підвищення ефективності енерговикористання на об'єктах систем теплопостачання

Загальною проблемою енергозбереження в Україні є висока енергоємність продукції, що є наслідком суттєвого технологічного відставання економіки держави від рівня розвинутих країн. На відміну від промислово розвинутих країн, де енергозбереження є елементом економічної та екологічної доцільності, для України - це питання виживання [9].



Адміністративні, законодавчі, фінансові заходи щодо її стимулювання. Про енергозбереження можна говорити як про новий енергетичний ресурс, залучення якого в господарський обіг дозволить знизити енергоємність суспільного виробництва. Передбачається, що енергозбереження, витісняючи інші енергоресурси із паливно-енергетичного балансу, саме стає своєрідним енергетичним ресурсом. Філософія енергозбереження та підвищення енергоефективності для України має свої характерні риси. Задекларована пріоритетність політики енергозбереження в Україні тривалий час не була підкріплена ефективною формою та механізмами взаємодії влади, бізнесу та наукового потенціалу у питаннях впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій. Мета енергозберігаючої політики полягає не в обмеженні споживання енергоресурсів, а у підвищенні ефективності використання первинних енергоносіїв. Світовий досвід свідчить, що лише там відбулось швидке досягнення міжнародної конкурентоспроможності держави, де наріжним каменем державної політики постала енергоефективність. Якщо в Західній Європі величина потенціалу енергозбереження дорівнює 10–20% обсягів споживання енергоресурсів, то в Україні ця цифра перевищує 45%. Зростання енергоефективності в нашій країні можливе за рахунок реалізації науково обґрунтованої, системної та програмно і законодавчо підкріпленої політики енергоефективності [10].

На сьогодні проблема підвищення ефективності функціонування енергетичної структури нашої держави вимагає комплексної модернізації всіх її складових. Підвищення енергетичної ефективності енергетичної інфраструктури може здійснюватися як за окремими технологіями (технологічна модернізація), пооб'єктно (об'єктна модернізація), так і системи в цілому (системна модернізація)[10]. Пошук оптимальної конфігурації можливостей за існуючих економічних, екологічних та соціальних обмежень в енергетичній політиці є складною проблемою і викликом для сучасної цивілізації, що виходить далеко за межі навіть глобальної енергетичної кризи 70-х рр. ХХ ст [10]. Відповідь промислово розвинутих країн була сфокусована на активізації політики енергоефективності та енергозбереження [10].

Одним з основних елементів системи є джерело теплоти. В системі комунального теплопостачання таким джерелом являється котельня. Котельня в системі теплопостачання - це комплекс агрегатів, установок і пристроїв, призначених для вироблення теплової енергії (у вигляді нагрітої води або пари) і підготовки теплоносіїв до транспорту через теплові мережі до зовнішнього споживача [9].

Спільним для всіх рівнів системи теплопостачання є цільовий продукт - теплоносії, тобто, існує єдина задача - виробництво та передача цільового продукту з мінімальними витратами [9].

Систему комунального теплопостачання слід розглядати як складну систему взаємостосунків господарюючих суб'єктів, зв'язаних технологічними процесами виробництва та споживання теплоносія і економічними відносинами [9].

Система теплопостачання є також складною динамічною енерготехнологічною системою із впорядкованою ієрархічною структурою, що має багатопараметричні взаємозв'язки між параметрами технологічного процесу, виробничими процесами та споживанням електроенергії, поведінка якої внаслідок взаємодії складових частин може не бути оптимальною, навіть якщо всі підсистеми мають оптимальні характеристики [9].

За допомогою енергетичного бенчмаркінгу можна навести оцінку рівня енерговикористання в системі теплопостачання, яка в свою чергу охоплює всі найбільш важливі оцінки господарської діяльності підприємства, виключає дублювання окремих показників, дозволяє швидко та ефективно отримати картину стану підприємства на рівні системи та стану котелень в середині підприємства [9].

Бенчмаркінг - це пошук і застосування підприємством практики, яка є еталонною для даної галузі. І його результатом є удосконалення «діяльності» [9].

Розглянутий метод має явні переваги. Він є зручним для використання при дослідженні енергоефективності котелень теплопостачального підприємства, охоплює основні напрями діяльності теплопостачальної компанії [9].

Практична значимість методичних розробок полягає в тому, що вони можуть бути широко використані підприємствами теплопостачання в управлінні господарською діяльністю і повинні мати конкретний енергоекономічний ефект.

Розкрити можливості використання методики застосування нових технологій доцільно на прикладі формування стратегії інноваційного розвитку [9].

Однією з ознак ефективності роботи котла є його витрата палива. Величина, яка чітко характеризує економічність котла є його питома витрата палива. Враховуючи нерівномірність графіка навантаження, величина питомої витрати палива буде змінюватись відносно ступеня завантаженості котла. Тому, питому витрату палива доцільно визначати за рівнем завантаженості котла при різних режимах його роботи [9].

Під час формування принципів побудови рейтингу оцінювання рівня ефективності енерговикористання в котельнях теплопостачання необхідно враховувати такі його основні характеристики, як комплексність та порівнювальність [9]. При цьому під комплексною оцінкою рівня ефективності енерговикористання в системах теплопостачання розуміється характеристика, отримана в результаті одночасного і узгодженого вивчення сукупності показників, що відображають всі (або більшість) важливі аспекти ефективності енерговикористання, і що містить узагальнені висновки щодо результатів у сфері енергоефективності котельні теплопостачання [9].

Виходячи з фактичного технічного стану всіх технологічних ланок системи виробництва та розподілу теплової енергії, для підвищення енергоефективності її функціонування, стимулювання підприємств – надавачів послуг з теплозабезпечення до економічного споживання енергоресурсів вбачається доцільним розробка та реалізація основних інженерно-технічних заходів, які направлені на:

- модернізацію котельного та допоміжного обладнання на об'єктах генерації теплової енергії;
- заміну та реконструкцію тепломереж для зниження втрат енергії та води в мережах;
- ремонт та заміна теплообмінного обладнання в системах централізованого ГВП шляхом впровадження нових пластинчастих теплообмінників у ЦТП та ІТП будівель з прямими тепловими вводами;
- повне оснащення лічильниками холодної води та гарячої води ЦТП;

- подальшу модернізацію і доповнення систем автоматизованого управління технологічними процесами генерації та транспортування теплової енергії;
- використання місцевих видів палива, нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в технологічних процесах генерації теплової енергії;
- устанавлення у теплових вузлах будівель бюджетних закладів сучасних індивідуальних теплових пунктів з погодозалежним регулюванням подачі теплоносія разом з автоматизованою системою моніторингу теплоспоживання;
- подальше підвищення надійності функціонування систем тепlopостачання шляхом будівництва додаткових резервних мереж та перемичок;
- подальше впровадження системи диспетчеризації та прогнозування споживання та генерації теплової енергії.

#### 1.7 Висновки до розділу

Котельня по вул. Санаторна,3 введена в експлуатацію в 1985 році.

В котельні встановлено 10 котлів, потужністю – 18,454 Гкал/годину.

Підключена потужність споживачів т/енергії – 1,828 Гкал/годину, в тому числі:

- 1,237 Гкал/годину – опалення;
- 0,391 Гкал/годину – ГВП;
- 0,2 Гкал/годину – пар.

Розглянуто основне обладнання котельні. Виконано аналіз спожитих енергоресурсів котельнею за 2019-2021 рр.

Виконано загальний опис будівель СумДУ, які підключені до котельні за адресою вул. Санаторна,3.

## 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

### 2.1 Розрахунок тепловтрат при каналній прокладці трубопроводів

При спільній прокладці двох теплопроводів в каналі тепловий потік від одного теплопроводу впливає на тепловий потік сусіднього теплопроводу, що позначається на температурі повітря в каналі. При сталому тепловому потоці від каналу в ґрунт, тобто при досягненні стаціонарного режиму, кількість тепла, що віддається обома теплопроводами в канал, буде дорівнювати кількості тепла, що віддається каналом в ґрунт. На рисунку 2.1 зображена схема каналної прокладки двотрубною тепловою мережі в непрохідних каналах

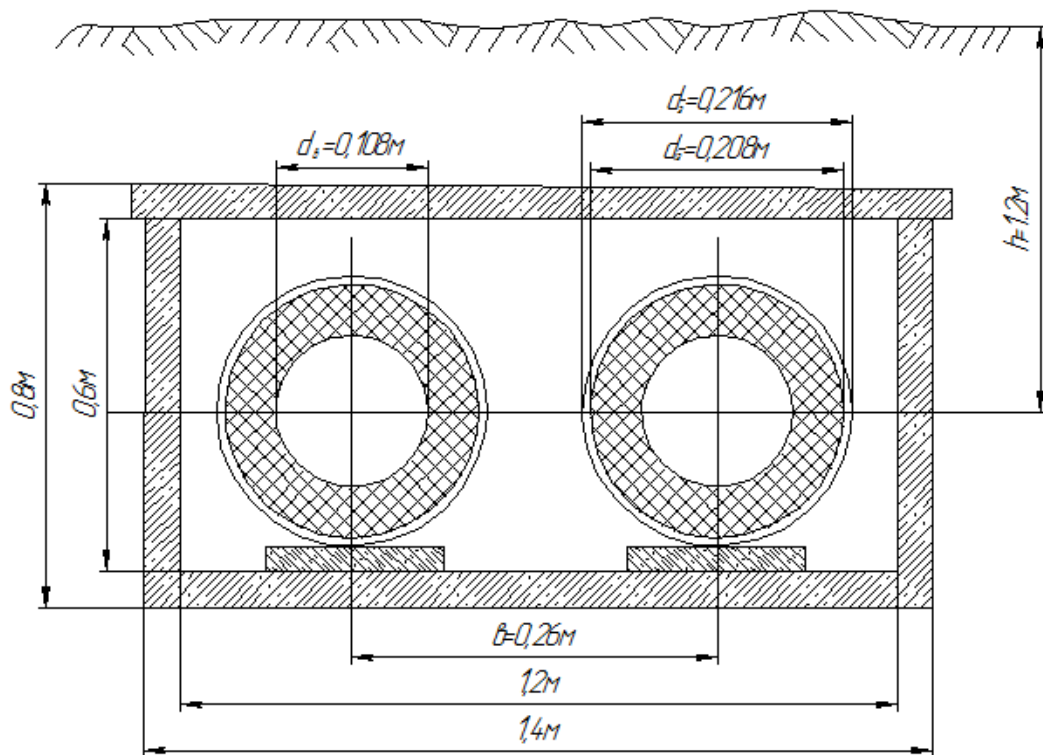


Рисунок 2.1– Канальна прокладка двотрубною тепловою мережі в непрохідних каналах

Коефіцієнт теплопровідності основного шару ізоляції, який складається з мінеральної вати визначається [11]:

$$\lambda_i = K \cdot (\lambda_{\text{мін.ват}} + 0,00028 \cdot t_c), \quad (2.1)$$

де  $t_{c1} = \frac{\tau_{c1} + 40}{2}; ^\circ\text{C}$  – для подаючого трубопроводу ( $\tau_{c1}$  – середньорічна температура теплоносія в подаючому трубопроводі);

$t_{c2} = \frac{\tau_{c2} + 40}{2}; ^\circ\text{C}$  – для зворотного трубопроводу ( $\tau_{c1}$  – середньорічна температура теплоносія в зворотному трубопроводі);

$\lambda_{\text{мін.ват.}}$  – коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати;

$K$  – поправочний коефіцієнт до коефіцієнтів теплопровідності теплоізоляційних матеріалів залежно від технічного стану, відповідно [11] для частково зруйнованої теплоізоляційної конструкції, ущільнення основного шару ізоляції якої 30-50% з періодичним частковим підтопленням  $K = 1,8 - 2,2$ .

Термічний опір основного шару ізоляції для кожної труби визначається як:

$$R_i = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \ln \frac{d_i}{d_n}; \quad (2.2)$$

де  $d_i$  – зовнішній діаметр труби з ізоляцією;

$d_n$  – діаметр теплопроводів

Основний шар теплоізоляції подаючого і зворотного трубопроводу обгорнений у покривним шаром скловолокна у 2 шари. Термічний опір покривного шару ізоляції для кожної труби за [11] визначається як:

$$R_{\text{ну}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{ну}}} \ln \frac{d_{\text{ну}}}{d_i}; \quad (2.3)$$

де  $\lambda_{\text{ну}}$  – коефіцієнт теплопровідності покривного шару, за [11]

Термічний опір на поверхні покривного шару для кожного трубопроводу за [11] визначається як:

$$R_{II} = \frac{1}{\pi \cdot d_{nu} \cdot \alpha}; \quad (2.4)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі на поверхні покриття, [11].

Термічний опір кожного трубопроводу:

$$\begin{aligned} R_1 &= R_{i1} + R_{mu} + R_{II}; \\ R_2 &= R_{i1} + R_{nu} + R_{II}; \end{aligned} \quad (2.5)$$

З порівняння термічних опорів шару ізоляції і на поверхні труби слідує, що термічний опір на поверхні становить близько 6% від загального термічного опору труби. Отже, висловлені раніше думки про можливість визначення коефіцієнта  $\alpha$  по наближеному табличному значенні, справедливі.

Подаючий і зворотній трубопроводу прокладені в каналі розмірами 1400×600 мм, товщина коробу 200 мм. Еквівалентні внутрішній і зовнішній діаметри каналу, приймаючи розміри каналу по [11], дорівнюють:

$$d_{в.е.} = \frac{4 \cdot a \cdot b}{a + b}; \quad (2.6)$$

$$d_{н.е.} = \frac{4 \cdot (a + c) \cdot (b + c)}{a + b + c}; \quad (2.7)$$

Приймаючи коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні каналу  $\alpha = 8,00$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) [12], розраховуємо термічний опір на поверхні каналу:

$$R_{ПК} = \frac{1}{\pi \cdot d_{в.е.} \cdot \alpha}; \quad (2.8)$$

Термічний опір стінок каналу при коефіцієнті теплопровідності залізобетонної стінки каналу  $\lambda_K = 1,6 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$  [11]:

$$R_K = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_K} \ln \frac{d_{н.е.}}{d_{в.с.}}; \quad (2.9)$$

Термічний опір ґрунту при коефіцієнті теплопровідності  $\lambda_r = 0,62 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$  [11]:

$$R_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_r} \ln \frac{4 \cdot h}{d_{н.е.}}; \quad (2.10)$$

Сумарне термічний опір потоку тепла від повітря в каналі в ґрунт визначається як:

$$R_0 = R_{ПК} + R_K + R_r; \quad (2.11)$$

Враховуючи, що середньозимова температура в ґрунті  $t=4^\circ\text{С}$ , визначимо температуру повітря в каналі як:

$$t_K = \frac{\tau_1 / R_1 + \tau_2 / R_2 + t_0 / R_0}{1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_0}; \quad (2.12)$$

Питомі втрати теплоти подаючим і зворотним ізолюваними теплопроводами за [11] визначаються як:

$$q_i = \frac{\tau_i - t_{Ki}}{R_i}; \quad (2.13)$$

Сумарні питомі втрати [11]:



$$q = q_1 + q_2 ; \quad (2.14)$$

Приклад розрахунку

Розрахунки виконаємо за допомогою формул 2.1 – 2.14.

Коефіцієнт теплопровідності основного шару ізоляції для подаючого трубопроводу згідно формули 2.1:

$$\lambda_{i1} = 2 \cdot (0,1 + 0,00028 \cdot 54) = 0,230 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С}).$$

Коефіцієнт теплопровідності основного шару ізоляції для зворотного трубопроводу розраховуємо за 2.1:

$$\lambda_{i1} = 2 \cdot (0,1 + 0,00028 \cdot 43,5) = 0,224 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С}).$$

Термічний опір основного шару ізоляції для подаючого трубопроводу розраховуємо за 2.2:

$$R_{i1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,230} \ln \frac{0,208}{0,108} = 0,453 \text{ (м} \cdot ^\circ\text{С)}/\text{Вт}.$$

де  $d_i$  – зовнішній діаметр труби з ізоляцією ( $d_i=208$  мм);

$d_n$  – діаметр теплопроводів ( $d_i=108$  мм)

Термічний опір основного шару ізоляції для зворотного трубопроводу розраховуємо за 2.2:

$$R_{i2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,224} \ln \frac{0,208}{0,108} = 0,465 \text{ (м} \cdot ^\circ\text{С)}/\text{Вт}.$$

Основний шар теплоізоляції подаючого і зворотного трубопроводу обгорнений у покривним шаром скловолокна у 1 шарі ( $\delta_{nu} = 0,008 \text{ м}$ ).

Термічний опір покривного шару ізоляції для кожної труби

$$R_{nu} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,06} \ln \frac{0,216}{0,208} = 0,1 (\text{м} \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт}.$$

де  $\lambda_{nu} = 0,06$ , згідно [11].

Термічний опір на поверхні покривного шару для кожного трубопроводу:

$$R_{II} = \frac{1}{\pi \cdot 0,216 \cdot 8} = 0,184 (\text{м} \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт}$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі на поверхні покриття,  $\alpha = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$  [11, додаток 10].

Термічний опір кожного трубопроводу:

$$R_1 = R_{i1} + R_{nu} + R_{II} = 0,45 + 0,1 + 0,184 = 0,734 (\text{м} \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт},$$

$$R_2 = R_{i2} + R_{nu} + R_{II} = 0,46 + 0,1 + 0,184 = 0,744 (\text{м} \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт}.$$

З порівняння термічних опорів шару ізоляції і на поверхні труби робимо висновок, що термічний опір на поверхні становить близько 6% від загального термічного опору труби. Отже, висловлені раніше думки про можливість визначення коефіцієнта  $\alpha$  по наближеному табличному значенні, справедливі.

Подаючий і зворотній трубопроводу прокладені в каналі розмірами  $1200 \times 600$  мм, товщина коробу 200 мм. Еквівалентні внутрішній і зовнішній діаметри каналу, приймаючи розміри каналу по [11], дорівнюють:

$$d_B = \frac{4 \cdot F}{P} = \frac{4 \cdot 1,2 \cdot 0,6}{2 \cdot (1,2 + 0,6)} = 0,8 \text{ м}^2,$$

$$d_3 = \frac{4 \cdot 1,4 \cdot 0,8}{2 \cdot (1,4 + 0,8)} = 1,01 \text{ м}^2.$$

Приймаючи коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні каналу  $\alpha = 8,00$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) [512], розраховуємо термічний опір на поверхні каналу:

$$R_{ПК} = \frac{1}{\pi \cdot d_{в.с.} \cdot \alpha} = \frac{1}{\pi \cdot 0,8 \cdot 8} = 0,04 \text{ (м}^{\circ}\text{С)/Вт.}$$

Термічний опір стінок каналу при коефіцієнті теплопровідності залізобетонної стінки каналу  $\lambda_K = 1,6$  Вт/(м·°С) [11]:

$$R_K = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_K} \ln \frac{d_{н.с.}}{d_{в.с.}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1,6} \ln \frac{1,01}{0,8} = 0,02 \text{ (м}^{\circ}\text{С)/Вт.}$$

Термічний опір ґрунту при коефіцієнті теплопровідності  $\lambda_r = 0,62$  Вт/(м·°С) [11]:

$$R_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_r} \ln \frac{4 \cdot h}{d_{н.с.}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,62} \ln \frac{4 \cdot 1,2}{1,01} = 0,4 \text{ (м}^{\circ}\text{С)/Вт.}$$

Сумарне термічний опір потоку тепла від повітря в каналі в ґрунт визначається як:

$$R_0 = R_{ПК} + R_K + R_r = 0,049 + 0,023 + 0,4 = 0,472 \text{ (м}^{\circ}\text{С)/Вт.}$$

Враховуючи, що середньо зимова температура в ґрунті  $t=4^{\circ}\text{С}$ , визначимо температуру повітря в каналі як:

$$t_K = \frac{\tau_1 / R_1 + \tau_2 / R_2 + t_0 / R_0}{1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_0}$$

$$t_k = \frac{68/0,734 + 47/0,744 + 4/0,4}{1/0,734 + 1/0,744 + 1/0,4} = 33,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Питомі втрати теплоти подаючим і зворотним ізольованими теплопроводами за [11] визначаються як:

$$q_1 = \frac{68 - 33,9}{0,734} = 46,5 \text{ Вт/м}$$

$$q_2 = \frac{47 - 33,9}{0,744} = 17,6 \text{ Вт/м}$$

Сумарні тепловтрати складуть:

$$\sum q = q_1 + q_2 = 46,5 + 17,6 = 64,1 \text{ Вт.}$$

Аналогічно були проведені розрахунки для труб каналної прокладки інших діаметрів. Розрахунки проведено за допомогою програми Microsoft Excel [13].

Результати розрахунків наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Втрати тепла по довжині теплопроводів

		Питомі втрати, Вт/м		Довжина, м		Втрати тепла, Вт		Сумарні втрати тепла, Вт
Тип прокладки	Діаметр	Подаючий трубопровід	Зворотний трубопровід	Подаючий трубопровід	Зворотний трубопровід	Подаючий трубопровід	Зворотний трубопровід	
Канальний	57	36,5	16,6	33	33	1204,5	547,8	1752,3
	89	43,8	17,4	88	88	3854,4	1531,2	5385,6
	108	46,5	17,6	135	135	6277,5	2376	8653,5
	159	55,7	16,5	348	348	19384	5742	25126
	219	64,5	14,3	165	165	10643	2359,5	13002,5
Всього								53920

Теплові втрати в мережах в Гкал будуть складати:

$$1\text{кВт} = 0,00086\text{Гкал/год},$$

$$Q_p = 53,9 \cdot 0,00086 = 0,046\text{Гкал/год}.$$

Згідно [12] в опалювальний період теплова мережа працює 187 днів . Тоді теплові втрати за опалювальний період складуть:

$$Q'_p = 0,046 \cdot 187 \cdot 24 = 206,4\text{Гкал}.$$

У відсотковому співвідношенні до виробленої теплової енергії, теплові втрати складуть:

$$\delta = \frac{206,4}{3900} \cdot 100\% = 5,3\%.$$

Аналіз даних показав, що сумарні втрати тепла за опалювальний період складають 206,4 Гкал. Робимо висновок, що доцільним буде провести заміну застарілої теплової мережі на нову з кращими теплофізичними властивостями.

## 2.2 Розрахунок теплової потужності будівель

Розрахунок теплової потужності будівлі виконано згідно методики [13].

Розрахунок теплової потужності будівель виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [14].

Приклад розрахунку теплової потужності по будівлі гуртожитку №4 наведено в таблицях 2.3 та 2.4.

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, який обстежується представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Матеріал шару	Товщина шару, $\delta_i$ , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,55	0,81	1,1	3,3
		Декоративна штукатурка	0,1	0,81		
2	Дах	Залізобетонна плита	0,25	2,04	1,59	5,35
		Керамзит	0,135	0,12		
		Руберойд	0,05	0,17		
3	Вікна	Дерев'яні з подвійним застаклюванням	–	–	0,42	0,75
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,160	1,92	0,55	3,75
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81		
		Керамічна плитка	0,007	1,1		
		Лінолеум	0,005	0,35		

Отримані результати ( $R_{\Sigma пр} \ll R_{q \min}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [15, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозбережних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Вихідні дані та результати розрахунку наведено в таблиці 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Температура у середині приміщення, $^{\circ}C$	20
Температура в підвальному приміщенні, $^{\circ}C$	8
Температура зовнішнього повітря, $^{\circ}C$	-25
Загальна площа зовнішніх стін, $м^2$	4418,44
Загальна площа поверхня даху, $м^2$	1318,2
Загальна площа вікон, $м^2$	341,56
Загальна площа дверей, $м^2$	25
Загальна площа поверхня над тех.підпіллям, $м^2$	1318,2
Допоміжний коефіцієнт	0,28

Кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, м <sup>3</sup>	8
Коефіцієнт теплоємності повітря, кДж/(кг · К)	1,005
Внутрішній об'єм приміщення, м <sup>3</sup>	8100
Густина повітря, яке видаляється з приміщення, кг/м <sup>3</sup>	1,3
Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання	0,85
Кратність повітрообміну приміщення, год <sup>-1</sup>	0,8
Кількість людей в приміщенні	450
Явні теплонадходження від людей, Вт	103
Номінальна потужність електроустаткування, кВт	37000
Коефіцієнт завантаження	0,85
ККД електроустаткування	0,9
Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9
Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3
Потужність одного джерела освітлення, Вт	75
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	1325
Тепловий потік, що надходить через 1 м <sup>2</sup> скління освітленого сонцем, Вт/м <sup>2</sup>	250
Тепловий потік, що надходить через 1 м <sup>2</sup> скління перебуваючого в тіні, Вт/м <sup>2</sup>	100
Площа заповнення світлових прорізів, м <sup>2</sup>	170,78
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м <sup>2</sup>	170,78
Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу	0,6

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку

Розрахункові дані	Значення параметру
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	1,1
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	1,82
Приведений опір теплопередачі для дверей, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	0,5
Приведений опір теплопередачі для вікон, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	0,42
Приведений опір теплопередачі для підлоги, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	0,55
Втрати теплоти через стіни,Вт	180754
Втрати теплоти через стелю,Вт	32592,9
Втрати теплоти через вікна,Вт	36595,7

## Продовження таблиці 2.4

Втрати теплоти через підлогу,Вт	28760,7
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	34601,4
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	90672,1
Сумарні тепловтрати,Вт	403977
Теплонадходження від людей, Вт	49440
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	10250,85
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	23850
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	35863,8
Сумарні теплонадходження,Вт	119404,7
<b>Теплова потужність будівлі,Вт</b>	<b>284572,6</b>

Аналогічно розраховуємо теплову потужність для інших будівель:

- будівля гуртожику №5 – 270327 Вт;
- АБК – 373737 Вт.

Загальна теплова потужність будівель складає 928636,6 Вт (0,9 МВт або 0,77 Гкал/год).

### 2.3 Заміна трубопроводів на попередньоізольовані пінополіуретанові

Теплова мережа знаходиться в зношеному стані, на трубопроводах пошкоджена ізоляція, а в деяких місцях і зовсім відсутня, всі ці фактори призводять до теплових втрат енергії при транспортуванні.

Пропонується заміна трубопроводів на попередньо ізольовані з тепловою ізоляцією з пінополіуретану і захисною оболонкою [16]. Одним з найбільш оптимальних способів енергопостачання, економічного транспортування теплоносія є застосування попередньо ізольованих пінополіуретаном труб, прокладання яких по собівартості на 30% нижче традиційних способів прокладки [16]. Ці труби в 2-3 рази знижують експлуатаційні витрати і теплові втрати [16].

Попередньо ізольовані ППУ труби це [16]:

- термін служби більше 30 років;
- зменшення тепловтрат в 4 рази;



- зниження трудовитрат при монтажі та загальної вартості будівництва на 30% у порівнянні з каналною кладкою [16];
- високий рівень надійності [16];
- забезпечення постійного контролю за станом труби.

Надійність та якість забезпечуються [16]:

- виробництвом теплоізоляційних труб в стаціонарних заводських умовах [16];
- контролем усіх стадій виробництва [16];
- вхідним контролем надходження сировини і комплектуючих [16];
- 100% контролем зварних з'єднань [16];
- застосуванням сигнальних систем пошкодження трубопроводів [16];
- організацією та управлінням заходами щодо забезпечення гарантії якості;
- суворим додержанням вимог технічної документації та інструкції [16].

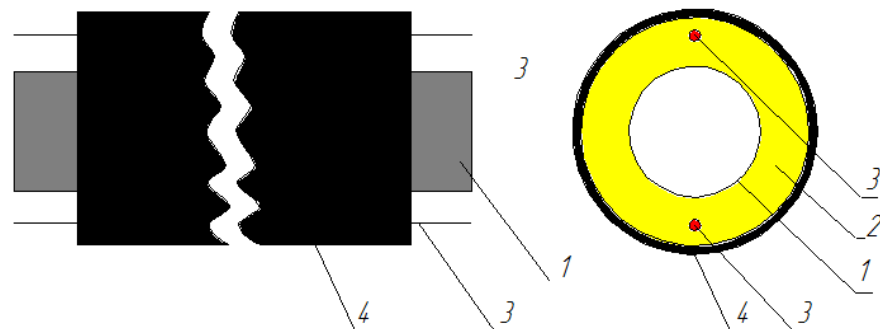


Рисунок 2.2 – Труба попередньо ізолювана пінополіуретаном у розрізі [16]

1. Труба стальна або поліетиленова .
2. Теплоізоляційний шар пінополіуретану (ППУ) .
3. Провідники системи оперативного дистанційного контролю, транзитний і сигнальний всередині ізоляції .
4. Захисна оболонка (поліетилен низького тиску або оцинкована сталь) [16].

Виконаємо перерахунок тепловтрат для попередньоізольованих труб враховуючи нову ізоляцію з пінополіуретану з товщиною ізоляції залежно від діаметра трубопроводу та шару поліетилену в 1 мм.

Коефіцієнт теплопровідності основного шару ізоляції для подаючого трубопроводу розраховуємо за:

$$\lambda_{i1} = 2 \cdot (0,028 + 0,00014 \cdot 54) = 0,065 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C}).$$

Коефіцієнт теплопровідності основного шару ізоляції для зворотного трубопроводу розраховуємо за:

$$\lambda_{i1} = 2 \cdot (0,028 + 0,00014 \cdot 43,5) = 0,062 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C}).$$

Термічний опір основного шару ізоляції для подаючого трубопроводу розраховуємо за 2.2:

$$R_{i1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,065} \ln \frac{0,200}{0,108} = 1,50 \text{ (м} \cdot ^\circ\text{C)/Вт}.$$

Термічний опір основного шару ізоляції для зворотного трубопроводу розраховуємо за 2.2:

$$R_{i2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,062} \ln \frac{0,200}{0,108} = 1,58 \text{ (м} \cdot ^\circ\text{C)/Вт}.$$

Основний шар теплоізоляції подаючого і зворотного трубопроводу обгорнений у покривним шаром пластмаси ( $\delta_{ни} = 0,01 \text{ м}$ ). Термічний опір покривного шару ізоляції для кожної труби за [11] визначається як:

$$R_{ни} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,08} \ln \frac{0,210}{0,208} = 0,07 \text{ (м} \cdot ^\circ\text{C)/Вт}.$$

Термічний опір на поверхні покривного шару для кожного трубопроводу:

$$R_{II} = \frac{1}{\pi \cdot 0,210 \cdot 8} = 0,19 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Термічний опір кожного трубопроводу:

$$R_1 = R_{i1} + R_{mu} + R_{II} = 1,5 + 0,07 + 0,19 = 1,761 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт,}$$

$$R_1 = R_{i1} + R_{mu} + R_{II} = 1,58 + 0,07 + 0,19 = 1,841 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт.}$$

З порівняння термічних опорів шару ізоляції і на поверхні труби слідує, що термічний опір на поверхні становить близько 6% від загального термічного опору труби. Отже, висловлені раніше думки про можливість визначення коефіцієнта  $\alpha$  по наближеному табличному значенні, справедливі.

Подаючий і зворотній трубопроводи прокладені в каналі розмірами 1200×600 мм, товщина коробу 200 мм. Еквівалентні внутрішній і зовнішній діаметри каналу, приймаючи розміри каналу по [11], дорівнюють:

$$d_{в.е.} = \frac{4 \cdot F}{P} = \frac{4 \cdot 1,2 \cdot 0,6}{2 \cdot (1,2 + 0,6)} = 0,8 \text{ м}^2,$$

$$d_{н.е.} = \frac{4 \cdot 1,4 \cdot 0,8}{2 \cdot (1,4 + 0,8)} = 1,01 \text{ м}^2.$$

Приймаючи коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні каналу  $\alpha = 8,00 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$  [5, додаток 10], розраховуємо термічний опір на поверхні каналу:

$$R_{ПК} = \frac{1}{\pi \cdot d_{в.е.} \cdot \alpha} = \frac{1}{\pi \cdot 0,8 \cdot 8} = 0,04 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Термічний опір стінок каналу при коефіцієнті теплопровідності залізобетонної стінки каналу  $\lambda_K = 1,6 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$  [4, додаток 10]:

$$R_K = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_K} \ln \frac{d_{н.е.}}{d_{в.е.}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1,6} \ln \frac{1,01}{0,8} = 0,02 (\text{м}\cdot^\circ\text{C})/\text{Вт}.$$

Термічний опір ґрунту при коефіцієнті теплопровідності  $\lambda_r = 0,62 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$  [11, додаток 11]:

$$R_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_r} \ln \frac{4 \cdot h}{d_{н.е.}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,62} \ln \frac{4 \cdot 1,2}{1,01} = 0,4 (\text{м}\cdot^\circ\text{C})/\text{Вт}.$$

Сумарний термічний опір потоку тепла від повітря в каналі в ґрунт визначається як:

$$R_0 = R_{ПК} + R_K + R_r = 0,049 + 0,023 + 0,4 = 0,472 (\text{м}\cdot^\circ\text{C})/\text{Вт}.$$

Враховуючи, що середньо-зимова температура в ґрунті  $t=4^\circ\text{C}$ , визначимо температуру повітря в каналі як:

$$t_K = \frac{68/1,76 + 47/1,84 + 4/0,4}{1/1,76 + 1/1,84 + 1/0,4} = 32,1 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Питомі втрати теплоти подаючим і зворотним ізольованими теплопроводами за [11] визначаються як:

$$q_1 = \frac{68 - 32,1}{1,76} = 20,3 \text{ Вт}/\text{м},$$

$$q_2 = \frac{47 - 32,1}{1,84} = 8,1 \text{ Вт}/\text{м}.$$

Аналогічно були проведені розрахунки для труб каналної прокладки інших діаметрів. Результати розрахунків приведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Втрати тепла по довжині теплопроводів з попередньо ізольованими трубами

		Питомі втрати, Вт/м		Довжина, м		Втрати тепла, Вт	
Тип прокладки	Діаметр	Подаючий трубопровід	Зворотній трубопровід	Подаючий трубопровід	Зворотній трубопровід	Подаючий трубопровід	Зворотній трубопровід
Канальний	57	16,8	6,3	33	33	554,4	207,9
	89	18,6	7	88	88	1636,8	616
	108	20,3	8,1	135	135	2740,5	1093,5
	159	23,5	12,3	348	348	8178	4280,4
	219	27,6	13,8	165	165	4554	2277
Всього						26138,5	

Теплові втрати в мережах в Гкал будуть складати:

$$1 \text{ кВт} = 0,00086 \text{ Гкал} / \text{год},$$

$$Q_p = 26,1 \cdot 0,00086 = 0,022 \text{ Гкал} / \text{год}.$$

Згідно [12] в опалювальний період теплова мережа працює 187 днів . Тоді теплові втрати за опалювальний період складуть:

$$Q_p'' = 0,022 \cdot 187 \cdot 24 = 98,7 \text{ Гкал}.$$

У відсотковому співвідношенні до виробленої теплової енергії, теплові втрати складуть:

$$\delta = \frac{98,7}{3900} \cdot 100\% = 2,5\%.$$

Отже при використанні попередньо ізольованих труб теплові втрати в мережах тепlopостачання зменшаться 107,7 Гкал, або на 2,8%.

#### 2.4 Заміна мережевого насоса на сучасний

За останні роки на підприємстві активно проводилася заміна застарілих насосів на нові сучасні аналоги вітчизняних та зарубіжних виробників фірми Wilo та GRUNDFOS з кращими технічними характеристиками. Застосування цих насосів дозволяє знизити витрату електроенергії на транспортування теплоносія до споживача, підвищити надійність тепlopостачання за рахунок кращих технічних характеристик цих насосів.

Пропоную замінити існуючий мережевий насос K150-125-315 на GRUNDFOS NB 65-160-157 [17].

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики насосу GRUNDFOS NB 65-160-157

Марка насосу	Параметри насоса		Клас енерго ефективності	ККД насоса, %	Частота обертання, об\хв	Потужність двигуна, кВт
	Подача, м <sup>3</sup> /год	Напір, м				
NB 65-160-157	100	30	2	88,4	2930	11

Капітальні витрати, необхідні для реалізації енергоощадного заходу наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7- Капітальні витрати, необхідні для реалізації енергоощадного заходу [18]

1	Маса насоса, кг	170
2	Тип насосу	GRUNDFOS NB 65-160-157
3	Ціна одного насосу грн	90000

Продовження таблиці 2.7

4	Ціна монтажу/доставки, грн	70000
5	Кількість насосів, шт.	2
6	Загальна вартість за весь обсяг замовлення, грн	320000

Економія в споживанні електричної енергії від заміни насосів в грошовому еквіваленті складе:

$$\Delta E = 0,8 \cdot 11 \cdot 187 \cdot 24 \cdot 4,61 = 182068,8 \text{ грн.}$$

де 4,61 кВт/год – тариф електричної енергії для ТОВ «Сумитеплоенерго» з ПДВ.

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} \quad (2.15)$$

$$T_{ок} = \frac{160000}{182068,8} = 0,7 \text{ року}$$

## 2.5 Заміна котлів НІСТУ-5 на нові енергоефективні

ТОВ «Сумитеплоенерго» для ефективної роботи котельної щорічно виконує заходи щодо підтримання оптимальних режимів роботи котлів та котельного обладнання, а саме:

- виконує режимно-налагоджувальні роботи котлів згідно графіку;
- проводить очищення від накипу внутрішніх поверхонь екранних труб котлів;

- здійснює постійний контроль за режимами роботи котлів та процесів горіння (співвідношення «газ/повітря») за допомогою приладу «TESTO».

Для більш ефективної експлуатації котельного обладнання в котельні по вул. Санаторна,3 та зменшення споживання природного газу необхідно здійснити заміну малоефективних, застарілої модифікації котлів типу НІСТУ-5 з високою питомою витратою палива на виробництво теплової енергії на сучасні, енергоефективні котли.

Для недопущення аварійного стану котла та підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів пропонується реконструкція котельного обладнання в котельні по вул. Санаторна,3 , яка передбачає заміну:

- котла НІСТУ-5, з питомою витратою палива на відпуск теплової енергії – 169,93 - кг.у.п./Гкал та низьким ККД – 79 %- 6 шт.

на:

- сучасний енергоефективний котел типу KB-1,1 ENERGETIK [19], з питомою витратою палива на відпуск теплової енергії - 151,9 - кг.у.п./Гкал та високим ККД -93% – 3 шт. (рис 2.3).



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд котла типу KB-0,63 ENERGETIK



Виконання заходу по заміні котла дасть можливість ефективно використовувати енергоресурси а саме зменшити витрати природного.

Економія в питомій витраті палива на відпуск теплової енергії:

$$\Delta B = 169,93 - 151,9 = 18,03 \text{ кг.у.п / Гкал.}$$

Економія природного газу складе в м<sup>3</sup> складе:

$$B = 18,03 \text{ кг.у.п / Гкал} \cdot 1,2 = 21,6 \text{ м}^3;$$

За опалювальний період (за умови використання трьох котлів одночасно):

$$B_{\text{рік}}^{\text{он}} = 21,6 \cdot 187 \cdot 24 \cdot 3 = 29,1 \text{ тис.м}^3.$$

В грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 29,1 \cdot 12279,69 = 357338,9 \text{ грн}$$

де 12279,69 грн/м<sup>3</sup> – середньозважена ціна оплати за спожитий природний газ для ТОВ «Сумитеплоенерго».

Капітальні витрати на впровадження даного енергозберігаючого заходу, включаючи монтаж та пусконаладжувальні роботи складуть:  $K = 954000$  грн [20].

Термін окупності<sup>^</sup>

$$T_{\text{ок}} = \frac{954000}{357338,9} = 2,7 \text{ року.}$$

## 2.6 Модернізація внутрішньої системи опалення будівлі АБК СумДУ

Ще однією проблемою, пов'язаною з тепlopостачанням, є стан труб та радіаторів системи опалення, які частково зношені, піддані корозії, а також мають значно звужений поперечний переріз через наявність накипу, що призводить до зменшення теплотворності радіаторів і в той же час до збільшеного гідравлічного опору у трубах системи опалення.

Всі ці проблеми призводять до витоку води, і, як наслідок, - падіння тиску у теплових мережах під час експлуатації. Тому цей захід не обов'язково є чистим заходом з підвищення енергоефективності.

Він складається з комплексу заходів, таких як [21]:

- ізоляція теплових розподільних труб,
- гідравлічне балансування (встановлення балансувальних клапанів),
- заміна радіаторів,
- встановлення термостатичних регуляторів;
- заміна більшої частини теплових розподільних труб.

Капітальні витрати для впровадження даного заходу наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Капітальні витрати на впровадження заходу з модернізації системи опалення [21]

Тип обладнання	Ціна за од. грн	Кількість	Загалом, грн
Радіатори, термостатичні клапани (крани та приєднання)	3000	350 шт.	1050000
Демонтаж старої системи опалення	300000	1	300000
Встановлення нової системи опалення (роботи)	700000	1	700000
Трубопровідна арматура та труби	500	1500 м	750000

Продовження таблиці 2.8

Балансування системи	550	25 шт	13750
Утеплення трубопроводів в неопалювальних приміщеннях	50	500 м	25000
Всього			2838750

2.7 Теплоізоляція зовнішніх стін будівлі Гуртожитку №4

Стіни будівлі в задовільному стані. Проте, так як будівля збудована в 1992 коли раціональне використання енергоресурсів не було на порядку денному, теплозахисні властивості стін на даний момент дуже низькі: в середньому, коефіцієнт теплопередачі 1,1 Вт/м²К. Теплоізоляцію зовнішніх стін пропонується виконати мінеральною ватою [22].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{\text{ут.ог.к}} = (R_{q\text{min}} - R_{\sum \text{IPcm}}) \cdot \lambda_{\text{ут.}} \quad (2.16)$$

де  $\lambda_{\text{ут}} = 0,04$  Вт/(м · К) – теплопровідність ізолюючого матеріалу [13].

$R_{q\text{min}}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить 3,3 м²·К/Вт [15].

$$\delta_{\text{ут.ст}} = (3,3 - 1,1) \cdot 0,04 = 0,1 \text{ м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 100 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

$$Q_{\text{ог.к}}^{i3} = \frac{F_{\text{ог.к}}}{R_{q\text{min}}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n \quad (2.17)$$

$$Q_{cm}^{iz} = \frac{4418,44}{3,3} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 60251,5 \text{ Bm}.$$

Різницю між втратами тепла через не утеплені стіни і утеплені знайдемо по формулі:

$$\Delta Q_{oz.k} = Q_{oz.k} - Q_{oz.k}^{iz} \quad (2.18)$$

$$\Delta Q_{cm} = 180754 - 60251,1 = 120502,9 \text{ Bm}.$$

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період (для м. Суми складає 187 діб) по формулі [13]:

$$Q_{oz.k}^{pik} = \Delta Q_{oz.k} \cdot \frac{(t_6 - t_{cp.on})}{(t_6 - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{оп} , \quad (2.19)$$

$$Q_{cm}^{pik} = 120,5 \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 257182 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 221,2 \text{ Гкал}.$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 221,2 \cdot 2142,93 = 473959,8 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Рона» вартість 1 м<sup>2</sup> плити мінераловатної товщиною 100 мм складає 130 грн [23]. Вартість робіт включаючи матеріали по встановленню плит складає 370 грн/м<sup>2</sup>. Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

$$K = F_{oz.k} \cdot (C_{тов} + C_{роб}) \quad (2.20)$$

де  $C_{\text{тов}}$  – вартість одиниці продукції, грн.,

$C_{\text{робіт}}$  - вартість робіт на монтаж одиниці продукції, грн.

$$K = 4418,44 \cdot (130 + 370) = 2209220 \text{ грн.}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{2209220}{473959,8} = 4,6 \text{ років.}$$

## 2.8 Висновки до розділу

Сумарні втрати тепла в теплових мережах за опалювальний період складають 206,4 Гкал. Необхідно провести заміну застарілої теплової мережі на нову з кращими теплофізичними властивостями.

Для ефективного використання енергоресурсів, а саме зменшення витрат природного газу, покращення ефективності роботи котельного обладнання загалом по котельні, зниження середньозваженого показника питомої витрати палива на відпуск теплової енергії з 167,4 кг.у.п./Гкал до 151,9 кг.у.п./Гкал необхідно виконати заміну котла НІСТУ-5 в кількості 5 шт на сучасні КВ 1,1. з ККД 93%.

Загальна теплова потужність будівель складає 928636,6 Вт (0,9 МВт або 0,77 Гкал).

Запропоновано енергозберігаючі заходи для зменшення теплових втрат в трубопроводах та підвищенні енергоефективності системи теплозабезпечення будівель СумДУ.

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження

Досліджуваним об'єктом є газифікована водогрійна котельня по адресу вул. Санаторна – 3 м. Суми.

В приміщенні знаходяться 6 котлів типу НІИСТУ – 5 та 2 парових котла типу Е – 1.0 – 0.9 Г - 3, 12 відцентрових, 2 плунжерних насоса. (технічні характеристики наведені в табл. 4.1), а також швидкісний водопідігрівач типу ОСТ 34-588-68.

Ці агрегати можуть стати причиною виникнення шкідливих та небезпечних факторів на котельні, тому територія та будівля повинна відповідати вимогам чинних державних будівельних норм і правил, санітарних норм проектування, правил експлуатації агрегатів, правил пожежної безпеки України.

### 3.2 Умови праці: наявність шкідливих та небезпечних факторів на робочому місці оператора котельні

Робоче місце оператора котельні знаходиться як у виробничому приміщенні біля парових котлів та засобів автоматизації [24].

У виробничому приміщенні, під час перебування робітника на нього впливають такі шкідливі та небезпечні фактори:

- підвищена температура повітря робочої зони;
- наявність продуктів згорання палива в повітрі робочої зони;
- шум та вібрація;
- рівень освітленості робочої зони;
- наявність обладнання працюючого під тиском (корпуси парових котлів);
- електро- та пожежонебезпека.

### 3.3 Мікроклімат виробничих приміщень

Рівні температури, відносної вологості і швидкості руху повітря на робочих місцях підтримуються згідно вимог[25] та наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Рівні температури, відносної вологості і швидкості руху повітря на робочих місцях

Період року	Температура, °С		Відносна вологість, φ, %	Швидкість руху, V, м/с
	Верхня межа	Нижня		
	Робоче приміщення			
Теплий	28	25	58	0.4...0.5
Холодний	23	19	≤75	0.3

На пультах і постах керування технологічними процесами під час виконання робіт операторського типу слід підтримувати оптимальні величини температури повітря 22...24°С, відносної вологості 40...60% і швидкості руху повітря не більше 0,1м/с .

Параметри мікроклімату і чистота повітря в приміщенні котельні забезпечуються теплоізоляцією обладнання, та загальнообмінною змішаною припливно-витяжною вентиляцією, яка змонтована у відповідності з вимогами[26].

Захист від опіків та інфрачервоного випромінювання здійснюється за рахунок теплоізоляції нагрітих поверхонь. Температура на поверхні теплоізоляції не перевищує 45-50°С.

### 3.4 Шум та вібрація

На дільниці обслуговування котельні присутні шум та вібрація, що викликані роботою електродвигунів та апаратів.

Шум та вібрація негативно впливають на органи слуху, серцево-судинну та нервові системи людини, що призводить до загальної втоми і зниження працездатності.

Згідно [27] рівень шуму на робочому місці оператора у виробничому приміщенні не перевищує 80 дБА, а в операторському пункті не повинен перевищувати 60-65 дБА.

Згідно [28] загальна вібрація у виробничому приміщенні на робочих місцях не перевищує 81-83 дБ, а в операторському пункті не повинна перевищувати 73-75 дБ.

Для зменшення шуму та вібрації у котельні застосовують такі заходи:

- проводиться своєчасний ремонт та профілактика обладнання;
- встановлення звукоізолюючих кожухів на електроприводи;
- відбувається дистанційне керування процесом [29].

### 3.5 Виробниче освітлення

На котельні присутнє природне комбіноване освітлення, яке здійснюється через односторонні бокові віконні прорізи (коефіцієнт природного освітлення  $e_{cp} = 2\%$ ) [30].

Для освітлення робочого приміщення та пункту керування в нічний час використовують штучне освітлення за допомогою люмінесцентних та ламп розжарювання [30]:

- робоче загальне освітлення (в приміщенні котельні створюють -100 лк, в пункті керування технологічним процесом -150лк) [30];

- робоче місцеве біля ПЕОМ освітлюється за рахунок комбінованої освітленості – (лампа розжарювання) та становить - 400 лк [30];

- аварійне освітлення (лампи розжарювання) використовується у виробничому приміщенні, біля парових котлів, технологічних площадок, пультів керування та операторському пункті та становить -  $E_a=8$  лк) [30].

Рівень виробничої освітленості на дільниці котельні та пункті керування відповідає вимогам [30].



### 3.6 Електробезпека

Котельня та пункт керування, згідно [31] класифікуються як приміщення з підвищеною небезпекою.

Безпечна експлуатація електроустановок здійснюється у відповідності з вимогами [31].

### 3.7 Пожежна безпека

Відповідно до норм технологічного проектування, приміщення, в якому розташована котельня та пункт керування, відносяться до пожежонебезпечної категорії Г .

Протипожежний режим забезпечується згідно вимог [32] . Система запобігання пожежі передбачає:

- надійну теплову ізоляцію елементів, що мають високу температуру (корпусів парових котлів, трубопроводи пари, гарячої води, та ін.);

- періодичний контроль цілісності ізоляції;
- наявність спеціальних місць для куріння;
- періодичне проведення інструктажів з протипожежної безпеки;
- не оздоблення приміщення легкогорючими матеріалами;
- дотримання протипожежних правил при виконанні вогняних робіт;
- наявність системи захисту від атмосферної електрики;
- дотримання вимог регламенту при роботі парових котлів.

Система протипожежного захисту включає в себе:

- наявність плану евакуації із котельні (має два евакуаційних виходи).
- протипожежне водопостачання має 2 гідрантів;
- наявність первинних засобів гасіння пожеж (вогнегасників ВП-9 – 2шт.);
- аварійне відключення установок, апаратури та комунікацій.

Система пожежного захисту пункту керування, який виконується із негорючих будівельних матеріалів II ступеня вогнестійкості включає: аварійне

відключення апаратури, наявність автоматичної системи оповіщення про пожежу з димовими датчиками та вогнегасники ОУ-2 –4шт.

### Розрахунок вибуху метану в приміщенні

Розглянемо одну з надзвичайних ситуацій, яка може виникнути на газифікованій котельні, розгерметизація газопроводу і накопичення газу в середині котельні. Основною ознакою є : запах газу в середині приміщення, шум від витікаючого потоку газу [32].

Аварійна ситуація що склалась на об'єкті може спричинити такі наслідки [33]:

- вибух;
- розрушення котельні;
- пожеж;
- опіки і травмування персоналу [33].

Відповідно до ситуації що склалася в результаті цього персонал що обслуговує котельню повинен приступити до усунення цієї проблеми і виконати наступні дії [33]:

- закрити запірну арматуру на вводі газу в котельню чи перед пошкодженою ділянкою.

- закрити робочу і контрольну запірну арматуру на пальники , відкрити крани на свічу.

- видалити з приміщення всіх людей і шляхом відкриття дверей і вікон провітрювати. Не палити і не користуватися відкритим вогнем [33].

На даному об'єкті що має такі геометричні параметри: довжиною 30 м, шириною 7 м і висотою 5 м приймаємо умову що відбувається розгерметизація газопроводу з метаном  $\text{CH}_4$  і в атмосферу вивільнилось  $150 \text{ м}^3$  газу

Потрібно визначити:

1. Тиск вибуху газоповітряної суміші;

1 Приймаємо [33]:

$$P_{\max}=900 \text{ кПа}; P_0=101 \text{ кПа}; z=0,3; \rho_{\text{ПГ}}=0,716 \text{ кг/м}^3;$$

2. Маса газу, кг,

$$m = V \cdot \rho_{\text{ПГ}}, \quad (3.1)$$

$$m = 150 \cdot 0,716 = 107,4 \text{ кг}.$$

3. Стехіометрична концентрація, %,

$$C_{CT} = 100 / (1 + 4,84 \cdot \beta), \quad (3.2)$$

$$C_{CT} = 100 / (1 + 4,84 \cdot 20,02) = 1,02\%.$$

де  $\beta$  - стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції .

$$\beta = n_c + \frac{n_H \cdot n_x}{n_c};$$

$$\beta = 10,5 + \frac{100 \cdot 1}{10,52} = 20,02.$$

4. Вільний обсяг приміщення, м<sup>3</sup>,

$$V_{CB} = 0,8 \cdot V, \quad (3.3)$$

$$V_{CB} = 0,8 \cdot 30 \cdot 7 \cdot 5 = 840 \text{ м}^3.$$

5. Надлишковий тиск вибуху, кПа,

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot z}{V_{CB} \cdot \rho_{\text{ПГ}}} \cdot \frac{100}{C_{CT}} \cdot \frac{1}{K_H}, \quad (3.4)$$

де  $P_{\max}$  - максимальний тиск вибуху суміші в замкненому обсязі;

$P_0$  - тиск повітря до вибуху, кПа, допускається ухвалювати 101 кПа;

$z$  - коефіцієнт участі пального у вибуху

$V_{\text{СВ}}$  - вільний обсяг приміщення, за винятком обсягу, займаного встаткуванням (м<sup>3</sup>) допускається ухвалювати умовно рівним 80 % геометричного обсягу приміщення;

$\rho_{\text{ПГ}}$  - щільність пари або газу, кг·м<sup>-3</sup>;

$K_{\text{Н}}$  - коефіцієнт враховуючий негерметичність приміщення й неадиабатичність процесу, допускається ухвалювати рівним 3;

$C_{\text{СТ}}$  - стехіометрична концентрація горючого в повітрі, % за обсягом;

$$\Delta P = (900 - 101) \cdot \frac{107,4 \cdot 0,3}{840 \cdot 0,716} \cdot \frac{100}{1,02} \cdot \frac{1}{3} = 1268,8 \text{ кПа.}$$

Висновок:

В результаті розрахунку сила тиску склала 1268,8 кПа. При такому значенні надмірного тиску будівля отримає повне руйнування даного об'єкта [34].

## ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі основна увага була приділена зменшенню теплових втрат в системах централізованого теплопостачання та підвищення енергоефективності їх функціонування.

В першому розділі даної магістерської роботи наведено опис, технічні характеристики та режими роботи обладнання котельні за адресою вул. Санаторна,3. Зроблено аналіз спожитих енергоносіїв. Наведено загальні відомості про будівлі Сумського державного університету, які підключені від даної котельні.

В другому розділі розглядалося питання теплового навантаження та системи транспортування теплової енергії. Виконано розрахунок теплових втрат в трубопроводах системи теплопостачання, які склали  $Q'_p = 206,4 \text{ Гкал}$ .

У відсотковому співвідношенні до виробленої теплової енергії, теплові втрати складуть  $\delta Q_{\text{втр}} = 5,3\%$ .

Пропонується заміна трубопроводів на попередньо ізольовані з тепловою ізоляцією з пінополіуретану і захисною оболонкою. Одним з найбільш оптимальних способів енергопостачання, економічного транспортування теплоносія є застосування попередньо ізольованих пінополіуретаном труб, прокладання яких по собівартості на 30% нижче традиційних способів прокладки. Даний проект дозволить зменшити теплові втрати в теплових мережах і тим самим зменшити тариф на оплату послуг з централізованого теплопостачання.

За останні роки на підприємстві активно проводилася заміна застарілих насосів на нові сучасні аналоги вітчизняних та зарубіжних виробників фірми Wilo та GRUNDFOS з кращими технічними характеристиками. Застосування цих насосів дозволяє знизити витрату електроенергії на транспортування теплоносія до споживача, підвищити надійність теплопостачання за рахунок кращих технічних характеристик цих насосів.

Пропоную замінити існуючий мережевий насос K150-125-315 на GRUNDFOS NB 65-160-157.

Для ефективного використання енергоресурсів, а саме зменшення витрат природного газу, покращення ефективності роботи котельного обладнання загалом по котельні, зниження середньозваженого показника питомої витрати палива на відпуск теплової енергії з 167,4 кг.у.п./Гкал до 151,9 кг.у.п./Гкал необхідно виконати заміну котла НІСТУ-5 в кількості 5 шт на сучасні КВ 1,1. з ККД 93%.

Виконано розрахунок теплової потужності будівель СумДУ підключених до котельні, яка складає 0,77 Гкал/год.

Запропоновано виконати модернізацію внутрішньої системи опалення будівель та виконати утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій.

В третьому розділі роботи розглянуто основні заходи і засоби по забезпеченню охорони праці в котельні та виконано розрахунок вибуху метану в приміщенні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергоефективність теплопостачання як вимога безпеки життєдіяльності [електронний ресурс] Режим посилання: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/40362/1/2018\\_p253-258.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/40362/1/2018_p253-258.pdf)
2. Аналіз ефективності використання енергоресурсів у розвинених зарубіжних країнах і залежність від їх імпорту [електронний ресурс] Режим посилання: [https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.Efektivnist\\_energ\\_resursiv.pdf](https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.Efektivnist_energ_resursiv.pdf)
3. Котел НІСТУ-5 [електронний ресурс] Режим посилання: <https://dlyakotlov.ru/catalog/kotly/niistu-5>
4. Водопідігрівач [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.teplo-obmen.ru/product/p3.html>
5. Насос типу К150-125-315 А [електронний ресурс] Режим посилання: <https://konsolnik.com.ua/nasosyi-konsolnyie-k-km/nasos-k150-125-315/>
6. Лічильник трьохфазний [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.volta.com.ua/catalog/item/schetchik-nik-2303-arpz-ms-1100-380v-3f-5-120a/>
7. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <http://promtehservise.com.ua/ru/Katalog/135/778/>
8. Лічильник обліку газу [електронний ресурс] Режим посилання: <https://phoenix-gaz.com/ua/catalog/schetchiki-gaza/kurs-01-ispolnenie-a/>
9. Підвищення ефективності енерговикористання на об'єктах систем теплопостачання [електронний ресурс] Режим посилання: [https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0a65635b2bd69a5c53b88521216c37\\_1.html](https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0a65635b2bd69a5c53b88521216c37_1.html)
10. Посібник з енергоаудиту [електронний ресурс] Режим посилання: <http://ua.map.org.ua/storage/Посібник%20з%20енергоаудиту.pdf>
11. Копко В.М. Теплоізоляція трубопроводів теплосетей / В.М. Копко. – Минск : Технопринт, 2002. – 160 с.
12. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія., Київ, 2011 – 127 с.

13. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014р.

14. Ексель [електронний ресурс] Режим посилання: <https://innovation-center.com.ua/uk/novyny/88-dlya-chogo-potriben-excel>

15. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.

16. Попередньоізольовані труби [електронний ресурс] Режим посилання: [http://teplomontaglviv.com.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=77&Itemid=137](http://teplomontaglviv.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=77&Itemid=137)

17. GRUNDFOS NB 65-160-157 [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.ktto.com.ua/water/nmb/5>

18. GRUNDFOS NB 65-160-157 [електронний ресурс] Режим посилання: [https://nasos-m.com.ua/nasosi/nasosi\\_grundfos/?page=2](https://nasos-m.com.ua/nasosi/nasosi_grundfos/?page=2)

19. Водогрійні котли [електронний ресурс] Режим посилання: [https://energetik.ua/ua/catalog/vodogriyni\\_kotly/vodotrubni-kv/](https://energetik.ua/ua/catalog/vodogriyni_kotly/vodotrubni-kv/)

20. Котли KB 1,1 ціна [електронний ресурс] Режим посилання: <https://prom.ua/p370462283-vodogrejnyj-kotel.html>

21. Модернізація системи опалення [електронний ресурс] Режим посилання: <https://eefund.org.ua/modernizaciya-sistemi-opalennya-u-bagatokvartirnikh-budinkakh-ekonomiya-ta-bezpeka>

22. Теплоізоляційні матеріали [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bm.kiev.ua/utepliteli/minvata/izover-kt-40-50mm-details.html>

23. Магазин Рона електронний ресурс] Режим посилання: <https://rona.ua/shop/>

24. Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів [електронний ресурс] Режим доступу: <http://ua-referat.com/>

25. ГОСТ 12.3.002-75 «Ведомственных норм технологического проектирования котельных»



26. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», Київ,1999 р. – 36 с.
27. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування Київ,2013р. – 34с.
28. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», Київ,1999 р. – 34с.
29. Шумомір [електронний ресурс] Режим доступу: <http://standart-m.com.ua/izmeritelnye-pribory/shumomery/shumomer-vshv-003>
30. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України,2019 – 180 с.
31. «ПВЕ правила влаштування електроустановок», Київ,1999 р. – 36с.
32. ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила побудови електроустановок. Електрообладнення спеціалізованих установок».
33. ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [електронний ресурс] Режим посилання: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=60541](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60541)
34. Охорона праці [електронний ресурс] Режим доступу: [https://pidru4niki.com/86078/bzhd/rozrahunok\\_nadlishkovogo\\_tisku\\_vibuhu\\_gazoparopovitryanoyi\\_sumishi\\_primischenni](https://pidru4niki.com/86078/bzhd/rozrahunok_nadlishkovogo_tisku_vibuhu_gazoparopovitryanoyi_sumishi_primischenni)

## ДОДАТОК А

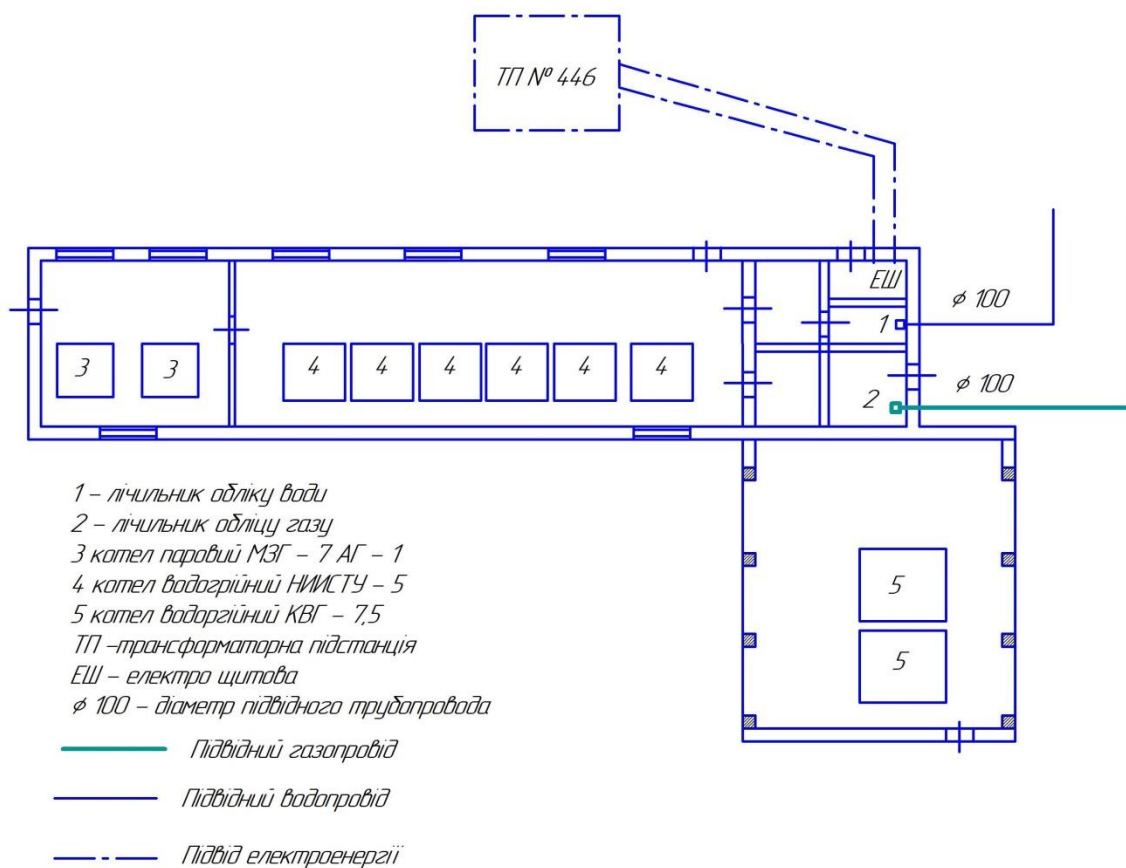


Рисунок А1- Енерготехнологічна схема котельні

## ДОДАТОК Б

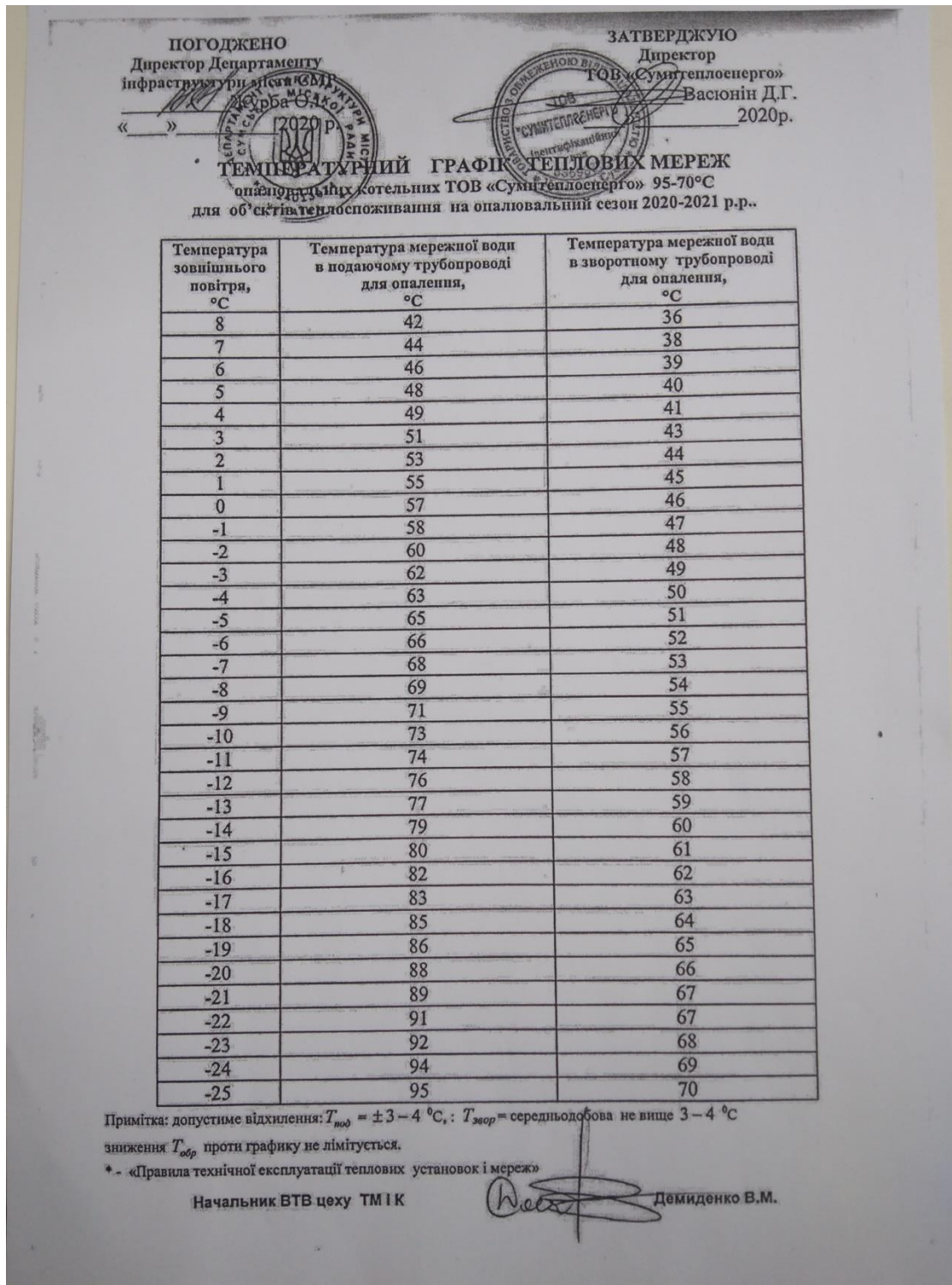


Рисунок Б1 – Температурний графік теплових мереж

## ДОДАТОК В

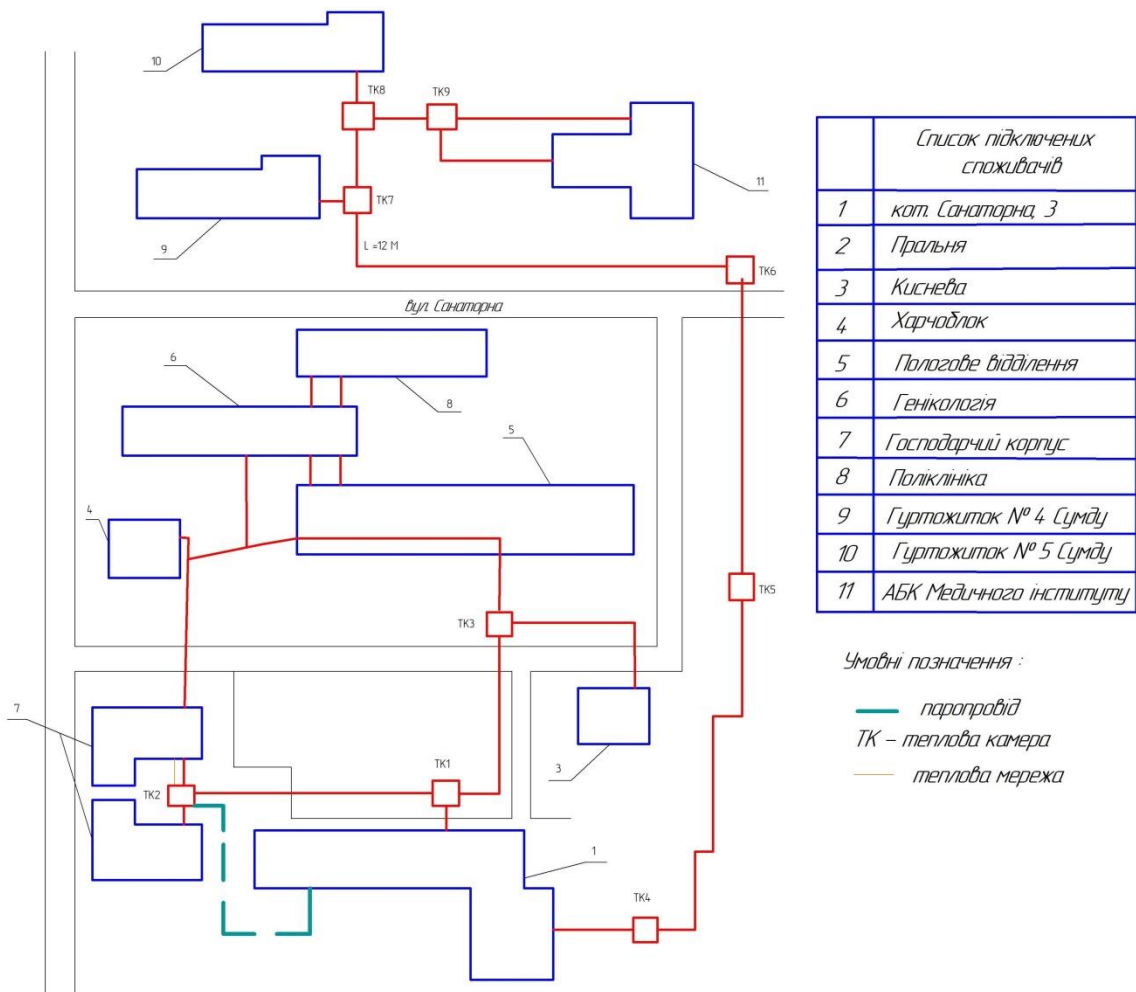


Рисунок В1 – Схема теплових мереж

## ДОДАТОК Г

Таблиця Г1 – Обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії та води будівлею гуртожитку №4 за 2021 рік

Місяці	Споживання теплової енергії, ГКал	Споживання електричної енергії, кВт·год	Споживання води, м <sup>3</sup>
Січень	55	22493	1610
Лютий	48	25340	1050
Березень	39	24527	1150
Квітень	8	18298	832
Травень	-	18582	842
Червень	-	12491	652
Липень	-	10421	1464
Серпень	-	7766	922
Вересень	-	14915	934
Жовтень	13	29954	728
Листопад	43	23611	1090
Грудень	26	30685	1158
<b>Всього</b>	<b>232</b>	<b>239083</b>	<b>12432</b>

Таблиця Г2 – Обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії та води будівлею гуртожитку №5 за 2021 рік

Місяці			
	Споживання теплової енергії, ГКал	Споживання електричної енергії, кВт·год	Споживання води, м <sup>3</sup>
Січень	64	32187	2326
Лютий	56	32688	1558
Березень	45	30614	1332
Квітень	9	25792	1372
Травень	-	25477	1530
Червень	-	25526	1342
Липень	-	14659	2094
Серпень	-	10891	1148
Вересень	-	22076	1192
Жовтень	15	38850	1410
Листопад	50	31290	1582
Грудень	30	39501	1392
<b>Всього</b>	<b>270</b>	<b>329551</b>	<b>18278</b>

Таблиця Г3 – Обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії та води будівлею АБКза 2021 рік

Місяці			
	Споживання теплової енергії, ГКал	Споживання електричної енергії, кВт·год	Споживання води, м <sup>3</sup>
Січень	181	10194	189
Лютий	158	14871	257
Березень	127	14765	310
Квітень	26	7896	275
Травень	-	10166	468
Червень	-	10683	334
Липень	-	5555	139
Серпень	-	5196	170
Вересень	-	11121	297
Жовтень	43	16873	250
Листопад	142	13316	163
Грудень	84	17375	199
<b>Всього</b>	<b>762</b>	<b>138011</b>	<b>3051</b>