

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський  
(рівень вищої освіти)

на тему: Дослідження підвищення енергоефективності газової котельні міста

Авдіївка

Виконав: студент II курсу, групи 8.1441  
спеціальності теплоенергетика  
освітньої програми теплоенергетика  
Портнягіна Марина Сергіївна  
(ІБП)

Керівник доц.каф.к.т.н. Карпенко Г.В.  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензет доц. к.т.н. Радченко В.В.  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ІНЖЕНЕРНИЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М.ПОТЕБНІ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра Теплоенергетики та гідроенергетики

Рівень вищої освіти другий магістерський

Спеціальність 144 Теплоенергетика

Освітня програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«09»

грудня

20 22 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Портнягіній Марині Сергіївні

1. Тема роботи (проекту) «Дослідження підвищення енергоефективності газової котельні мікрорайону м.Авдіївка»

Керівник роботи Карпенко Ганна Володимирівна, канд.техн.наук.

затверджені наказом ЗНУ від «02» липня 2022 року №598-с

2. Строк подання студентом роботи 09 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: Розрахувати всі впроваджені заходи з економії паливно – енергетичних ресурсів.

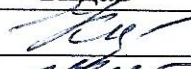
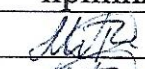



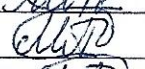




4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Структура споживання енергоресурсів газової котельні мікрорайону міста Авдіївка. 2. Аналіз ефективності виробництва теплової енергії. 3 Аналіз питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів на вироблення 1 Гкал теплової енергії. 4. Експлікація фактичної ефективності роботи котла місто Авдіївка. 5. Джерело генерації теплової енергії. 6.

Мережі транспорту теплової енергії. 7. Аналіз основних показників роботи системи тепlopостачання та ефективності регулювання відпуску теплової енергії. 8. Експлікація теплових втрат у зовнішніх теплових мережах. Впровадження заходів з економії паливно – енергетичних ресурсів



5. Перелік графічного матеріалу ( з точним зазначенням обов'язкових креслен Титульний аркуш, мета та завдання роботи, структура споживан енергоресурсів газової котельні мікрорайону міста Авдіївка ,експліка фактичної ефективності роботи котла місто Авдіївка, впровадження заходів економії паливно – енергетичних ресурсів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 1	Карпенко Г.В., доц.каф.ТГЕ		
Розділ 2	Карпенко Г.В., доц.каф.ТГЕ		
Розділ 3	Карпенко Г.В., доц.каф.ТГЕ		
Розділ 4	Карпенко Г.В., доц.каф.ТГЕ		
Розділ 5	Карпенко Г.В., доц.каф.ТГЕ		


7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**


№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз структура споживання енергоресурсів газової котельні мікрорайону міста Авдіївка	26.10.2021	
2	Дослідження та аналіз ефективності споживання енергоресурсів	30.01.2022	
3	Експлікація фактичної ефективності роботи котла місто Авдіївка	12.02.2022	
4	Аналіз ефективності системи теплопостачання	21.11.2022	
5	Впровадження заходів з економії паливно – енергетичних ресурсів	01.12.2022	

Студент   
(підпис)

М.С. Портнягіна  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)   
(підпис)

Г.В.Карпенко  
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено  
Нормоконтролер   
(підпис)

С.С.Чижов  
(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Портнягіна М.С. «Дослідження підвищення енергоефективності газової котельні міста Авдіївка»

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття вищої освіти магістра за спеціальністю 144 «Теплоенергетика». Науковий керівник - канд. техн.наук, доц. Карпенко Г.В. Інженерний навчально - науковий інститут ім. Потебні Запорізького національного університету. Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2022 року.

Основним завданням поставленою замовником, є аналіз енергетичного стану котельні та розробка заходів, що знижують витрати на енергоносії та викиди CO<sub>2</sub>. В ході роботи вироблений детальний аналіз виробітки теплової енергії, споживання природного газу, електроенергії – основних енергоносіїв, використовуваних на котельні мікрорайону міста Авдіївка. В результаті аналізу розроблені дев'ять заходів, направлени на досягнення економії енергоресурсів. Також розглянуті заходи із заміни рециркуляційного насоса, обрізки робочого колеса мережевого насоса, установки частотного регулювання на вентилятор котла, теплоізоляція теплової траси. Докладніше економічні показники розглянуті на наступній сторінці таблиці енергозберігаючих заходів. Якщо всі або більша частина запропонованих заходів будуть впроваджені, то зменшення питомих енерговитрат дозволить знизити собівартість відпустки теплової енергії.

Ключові слова: КОТЛОАГРЕГАТ, ЦЕНТРАЛІЗОВАНА СИСТЕМА, ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ, МЕРЕЖЕВИЙ НАСОС, РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИЙ НАСОС, ПІДЖИВЛЮВАЛЬНИЙ НАСОС, ВНУТРІШНЯ НОРМА ПРИБУТКУ, ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ

Список публікацій магістранта:

1. Портнягіна М.С., Чейлитко А.О. Дослідження підвищення енергоефективності газової котельні мікрорайону міста Авдіївка: зб.тез XV

університетської наук.-практ. конф. «Молода наука - 2022», м. Запоріжжя, 18-22 квітня 2022р. Запоріжжя, 2022. с. 225-227.

2. Karpenko A., Portniahina M. Research and analysis of the energy efficiency of the gas boiler house of the microdistrict of Avdeevka. XI International Scientific and Practical Conference. Barcelona, November 21-23 2022. P.110-114

## ANNOTATION

M.S. Portniahina. Research on increasing the energy efficiency of the gas boiler house in the city of Avdiivka

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree in specialty 144 "Heat power engineering". Research supervisor – candidate of technical sciences, Assoc. Karpenko G.V. Institute of Engineering Educational Scientists named after Potebni Zaporizhzhia National University. Department of Heat and Hydropower, 2022.

The main task set by the customer is the analysis of the energy state of the boiler room and the development of measures to reduce energy costs and CO<sub>2</sub> emissions. In the course of the work, a detailed analysis of thermal energy production, consumption of natural gas, and electricity - the main energy carriers used in the boiler house of the microdistrict of the city of Avdiivka - was made. As a result of the analysis, nine measures aimed at achieving energy savings were developed. Measures for replacing the recirculation pump, trimming the impeller of the mains pump, installing frequency control on the boiler fan, thermal insulation of the thermal line were also considered. Economic indicators are discussed in more detail on the next page of the table of energy-saving measures. If all or most of the proposed measures are implemented, the reduction of specific energy consumption will allow to reduce the cost of the vacation of thermal energy.

Keywords: BOILER UNIT, CENTRALIZED SYSTEM, NATURAL GAS, ENERGY MANAGEMENT, NETWORK PUMP, RECIRCULATION PUMP, FEED PUMP, INTERNAL RATE OF PROFIT, FUEL AND ENERGY RESOURCE

List of publications of the master's student:

1. Portniahina M., Cheylytko A. Research on increasing the energy efficiency of the gas boiler house of the microdistrict of the city of Avdiyivka: collection of theses of the XV university science and practice. conf. "Young Science - 2022", Zaporizhzhia, April 18-22, 2022. Zaporizhzhia, 2022. p. 225-227.

2. Karpenko A., Portniahina M. Research and analysis of the energy efficiency of the gas boiler house of the microdistrict of Avdeevka. XI International Scientific and Practical Conference. Barcelona, November 21-23 2022. P.110-114

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1.....	12
СТРУКТУРА СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ГАЗОВОЇ КОТЕЛЬНІ МІКРОРАЙОНУ МІСТА АВДІЇВКА.....	12
1.1 Загальні відомості про газову котельню мікрорайону м. Авдіївка.....	12
1.2 Споживання енергоресурсів газової котельні м. Авдіївка.....	14
Висновки до розділу.....	19
РОЗДІЛ 2.....	20
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ.....	20
2.1 Характеристика котельної та система обліку споживання паливно- енергетичного ресурсу.....	20
2.2 Аналіз ефективності виробництва теплової енергії.....	21
2.2.1 Аналіз питомих витрат ПЕР на вироблення 1 Гкал теплової енергії... ..	23
2.3 Споживачі теплової енергії та аналіз споживання електричної енергії	26
2.3.1 Електроспоживання обладнання та споживання електроенергії.....	27
2.3.2 Розбивка та аналіз електроспоживання про групам обладнання та окремими установками.....	30
Висновки до розділу.....	35
РОЗДІЛ 3.....	36
ЕКСПЛІКАЦІЯ ФАКТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОТЛА МІСТО АВДІЇВКА.....	36
Висновки до розділу.....	38
РОЗДІЛ 4.....	39
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	39
4.1 Загальні відомості про систему теплопостачання.....	39
4.1.1 Джерело генерації теплової енергії.....	39
4.1.2 Мережі транспорту теплової енергії.....	40
4.1.3 Споживачі теплової енергії.....	43
4.1.4 Теплові введення споживачів.....	45
4.2 Аналіз основних показників роботи системи теплопостачання та ефективності регулювання відпуску теплової енергії.....	55
4.3 Експлікація теплових втрат у зовнішніх теплових мережах.....	71
Висновки до розділу.....	78
РОЗДІЛ 5.....	80

ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕКОНОМІЇ ПАЛИВНО – ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ.....	80
5.1 Захід з впровадження енергетичного менеджменту.....	80
5.2 Захід з обрізки робочого колеса мережевого насоса ДЗ15 – 71.....	87
5.3 Захід з заміною рецируючого насоса.....	89
5.4 Захід щодо змін технологічної схеми котельні м. Авдіївка.....	94
5.5 Захід з додаткового встановлення нового підживлювального насосу..	103
5.6 Захід щодо проведення налагодження режимів горіння в котлах.....	105
5.7 Захід щодо установки частотного регулятора на вентилятор одного котла.....	108
5.8 Захід щодо заміни лампи розжарювання на люмінесцентні лампи.....	111
5.9 Захід з теплоізоляції ділянок теплової мережі з повітряним прокладанням .....	114
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	118
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	122



## ВСТУП

*Актуальність роботи.* Зараз місто потребує, багато відновлювальних робіт через нестабільність у суспільно – політичній площині, та в актуальності енергетичного обстеження. Підвищення енергоефективності - це основна умова національної економічної, екологічної та соціальної стабільності, а тому запорукою національної безпеки, необхідно усувати бар'єри на шляху підвищення енергоефективності.

Підвищення енергоефективності теплозабезпечення будівель – один з головних факторів соціальної стабільності і вимога безпеки життєдіяльності за допомогою газової котельні. Необхідно ефективне використання енергоефективності при дотриманні оптимальних умов щодо заходів підвищення енергоефективності газової котельні.

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 знаходження заходів щодо енергоефективності газових котелень. Тому Україна, мірою власних можливостей, не стоїть осторонь щодо підвищення енергоефективності газових котелень.

Періодична перевірка ефективності використання енергоносія в результаті енергоаудиту незалежними спеціалістами, дозволяє глянути неупереджено на існуюче положення.

Отже, найскладніша ситуація залишається в Донецькій області з газопостачанням, тому незважаючи в край критичну ситуацію аварійно-відновлювальні бригади працюють у цілодобовому режимі відбуваються ремонтно-відновлення обладнання та енергопостачання, населенню. Відповідно з ситуацією в країні, досягнути необхідної реконструкції стає все дедалі більше.

*Об'єктом дослідження* є система теплозабезпечення будівель, та що складається з розподільчих мереж газової котельні мікрорайону м. Авдіївка.

*Предметом дослідження* в кваліфікаційній роботі магістра є енергетичні процеси, які відбуваються в газовій котельні міста Авдіївки.

*Метою роботи* – є розробка та обрання найкращого заходу щодо підвищення енергоефективності газової котельні мікрорайону міста Авдіївка.

*Задачі дослідження.* Для досягнення поставленої мети в кваліфікаційній роботі магістра вирішуються наступні задачі:

- аналіз літературних джерел за тематикою дослідження;
- дослідження структури споживання енергоресурсів газової котельні мікрорайону міста Авдіївка;
- проведення та аналіз ефективності споживання енергоресурсів;
- аналіз ефективності системи теплопостачання та роботи котлів;
- визначення заходів з економії паливно – енергетичних ресурсів (ПЕР).

*Методи та засоби дослідження.* Поставлені задачі вирішувались за допомогою стандартних методів та методичного обрахунку енергоспоживання та енергопотреб. Обробка табличних даних та побудова графічних залежностей в програмі Microsoft Excel. Апроксимація експериментальних даних, що проводилась за допомогою методів найменших квадратів з визначенням коефіцієнту детермінації.

*Наукова новизна оптимальних результатів.* Отримані оптимальні характеристики газової котельні. Розроблені теоретичні та методичні положення доведені до рівня методичних рекомендацій, які пропонуються для впровадження у практику газової котельні м. Авдіївка.

*Практична новизна оптимальних результатів.* Має рекомендації організаційно-економічного характеру щодо реалізації та обрання заходу щодо підвищення енергоефективності газової котельні м. Авдіївка.

*Апробація роботи.* Результати роботи представлені на загально-університетській конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука – 2022», а також на International Scientific and Practical Conference «Eurasian scientific discussions – 2022».

*Структура та обсяг роботи.* Кваліфікаційна робота магістра включає вступ, п'ять розділів, висновки та перелік джерел посилань в 24 позиції. Загальний обсяг складає 123 сторінок, в тому числі 24 ілюстрації та 65 таблиць.

РОЗДІЛ 1  
СТРУКТУРА СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ГАЗОВОЇ КОТЕЛЬНІ  
МІКРОРАЙОНУ МІСТА АВДІЙКА

1.1 Загальні відомості про газову котельню мікрорайону м. Авдіївка

Під час війни працює котельня мікрорайону вул. Першотравнева, 288, задля ефективного використання теплопостачання для населення на наступний опалювальний сезон, отже сумарна установка теплової потужності котельної мікрорайону складає:

$$Q_{\text{кот.}} = 16,6 \text{ Гкал/ч (19,31 МВт)}$$

В табл. 1.1 представлені основні дані котлів, встановлених на котельні.

Таблиця 1.1 – Загальна інформація про котли, встановлені на котельні

Котельня, адреса	Тип встановлених котлів	Теплопродуктивність, Гкал/ч
вул. Першотравнева, 288, місто Авдіївка	ТВГ – 8	8,3
	ТВГ – 8	8,3

Приєднане розрахункове теплове навантаження споживачів:

$$Q_{\text{р.потр.}} = 5,292 \text{ Гкал/час}$$

В якості палива на котельні використовується природний газ.

Котельня працює тільки в опалювальний період для потреб опалення.  
Централізоване гаряче водопостачання в котельні відсутнє.

Регулювання відпуску теплової енергії в мережу відбувається якісним способом за температурним графіком

$$\Delta T = 105 - 70^{\circ}\text{C}$$

На котельні використовуються хімводоочищення, до складу якої входить три  $\text{Na}$  - катіонітові пом'якшувальні фільтри 1-го ступеня діаметром  $D = 1,0$  м. Фільтри працюють поперемінно – один у роботі, другий на регенерації, третій у резерві. Тиск в системі міськводопроводу достатньо для потреб підживлення системи тепlopостачання. Після пом'якшувальних фільтрів вода подається у вакуумний деаератор підживлювальної води з колонкою ДСВ - 15,0, де проходить обробку з видаленням кисню (та інших газів) і надходить у зворотний трубопровід теплової мережі на всмоктування мережевих насосів за допомогою підживлювального насоса №1 К 80 -50 -200. На момент обстеження деаератор перебував у робочому стані.

Перелік насосного обладнання котельної мікрорайону м. Авдіївка

*Мережеві насоси №1, №2 Д 200/95*, промисловістю  $Q = 200\text{м}^3/\text{год}$  та натиском  $H = 95$  м вод. ст. потужність ел. двигуна  $N_{\text{ел}} = 90,0$  кВт.

*Мережеві насоси №3, №4 К100-65-250*, промисловістю  $Q = 100\text{м}^3/\text{год}$  та натиском  $H = 80$  м вод. ст. потужність ел. двигуна  $N_{\text{ел}} = 55,0$  кВт.

*Підживлювальний насос №1 К 80-50-200*, продуктивністю  $Q = 50\text{м}^3/\text{год}$ . і натиском  $H = 50$  м вод. ст. потужність ел. двигуна  $N_{\text{ел}} = 15,0$  кВт.

*Підживлювальний насос №2 ВК 4/24*, продуктивністю  $Q = 14,4$  м<sup>3</sup>/год і натиском  $H = 24$  м вод. ст. потужність ел. двигуна  $N_{\text{ел}} = 5,5$  кВт.

*Рециркуляційний насос ПКУ - 90*, продуктивністю  $Q = 90,0$  м<sup>3</sup>/год та натиском  $H = 38$  м вод.ст. потужність ел.двигуна  $N_{\text{ел}} = 22,0$  кВт.

*Насос вихідної води №1 К80-50-200*, продуктивністю  $Q = 50,0$  м<sup>3</sup>/год і натиском  $H = 50$  м вод.ст. потужність ел.двигуна  $N_{\text{ел}} = 15,0$  кВт.

На момент обстеження котельні о 8.00 28.02.2022 р. температура зовнішнього повітря становила  $T_{\text{нар.нов.}} = -2^{\circ}\text{C}$ . в даний час в роботі знаходилося наступне теплотехнічне обладнання і були зафіксовані наступні теплові гідравлічні режими:

1. Котел №2 ТВГ- 8 ;
2. Мережевий насос №2 Д 200/95;

### 3. Рециркуляційний насос ПКУ – 90.

Параметри теплоносія на виведенні котельні кварталу мікрорайону

м. Авдіївка при вимірах:

1. Фактичний тиск у трубопроводі, що подає  $P_1 = 5,0 \text{ кгс/см}^2$ ;
2. Фактичний тиск у зворотному трубопроводі  $P_2 = 3,0 \text{ кгс/м}^2$ ;
3. Розташований напір на котельні  $\Delta H_p = 20 \text{ м вод.ст. (2,0 кгс/см}^2)$ ;
4. Фактичні витрати теплоносія  $G_{\text{факт.}} = 179,4 \text{ м}^3/\text{год}$ ;
5. Розрахункова витрата мережної води  $G_{\text{расч.}} = 151,2 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Підживлення тепломережі котельні кварталу мікрорайону м. Авдіївка на момент вимірювання параметрів роботи котельні ( Січень 2022 р.) складало 0,5/1,0 м<sup>3</sup>/год. Максимальне підживлення становить 2,0/3,0 м<sup>3</sup>/година. Нормативні втрати для даної теплової мережі становлять 0,44 м<sup>3</sup>/годину.

## 1.2 Споживання енергоресурсів газової котельні м. Авдіївка

Основним енергоресурсами, що споживаються котельнею є:

1. Природний газ;
2. Електроенергія. Також котельня споживає воду.

Споживання паливно-енергетичних ресурсів котельні мікрорайону м.Авдіївка за 2022 рік представлено на рисунку 1.1 та в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Споживання ПЕР за 2022 р.

Найменування ПЕР	Одиниця виміру	Споживання
Електроенергія	тис.кВтч	453,58
	т у.т.	55,73
від суми	%	2,61
Природний газ	тис.м <sup>3</sup>	1800,314
	т у.т.	2077,56
від суми	%	97,39
Сума	т у.т.	2133,29



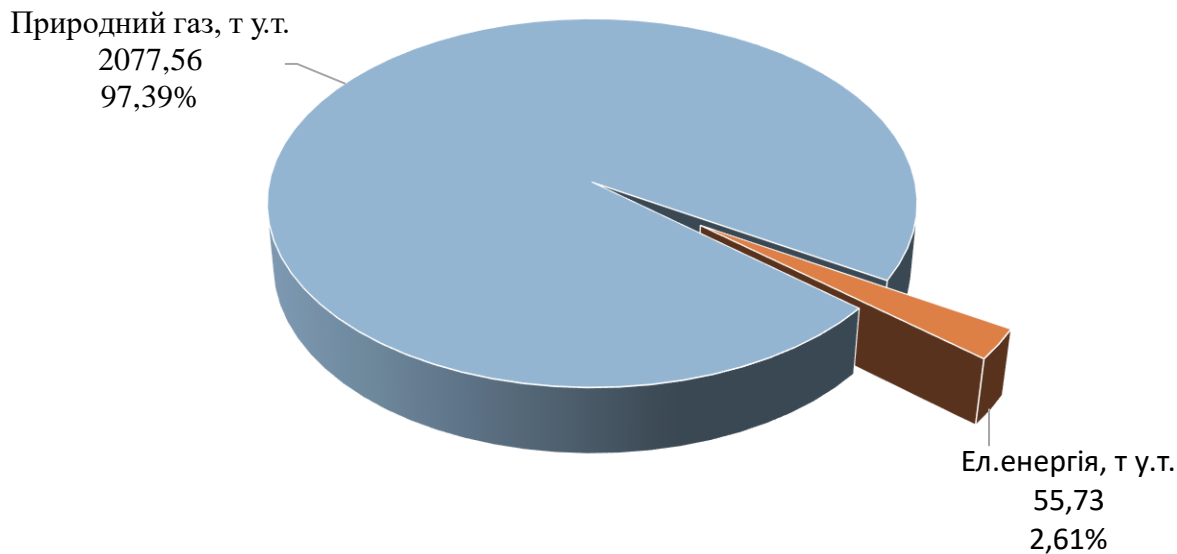


Рисунок 1.1 – Споживання паливно-енергетичних ресурсів котельні мкр. м. Авдіївка за 2022 р.

На діаграмі видно, що обсяг отримання енергії від газу значно перевищує споживання електричної енергії. Тарифи на оплату енергоресурсів представлені у табл. 1.3

Таблиця 1.3 – Тарифи на оплату енергоресурсів.

Енергоносій	Розмірність	Вартість з ПДВ
Електроенергія	грн/кВт-ч	1,23888
Природний газ	грн/тис. м <sup>3</sup>	1309,2
Вода питна	грн/м <sup>3</sup>	5,5314
Теплова енергія для населення	грн/Гкал	340,55
Теплова енергія для бюджетних організацій	грн/Гкал	1086,84
Теплова енергія для інших споживачів	грн/Гкал	1086,84

Розподіл витрат котельної мкр м. Авдіївка (тис.грн) на ПЕР та воду за 2020 р. представлено в табл. 1.4 на рис. 1.2

Таблиця 1.4 – Розподіл витрат котельної мкр на ПЕР та воду за 2022 р.

Стаття витрат	Сума, тис.грн	Частка, %
Природний газ	2675,9	83,96
Електроенергія	430,8	13,52
Вода	80,3	2,52
Всього	31870	100

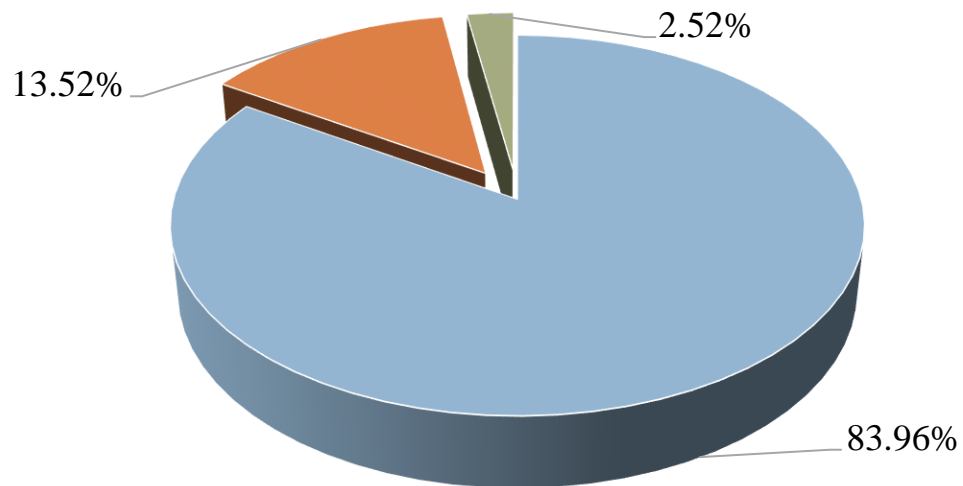


Рисунок 1.2 – Розподіл витрат котельні мікрорайону м.Авдіївка на паливно-енергетичні ресурси та воду за 2022 рік.

Як видно на рисунку 1.2 основна частка витрат котельні припадає на природний газ, потім електроенергію. Витрати на воду складає порядку 2,52% від витрат на споживані ресурси.

Структура розподілу витрат котельні за 2022 рік представлена в таблиці 1.5 та рисунку 1.3.

Таблиця 1.5 – Витрати котельні за 2022 рік

Найменування	Витрати, тис.грн	%
Паливо	2 675,9	61,52
Електроенергія	430,8	9,90
Вода	80,3	1,85
Заробітна плата	436,1	10,03
Нарахування до заробітної плати	161	3,70
Ремонт	300,2	6,90
Амортизація	187,9	4,32
Матеріали	65,3	1,50
Інше	11,9	0,27

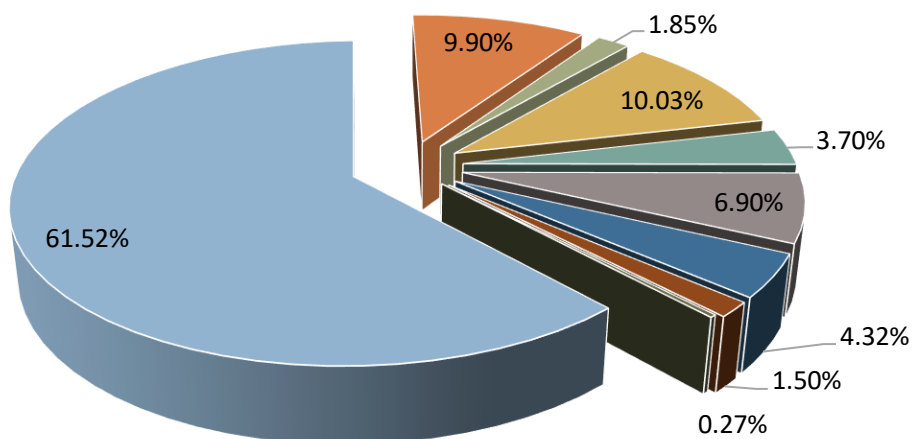


Рисунок 1.3 – Структура розподілу витрат котельні мікрорайону м. Авдіївки за 2022 рік

На рисунку видно, що основні витрати котельні мікрорайону м. Авдіївка несе за статтею – природний газ (61,52%), що є об'єктивно. Далі за структурою розподілу витрат йде заробітна плата персоналу з відрахуваннями (10,03 та 3,7%). Та на електроенергію припадає 9,9% витрат.

Споживання енергоресурсів за 2020 – 2022 рр. Представлені в таблиці 1.6 та рисунку 1.4

Таблиця 1.6 – Споживання енергоресурсів за 2020 – 2020 рр.

Найменування ПЕР	Одиниця виміру	Споживання		
		2020	2021	2022
Електроенергія		506,644	488,189	453,58
	т у.т.	62,25	59,98	55,73
Природний газ		1 725,882	1 889,624	1 800,314
	т у. т.	1 991,67	2 180,63	2 077,56

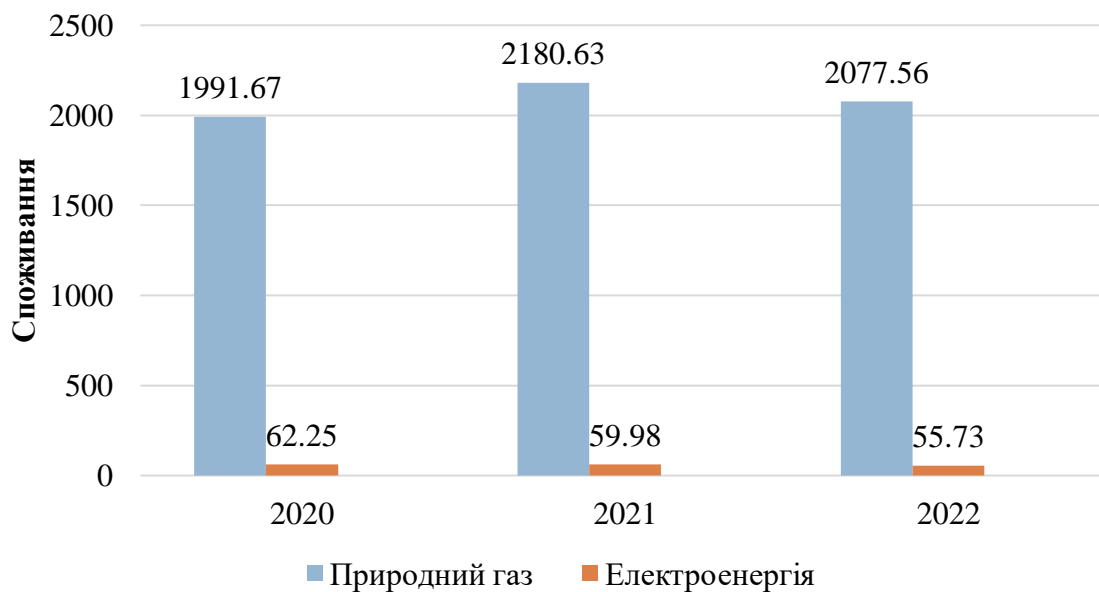


Рисунок 1.4 – Споживання енергоресурсів за 2020 – 2022 рр.

Грошові витрати на енергоресурси за 2020 – 2022 роки представлені в таблиці 1.7 та рисунку 1.5

Таблиця 1.7 – Грошові витрати на енергоресурси за 2020 – 2022 рр.

Найменування ПЕР	Витрати, тис.грн		
	2020	2021	2022
Електроенергія	346,60	402,10	430,80
Природний газ	1 804,60	2 555,80	2 675,90

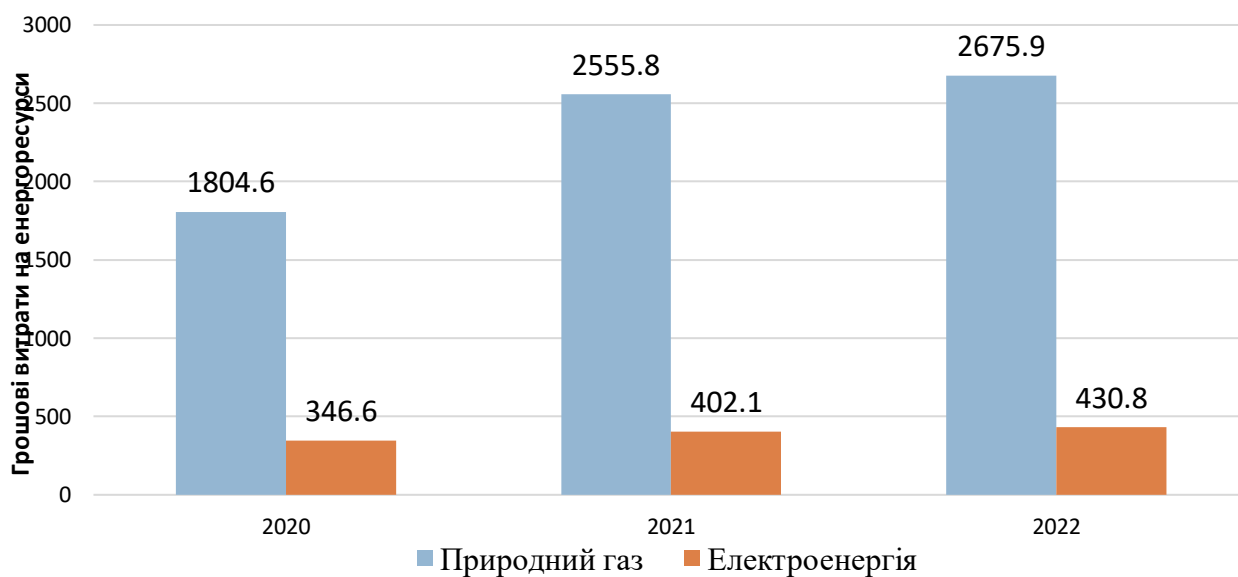


Рисунок 1.5 – Грошові витрати на енергоресурси за 2020 – 2022 рр.

## Висновки до розділу 1

В результаті вищенаписаного можна виявити найголовніші аспекти які були виконані в першому розділі:

1. Природний газ є основним енергоресурсом, який використовує котеля та від його ефективності використання залежить економічні показники роботи котельні мікрорайону, м.Авдіївка.

2. Заробітна плата персоналу з нарахуванням складає 13,73% від витрат котельні мікрорайону м. Авдіївка.

3. Електроенергія другий по важливості енергоресурс, який використовує котельня. При частці споживання електричної енергії 2,61% від загального споживання енергії котельні мікрорайону м.Авдіївка, витрати на неї складає 13,52% від витрат на енергосії та воду. Одиниця електричної енергії має найвищу питому вагу.

## РОЗДІЛ 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

#### 2.1 Характеристика котельної та система обліку споживання паливно-енергетичного ресурсу

Котельня мікрорайону м.Авдіївка для своєї діяльності використовує природний газ, електроенергію, технічну воду.

Природний газ спалює в парових та водогрійних котлах для отримання теплової енергії. Електроенергія, здебільшого, споживається електричними приводами насосів, вентиляторів та інших механізмів. Технічна вода використовується для заповнення теплових мереж та їх підживлення, а також на потреби хімоводоочищення та для побутових потреб. Для централізованого тепlopостачання використовується традиційна схема тепlopостачання – джерелом теплової енергії з магістральним та квартальними тепломережами та інженерними обладнанням на них. Приєднання споживачів теплової енергії здійснюється за допомогою залежних схем приєднання.

Котельня мікрорайону м.Авдіївка виконує поставку теплової енергії споживання тільки в опалювальний період. Відпуск гарячої води не виконується. Регулювання відпуску теплової енергії здійснюється в опалювальний період якісним способом за температурним графіком.

Облік електричної енергії на котельні ведеться за допомогою лічильників комерційного обліку електричної енергії. Система контролю та обліку споживання паливно – енергетичних ресурсів на котельні мікрорайону м. Авдіївка являє собою комплекс комерційного та технічного обліку наступних технічних та матеріальних ресурсів:

- а) облік палива;
- б) теплової енергії;
- в) води;



г) електроенергії.

Відомості про прилади обліку природного газу, теплової енергії, води та електроенергії на котельні мікрорайону м. Авдіївка представлені в таблицях 2.1 – 2.4.

Таблиця 2.1 – Список приладів обліку природного газу на котельні

Котельня	Кількість	Тип (марка)
Мкр. м. Авдіївка	1 шт.	РГк – 1000,В – 25

Таблиця 2.2 – Список приладів обліку теплової енергії на котельні

Котельня	Кількість	Тип (марка)
Мкр. м. Авдіївка	1 шт.	Мультикал 601 150

Таблиця 2.3 – Список приладів обліку витрати води для підживлення на котельні

Котельня	Кількість	Тип (марка)
Мкр. м. Авдіївка	1 шт.	ЛЛТ – 80х

Таблиця 2.4 – Список приладів обліку витрат електричної енергії на котельні

Котельня	Кількість	Тип (марка)
Мкр. м. Авдіївка	3 шт.	НіК2303 АРК1,СА4У – И678

## 2.2 Аналіз ефективності виробництва теплової енергії

На котельні експлуатується водяні котли ТВГ – 8М – 3 шт. В таблиці 2.5 представлений відпуск теплової енергії котельні.

Таблиця 2.5 – Відпуск теплової енергії котельні за опалювальний період 2021 – 2022 рр.

Період	жовтень 2021	листопад 2021	грудень 2021	січень 2022	лютий 2022	березень 2022	квітень 2022	Усього відпущено ***, Гкал
Відпуск теплової енергії*	**	1445	2410	1983	1821	1396	532	9587
Розрахунковий відпуск теплової енергії	406	1446	2407	2201	1850	1789	421	10520

\* – дані таблиці заповнені за даними теплолічильника. Тепловий лічильник не є приладом комерційного обліку.

\*\* – в цей місяць відбулося налаштування приладу обліку.

\*\*\* – сума відпущеної енергії, зафіксоване приладом обліку (без жовтня).

Оскільки тепловий лічильник не є приладом комерційного обліку, для обчислень використовується розрахункові значення відпуску теплової енергії.

Відпуск теплової енергії по котельні за опалювальні сезони 2019 – 2022 рр. представлені на малюнку 2.2 та таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Відпуск теплової енергії за опалювальні сезони 2019 – 2022 рр. по котельні.

Опалювальний період	2019 – 2020	2020 – 2021	2021 – 2022
Відпуск в мережу Гкал	12 647	11 688	10 520

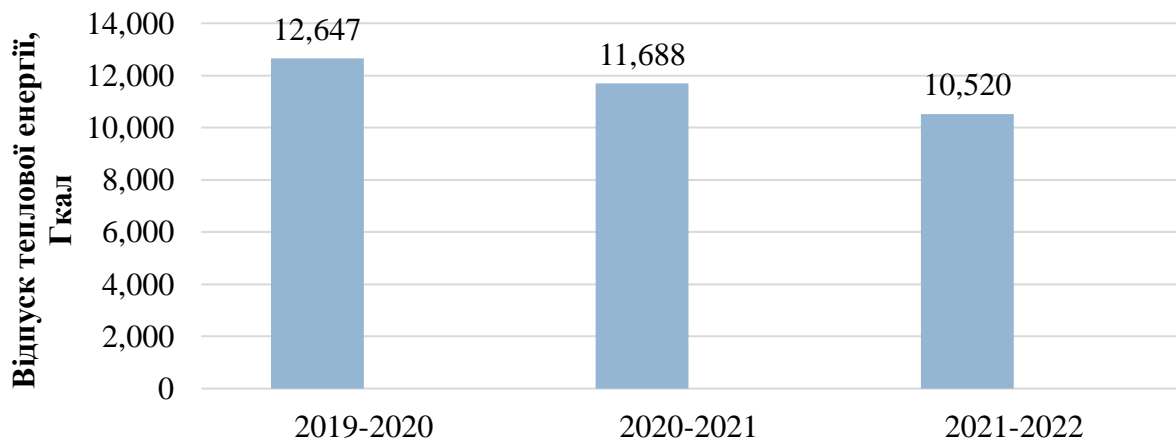


Рисунок 2.2 – Відпуск теплової енергії котельні за опалювальні періоди 2019 – 2022 рр.

Як видно на рисунку 2.2 відпуск теплової енергії зменшується з опалювального періоду в опалювальний період.

#### 2.2.1 Аналіз витрат паливно-енергетичні ресурсів на вироблення 1 Гкал теплової енергії

Основним завданням аналізу питомих витрат палива, електроенергії та води є забезпечення застосування у виробництві технічно та економічно обрнтованих прогресивно питомих витрат для здійснення режиму економії, раціонального розподілу і найбільш повне та ефективно їх використання. В таблиці 2.7, 2.8, 2.9 представлені питому витрати природного газу, електроенергії та води котельні за опалювальні періоди 2019 – 2020 рр, 2020 – 2021 рр., 2021 – 2022 рр. Графічне представлення цих таблиць – на малюнках 2.3, 2.4, 2.5.

Таблиця 2.7 – Питома втрата природного газу на відпуск 1 Гкал теплової енергії

2019 – 2020 р.			2020 – 2021 р.			2021 – 2022 р.		
Відпуск теплоти Гкал	Споживання газу, тим.м3	Питома втрата газу,м3 /Гкал	Відпуск теплоти Гкал	Споживання газу, тим.м3	Питома втрата газу,м3 /Гкал	Відпуск теплоти Гкал	Споживання газу, тим.м3	Питома втрата газу,м3 /Гкал
12 647	1 794,903	141,923	11 688	1895,521	162,177	10 520	1500,827	142,664

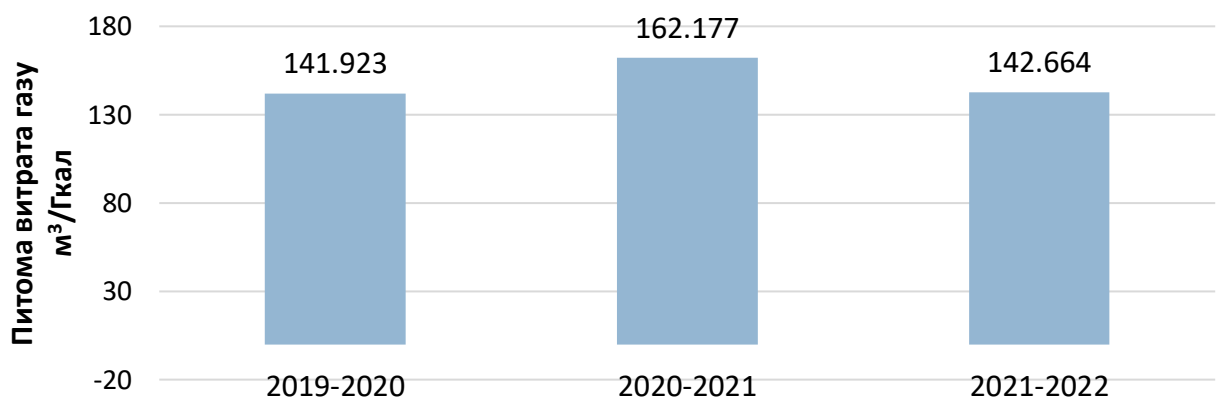


Рисунок 2.3 – Питома втрата газу на відпуск 1 Гкал теплової енергії

Питома втрата природного газу за опалювальні періоди 2019 – 2020 рр. та 2021 – 2022 рр. знаходяться на одному рівні в межах 141,9 – 142,6 м<sup>3</sup> / Гкал.

Підвищення питомої втрати пояснює зменшення відпуску теплової енергії підвищення споживання природного газу.

Таблиця 2.8 – Питома втрата електричної енергії на відпуск 1 Гкал теплової енергії.

2019 – 2020 р.			2020 – 2021 р.			2021 – 2022 р.		
Відпуск теплоти Гкал	Споживання електр.енерг. тис кВт	Питома втрата електр.енерг. тис	Відпуск теплоти Гкал	Споживання електр.енерг. тис кВт	Питома втрата електр.енерг.	Відпуск теплоти Гкал	Споживання електр.енерг. тис.кВт	Питома втрата електр.енерг. тис.кВт
12647	496,842	39,285	11688	485,92	41,574	10 520	441,052	41,925

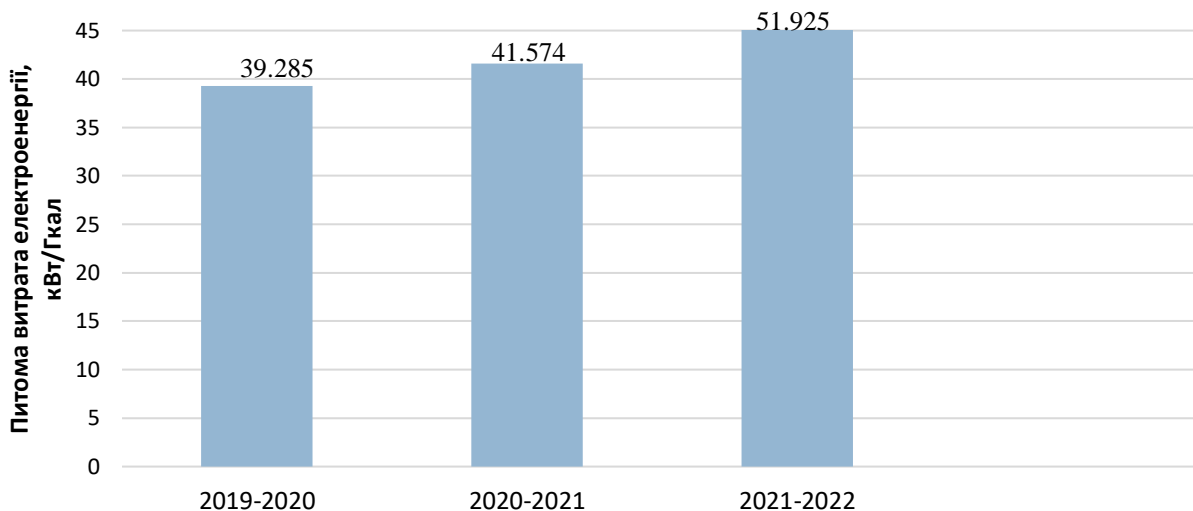


Рисунок 2.4 – Питома витрата електроенергії на відпуск 1 Гкал теплової енергії

За час опалювальних періодів 2019-2022 років. спостерігається поступове збільшення питомої витрати електричної енергії.

Таблиця 2.9 – Питома витрата води на відпуск 1 Гкал теплової енергії

2019 – 2020 р.			2020 – 2021 р.			2021 – 2022 р.		
Відпуск теплоти Гкал	Споживання води, м <sup>3</sup>	Питома витрата, м <sup>3</sup> /Гкал	Відпуск теплоти Гкал	Споживання води, м <sup>3</sup>	Питома витрата, м <sup>3</sup> /Гкал	Відпуск теплоти Гкал	Споживання води, м <sup>3</sup>	Питома витрата, м <sup>3</sup> /Гкал
12647	12733	1,007	11688	12350	1,057	10 520	6847	0,651

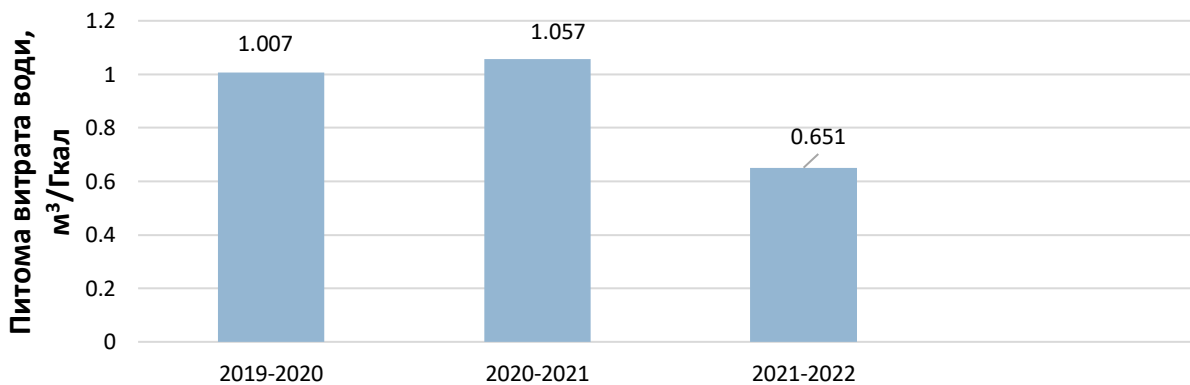


Рисунок 2.5 – Питома витрата води на відпуск 1 Гкал теплової енергії.

Підживлення води на котельні не перевищує 1,1 м<sup>3</sup>/Гкал. Зниження питомої витрати води спричинене різким зменшенням споживання води.

У котельні вода витрачається на поповнення котлових контурів, парових котлів та безпосередньо поповнення теплової мережі

### 2.3 Споживачі теплової енергії та аналіз споживання теплової енергії

Споживачі теплової енергії представлені три категорії: населення, бюджетні організації, інші споживачі

На рис.2.5 представлена схема розподілу теплової енергії (Гкал/г) між вище перерахованими категоріями споживачів.

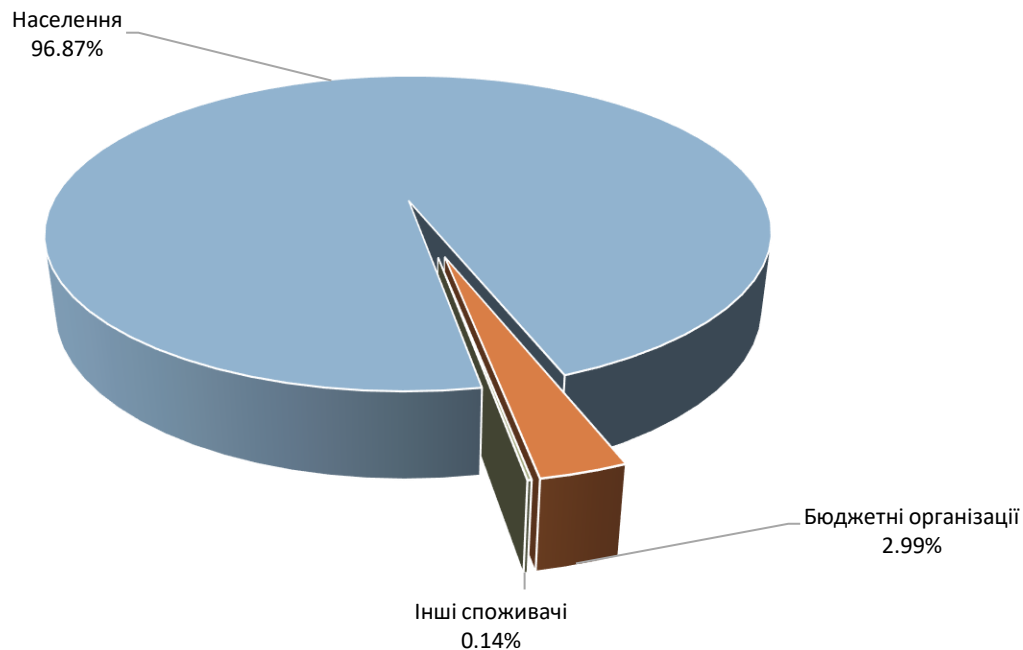


Рисунок 2.5 – Розподіл теплової енергії (Гкал/г) між вище перерахованими категоріями споживачів за опалювальний період 2019-2022р.

Таким чином, на основі отриманих даних видно, що найбільше теплове навантаження – для категорії населення. В таблицю 2.10 зведено дані про розподіл теплової енергії (Гкал/год) між вищезазначеними категоріями споживачів. У таблиці 2.11 представлені відсоткові співвідношення навантажень з розподілу теплової енергії (Гкал/год.).



Таблиця 2.10 – Розподіл теплової енергії (Гкал/год) між категоріями споживачів за опалювальний період 2019-2022 р.

Категорія споживачів	Одиниця виміру	Тепломережа
Населення	Гкал/год	5,1261
Бюджетні організації	Гкад/год	0,1582
Інші споживачі	Гкал/год	0,0076
Всього по котельні	Гкал/год	5,2019

Таблиця 2.11 – Розподіл теплової енергії (%) між категоріями споживачів за опалювальний період 2019-2022 р.

Категорія споживачів	Одиниця виміру	Тепломережа
Населення	%	96,87
Бюджетні організації	%	2,99
Інші споживачі	%	0,14
Всього по котельні	%	100

В таблиці видно, котельня мікрорайону м.Авдіївки, в основному орієнтована на теплопостачання категорії населення 96,87%. 3,13%, що залишилися, витрачаються на теплопостачання бюджетних та інших споживачів. Вартість теплової енергії для бюджетних організацій та інших споживачів однакова.

### 2.3.1 Електроспоживаюче обладнання та споживання електроенергії

Основними споживачами електроенергії на котельні є насоси та тягодутьове обладнання. У табл. 2.12 представлена відомість з насосного обладнання котельні мікрорайону м. Авдіївки. У табл.2.13 представлений перелік тягодутьового обладнання.

Таблиця 2.12 – Відомості з насосного обладнання котельної мікрорайону

м. Авдіївка

<b>Мережеві насоси</b>					
Тип/марка	Продуктивність	Тиск	Потужність	Кіл-ть оборотів	Наявність ЧРП
	м <sup>3</sup> /Г	м вод. ст.	кВт	об/хв.	
Д 200/95	200	95000	90	2900	Немає
Д 200/95	200	95000	90	2900	Немає
К100-65-250	100	80000	55	2900	Немає
К100-65-250	100	80000	55	2900	Немає
<b>Підживлювальні насоси</b>					
Тип/марка	Продуктивність	Тиск	Потужність	Кіл-ть оборотів	Наявність ЧРП
	м <sup>3</sup> /Г	м вод. ст.	кВт	об/хв.	
К80-50-200	50	50000	15	2900	Немає
ВК-4/24	14,4	24000	5,5	2900	Немає
<b>Рециркуляційні насоси</b>					
Тип/марка	Продуктивність	Тиск	Потужність	Кіл-ть оборотів	Наявність ЧРП
	м <sup>3</sup> /Г	м вод. ст.	кВт	об/хв.	
НКУ-90	90	38	22	1450	Немає
<b>Насоси вихідної води</b>					
Тип/марка	Продуктивність	Тиск	Потужність	Кіл-ть оборотів	Наявність ЧРП
	м <sup>3</sup> /Г	м вод. ст.	кВт	об/хв.	
К80-50-200	50	50000	15	2900	Немає

Таблиця 2.13 – Тягодуттьове обладнання, встановлене на котельні м. Авдіївка

<b>Дуттьові вентилятори</b>							
Марка Котла	Ст. №	Тип/Марка	Продуктивність	Тиск	Потужність	Кіл-ть оборотів	Наявність ЧРП
			м <sup>3</sup> /Г	м вод. ст.	кВт	об/хв.	
ТВГ-8	№1	ВДН-9	15000	286	18	1000	Немає
ТВГ-8	№2	ВДН-9	15000	286	18	1000	Немає
ТВГ-8	№1	ВДН-9	15000	286	18	1000	Немає
ТВГ-8	№2	ВДН-9	15000	286	18	1000	Немає
<b>Димососи</b>							
Тип/Марка	Продуктивність		Тиск	Потужність	Кіл-ть оборотів	Наявність ЧРП	
	м <sup>3</sup> /Г		м вод. ст.	кВт	об/хв.		
ДН-11,2	19130		194	45	1000	Немає	
ДН-11,2	19130		194	45	1000	Немає	
ДН-11,2	19130		194	45	1000	Немає	
ДН-11,2	19130		194	45	1000	Немає	

Власних джерел електроенергії на котельні м.Авдіївки відсутні. Електрична енергія використовується переважно для живлення електроприводів насосного, тягодутьового обладнання, на потреби КВП і на штучне освітлення.

Споживання електричної енергії котельні за опалювальні періоди 2019-2022 зображено на рис. 2.8. Споживання електроенергії за опалювальні періоди 2019-2022 рік котельні наведено у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Споживання електричної енергії котельні за опалювальні сезони 2019-2022 роки.

	Розмірність	Опалювальний сезон		
		2019-2020	2020-2021	2021-2022
Споживання	Тис.кВт/г	496,84	485,92	441,05

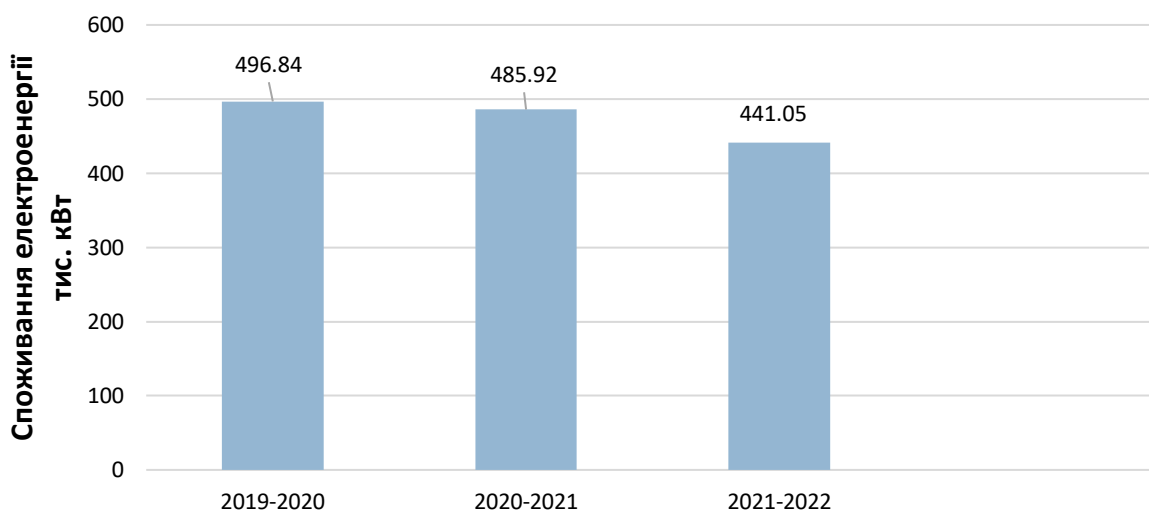


Рисунок 2.8 – Споживання електричної енергії котельні за опалювальний сезон 2019-2022 роки

Основними електроспоживаючим обладнанням котельні є:

- 1) мережеві насоси
- 2) живильний насос
- 3) підживлювальні насоси
- 4) вентилятори
- 5) димососи

2.3.2. Розбивка та аналіз електроспоживання за групами обладнання та окремими установками

Частка у т.у.т. Загалом споживання котельні м. Авдіївки невелике (близько 2.38%), у витратах котельні на ПЕР її частка суттєво - 10,8%, що становить близько 828,9 тис.грн на рік. До того ж, повсюдною специфікою теплопостачальних організацій є те, що ефективності споживання палива приділяється велика увага. До того ж згодом, навантаження та режими роботи котельні найчастіше суттєво змінюються, і якщо наявне обладнання справляється зі своїми функціями, то проблема відповідності його потужності та продуктивності, необхідним навантаженням, як правило, непомітно, і для її вирішення потрібний детальний аналіз, що проводиться спеціалізованою організацією. Виходячи з вищесказаного, мною було проведено детальний аналіз ефективності електроспоживаючого обладнання.

У 2021 році котельні відпущено 27926,61 Гкал (за опалювальний період 2021-2022 рр. – 24284,9 Гкал), витрата електроенергії становила 903,7 МВт-год. (за опалювальний період 2021-2022рр. - 866,738 МВт-год.), тобто питома витрата електроенергії склала 32,36 кВт - ч/Гкал (за опалювальний період 2021-2022 рр. - 35,69 кВт-г/Гкал). Загалом у порівнянні з іншими котельнями міста це є середнім значенням, але якщо врахувати, що в місті є котельні з температурним графіком 95,70 (а при нижчому температурному графіку витрата електроенергії має бути більшою), у яких питома витрата істотно нижча за 22-26 кВт-год/Гкал.

Необхідно відзначити, що в 2021 році питома витрата була дещо вищою від звичайного через те, що весь опалювальний період був у роботі котел КВГМ-10/150, що має на відміну від котла КВГ-6,5 вентилятор. В даний час всі дозвільні документи на роботу котла КВГ-6,5 отримані при температурі вище 0 С котлі КВГМ-10/150 експлуатуватися не буде. У табл.2.15 наведено список наявного електрообладнання на котельні з уазанням годин роботи в день і за рік. Для основного обладнання були проведені виміри струмових навантажень, на підставі яких випередила споживана потужність.

Таблиця 2.15 – Розбивка споживання електроенергії по котельні (на підставі вимірів струмових навантажень)

Найменування	Тип	P	N	Наявність част.	In	Робота на момент виміру	Іраб	Напруга В	Кількість, шт.	К загр.	Спож. за год	Час роботи	Спож. за добу	Час роботи	Спож. за рік
		кВт	Об/хв	Регулятора	А	А	кВт-ч				год/доб	кВт-ч	доб/рік	тис.кВт	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Мережевий н-с №1	A2-91-2	75	3000		140			380	1	0,00	0,00		0		0
Мережевий н-с №2	4A280S2Y3	110	3000	РЄЗЄ-6	206			380	1	0,00	0,00		0		0
Мережевий н-с №3	4A250M2Y3	90	3000	РЄЗЄ-6	165			380	1	0,00	0,00		0		0
Мережевий н-с №4	4A250S2Y3	75	3000	РЄЗЄ-6	165	Працює.	140	380	1	0,80	75,47	24,00	1811,26	176	318,783
Мережевий н-с №5	4A250M2Y3	90	3000	РЄЗЄ-6	165			380	1	0,00	0,00		0		0
Мережевий н-с №6	4A250M2Y3	90	3000	РЄЗЄ-6	165	Працює.	145	380	1	0,83	78,16	24,00	187,957	176	330,168
Підживлювальний н-с 1	АО2-52-2	13	3000	Частотн.	25,3		2	380	1	0,07	1,08	24,00	25,8752	176	4,5540
Підживлювальний н-с 2	АО2-52-2	15	3000	Частотн.	25,3			380	1	0,00	0,00		0		0
Підвищуючий 1	A2-62-2	17	3000		32,3			380	1	0,00	0,00		0		0
Підвищуючий 2	4AM100	4	3000		16			380	1	0,00	0,00		0		0
Сольовий н-с	4A160S2Y3	15	3000		28,5			380	1	0,00	0,00		0		0
Димосос №1	АО2-52-6	20	750	Частотн.	25,3	Працює.	10	380	1	0,37	5,39	24,00	129,376	176	22,7702
Димосос №2	4A250M6Y3	22	1000	Частотн.	103			380	1	0,00	0,00		0		0
Димосос №3	АО2-52-6	55	750	Частотн.	25,3	Працює.	10	380	1	0,37	5,39	24,00	129,376	176	22,7702
Димосос №4	АО2-52-6	22	750	Частотн.	25,3			380	1	0,00			0		0

## Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Вентилятор №4А	4А100L2Y3	4,5	3000		10,5			380	1	0,00	0,00		0		0	
Вентилятор №4А	4А100L2Y3	4,5	3000		10,5			380	1	0,00	0,00		0		0	
Вентилятор №3	4А200М4Y3	37	1000		68,8			380	1	0,00	10,00	24,00	240	50	12	
Вентилятор №2	АО2-52-4	13	1000		19,8			380	1	0,00	0,00		0		0	
Вентилятор №1	АО2-52-4	13	1000		19,8	Працюв.	13	380	1	0,62	7,01	24,00	168,189	176	29,601	
РЕЦ н-с	АО2-71-4	22	1500		41,6	Працюв.	29	380	1	0,66	15,63	24,00	375,191	176	66,033	
Підвищуючий – 3	4А100S2Y3	4	3000		7,8			380	1	0,00	0,00		0		0	
Поживний н-с 1	4А180S2Y3	22	3000		41,6			380	1	0,00	17,00	12,00	204		35,904	
Поживний н-с 2	4А180S2Y3	22	3000		41,6			380	1	0,00	0,00		0		0	
Свердлильний верстат		2,2	1500					380	1	0,20	0,44	1,00	0,44		0,0774	
Заточувальний верстат		4,5	3000					380	1	0,20	0,90	1,00	0,9		0,1584	
Притиральний верстат		1,1						380	1	0,20	0,22	1,00	0,22	176	0,03872	
Токарний верстат		7,5						380	1	0,20	1,50	1,00	1,5		0,264	
							52					64,70		1004,44		160,077
Внутрішнє освітлення	Люмінісцентне	0,07			0,30		0,30	220	26		1,73	12,00	10,64	180	3,6326	
	накалювання	0,15			0,68		0,68	220	7		1,05	12,00	12,6	180	2,2176	
Зовнішнє освітлення	Ртутні	0,04			0,18		0,18	220	1		0,04	12,00	0,48	365	0,08448	
	накалювання	0,10			0,45		0,45	220	2		0,20	12,00	2,4	365	0,4224	
															849,481	



Споживання з розрахунку, тис. кВт-год/рік	849,481
Фактичне споживання енергії, тис. кВт-год/рік	903,715
Нев'язка, %	-6,38

За основу в цій розбивці було взято виміри струмів споживання всім великим електроспоживаючим обладнанням на котельні. Потім ці дані порівнювалися з даними комерційного обліку споживання електричної енергії. В результаті порівняння результатів розрахункового та фактичного споживання по котельні отримали нев'язку результатів по котельні 6,38% - що достатньо для подальшого аналізу. У розрахунку визначалося добове та річне споживання всіма працюючими пристроями на підставі вимірів струмів. насоси. а також тягодутьєве споживання допоміжного обладнання шляхом наближеної оцінки, виходячи з потужності обладнання.

На основі таблиці 2.15 було побудовано діаграму, зображену на рисунку 2.10

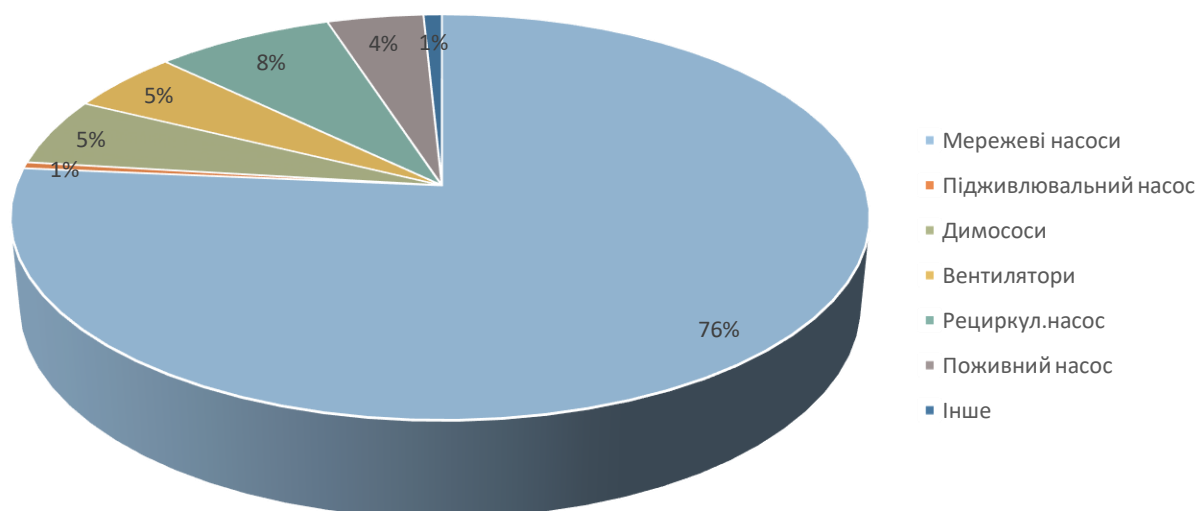


Рисунок 2.10 – Розбивка споживання електроенергії основним обладнанням котельні

Аналізуючи отримані значення можна побачити, що переважна частка посідає на мережеві насоси. 76,4% загальної річної витрати. Наступним за

значимістю йде рециркуляційний насос 7,8%. Споживання вентилятора котла ДКВР становить 3,5% загальної річної витрати. Решта електроспоживаючого обладнання працює ефективно:

- 1) електродвигуни димососів та підживлювальних насосів забезпечені частотними регуляторами;
- 2) поживні насоси парових котлів працюють періодично, з навантаженням близьким до номінального.

Вентилятор котла КВГМ-10/150 працює лише при температурі зовнішнього повітря нижче 0°C (близько 50 діб), коли потрібна велика продуктивність та суттєву економію на ньому отримати не можна.

У розділі енергозберігаючих заходів буде розглянуто заходи щодо зниження витрати електроенергії мережевими насосами, рециркуляційним насосом та вентилятором парового котла.

1. Споживання електричної енергії на мережеві насоси дуже велике 76,4% загального споживання котельні. Основна причина такої ситуації – робота одночасно двох мережевих насосів.

2. Підживлювальний насос, димососи, вентилятор, рециркуляційні насоси, пожежний насос і інше обладнання споживають всього 23,6% загального споживання котельні.

3. Основну економію електроенергії можна отримати забезпечивши ефективну роботу на котельні за рахунок мережевих насосів.

## ЕКСПЛІКАЦІЯ ФАКТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОТЛА МІСТО АВДІЇВКА

Зараз місто потребує, багато відновлювальних робіт через війну в Україні, тому потрібно для наступного опалювального сезону забезпечивши населення газопостачанням, необхідно провести експлікацію фактичної ефективності роботи котла м. Авдіївка, отже, від ефективності роботи котлів на котельні залежить від ефективності роботи котельні. Всі котли на котельні працюють за режимними картами котлів. В роботі на момент вимірів знаходився один водогрійний котел ТВГ-8. Результати вимірів та розрахунку коефіцієнт корисної дії по зворотному балансу зведено до таблиці 3.1.

Порівняння певного коефіцієнту корисної дії з коефіцієнтом корисної дії котла по режимній карті котла представлені на малюнку 3.1.

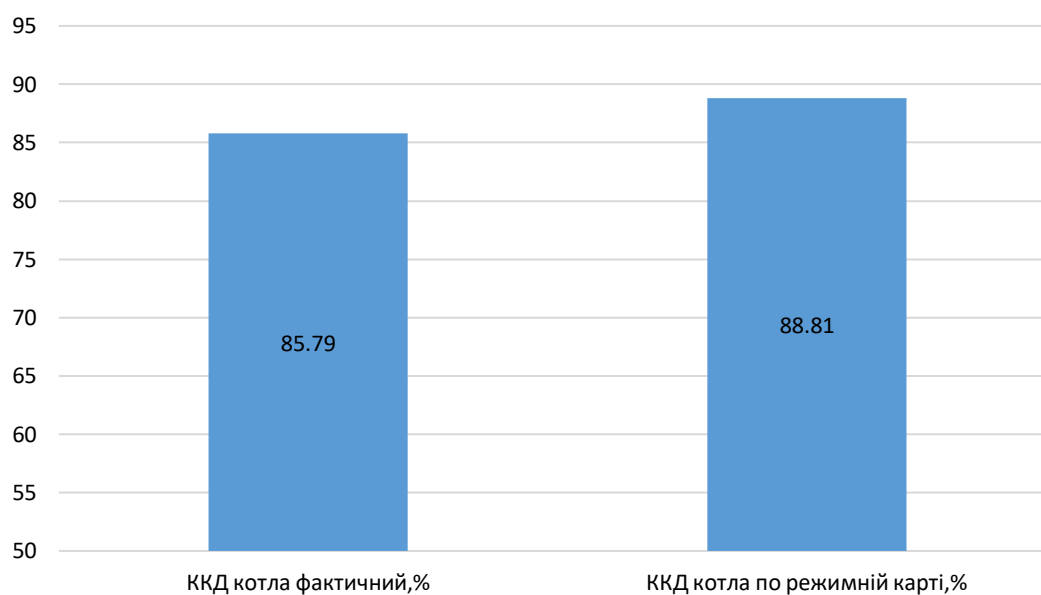


Рисунок 3.1 – Порівняння фактичного ККД котла з даними режимних карт котла

Експлікація ефективності роботи котлів проводилася за зворотним балансом. При цьому проводились виміри складу газів, що йдуть з котлів за допомогою газоаналізатора TESTO 330-2LL. Виміри проводились 25.01.2022 року. Розрахункові дані представлені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 Експлікація ККД котла по зворотному балансу

№ котла	ТВГ-8 №2
O <sub>2</sub> , %	13,90
CO, %	0,00
CO <sub>2</sub> , %	4,00
Температура газів які вийшли, T <sub>г</sub> , С	86,40
Температура холодного повітря T <sub>в</sub> , С	18,40
Зміна об'єму сухих проудктів горіння з порівнянням з теоретичним, h	2,93
Коефіцієнт надлишку повітря, <i>a</i>	2,74
Втрати тепла від хімічної неповноти згоряння, q <sub>3</sub> , %	0,03
Втрати тепла з газами які вийшли, q <sub>2</sub> , %	6,79
Номінальна теплопродуктивність, Гкал/год.	8,00
Фактична теплопродуктивність, Гкал/год	2,38
Номінальні втрати тепла в навколишнє середовище, q <sub>5ном</sub> , %	2,20
Витрати тепла в навколишнє середовище	7,39
ККД котла фактичний, %	85,79
ККД котла по режимній карті котла, %	88,81

Отже, проаналізуємо таблицю 3.1, на якій видно що розрахункові значення коефіцієнт корисної дії по зворотному балансу для котла №2 ТВГ-8 нижча, ніж по режимній карті котла.

Котел працював зі значним надлишком повітря 2,74 (режимна карта котла 1,49), що призвело до втрат з газів 6,79% (режимна карта котла 5,87%). Котел працював із навантаженням 2,38 Гкал/год, при мінімальному навантаженні на котел за режимною картою котла 3,41 Гкал/год. **[Error! Reference source not found.]** Це призвело до підвищених втрат з поверхні котла 7,39% (по режимній карті котла 5,87%)

Отже, котел №2 ТВГ-8 працював гірше ніж по режимній карті котла. Коефіцієнтт корисної дії котла низький 85,79% (144,23м<sup>3</sup> /Гкал). Тому необхідно провести комплексне налагодження системи тепlopостачання по всіх без винятку ділянках системи тепlopостачання (генерування-транспорт-споживання теплової енергії).

#### РОЗДІЛ 4

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

#### 4.1 Загальні відомості про систему тепlopостачання

##### 4.1.1 Джерело генерації теплової енергії

Під час війни працює котельня мікрорайону вул. Першотравнева, 288, але необхідно підвищити енергоефективність задля ефективного використання тепlopостачання для населення на наступний опалювальний сезон, отже сумарна установка теплової потужності котельної мікрорайону складає:

$$Q_{\text{кот.}} = 16,6 \text{ Гкал/ч (19,31 МВт)}$$

Джерелом теплової енергії в системі тепlopостачання служить котельня у складі двох водогрійних котлів.

Котел №1 ТВГ-8 - теплова потужність котла  $Q_p = 8,3 \text{ Гкал/годин}$

Котел №2 ТВГ-8 - теплова потужність котла  $Q_p = 8,3 \text{ Гкал/годин}$

Приєднане розрахункове теплове навантаження споживачів:

$$Q_{p.\text{потреб.}} = 5,292 \text{ Гкал/годин}$$

Коефіцієнт використання обладнання  $K=0,32$

Затверджений температурний графік роботи котельні мікрорайону на опалювальний період 2021-2022 рр.  $\Delta T = 105 - 70^\circ\text{C}$ .

В якості палива на котельні використовується природний газ. Система тепlopостачання котельні - замкнута та двотрубна. Послуга централізованої відпустки гарячого водопостачання системи - відсутня. Для системи тепlopостачання характерна робота за якісним методом регулювання відпуску теплоти, тобто зміна температури теплоносія при відносно постійному його витраті.

Зміна температури теплоносія проводиться відповідно до температурного графіка  $\Delta T = 105 - 70^\circ\text{C}$ , причому температура теплоносія в

трубопроводі у що подає теплову мережу, задається централізовано, диспетчером зміни.

На виведенні з котельні в зовнішню тепломережу встановлено вузол технічного обліку теплової енергії типу «*Multical-601*». Прилад обліку знаходиться у робочому стані та використовується для ведення статистики щодо відпуску теплової енергії.

Параметри теплоносія на виведенні котельні мікрорайону при вимірах:

1. Фактичний тиск у трубопроводі, що подає  $P=5,0 \text{ кгс/см}^2$ .
2. Фактичний тиск у зворотному трубопроводі  $P = 3,0 \text{ кгс/см}^2$ .
3. Наявний напір на котельні  $\Delta H_p = 20 \text{ м во. ст. (2,0К = кгс/см}^2)$ .
4. Фактична витрата теплоносія  $G_{\text{факт.}} = 179,4 \text{ м}^3/\text{годин}$ .

#### 4.1.2. Мережі транспорту теплової енергії

Транспортування теплоносія споживачам на потреби опалення здійснюється за допомогою зовнішніх теплових мереж (ЗТМ), які перебувають на балансі підприємства.

Характеристика теплової мережі котельні мікрорайону:

1. Теплові мережі мають загальну довжину 3,400 км у двотрубного обчислення. Діапазон змін діаметрів трубопроводів зовнішніх теплових мереж знаходиться в межах від  $D_y 32 \text{ мм}$  до  $D_y 250 \text{ мм}$  (за умовним проходом).
2. Прокладка теплових мереж переважно підземна в непрохідних каналах та надземна на низьких та високих опорах.
3. Основний тип теплової ізоляції трубопроводів - мати мінераловатні на синтетичному сполучному з покривним шаром з руберойда та склопластику. Є ділянки з попередньоізольованими трубами з ППУ-ізоляцією з покривним шаром з поліетилену та попередньо ізольованими трубами із зовнішньою оболонкою SPIRO з оцинкованої сталі.
4. Теплові введення споживачів приєднані до зовнішньої теплової мережі котельні за безпосередньою схемою без змішувальних пристроїв.
5. Нормативні втрати тепла прийняті для даної теплової мережі



становлять 13,59% від вироблення теплової енергії котельні (згідно з КТМ - 204 Україна 244-94).

б. Нормативні втрати теплоносія для цієї теплової мережі становлять 0,44 м<sup>3</sup>/годину.

Об'єм теплової мережі:  $V_{т.с.} = 73,3\text{м}^3$ . Сумарний об'єм внутрішніх систем теплоспоживання:  $V_{вн. сист.} \approx 103,2\text{м}^3$ . Об'єм системи тепlopостачання:  $\sum V_{сист.} = 176,5\text{м}^3$ .

Компенсація теплових розширень здійснюється П-подібними компенсаторами та природними кутами повороту траси. Ділянки теплової мережі наземної прокладки мають загальну довжину 286 м (двотрубне обчислення) та становлять 8,4% від загальної довжини теплотрас. Глибина залягання осі трубопроводів для підземної прокладки –  $\frac{1,1}{1,2}$  м.

Протяжність теплопроводів, прокладених попередньо ізольованим ППУ трубами, становить 45 м (двохтрубне обчислення) або 1,32% загальної протяжності теплотрас. Протяжність трубопроводів, прокладених попередньо ізольованими трубами із зовнішньою оболонкою SPIRO з оцинкованої сталі становить 405 м (двохтрубне обчислення) або 11,91% від загальної протяжності теплотрас (рис. 4.1).

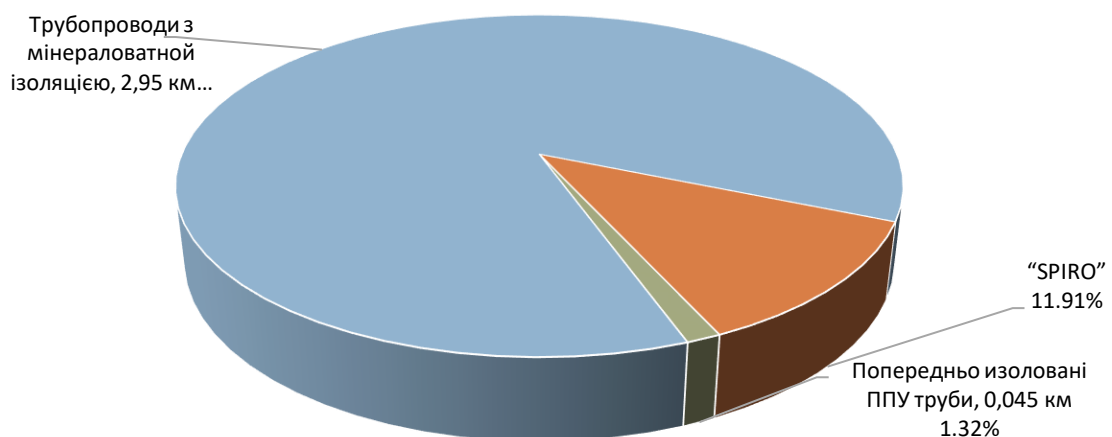


Рисунок 4.1 – Теплоізоляційні матеріали, використувані при прокладанні зовнішніх теплових мереж котельні мікрорайону станом на

27.02.2022

Матеріальна характеристика зовнішніх теплових мереж опалення котельні мікрорайону наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Матеріальна характеристика зовнішніх теплових мереж котельні мікрорайону у двотрубном обчисленні (дані підприємства)

№	Зовн. діаметр, мм	Протяжність м	Вид прокладки	Глибина залягання, м	Тип ізоляції	Товщин а ізоляції, мм	Об'єм трубоп ров. м <sup>3</sup>
<b>мікрорайон м. Авдіївка</b>							
1	Ø42 мм	25	підземн	1,1	бітум,мін.вата	60	0,065
2	Ø57 мм	231	підземн	1,1	бітум,мін.вата	60	0,924
3	Ø57мм	43	назем		SPIRO	30	0,172
4	Ø76мм	420	підземн	1,2	бітум,мін.вата	60	3,276
5	Ø76мм	45	підземн	1,2	ППУ	64	0,351
6	Ø76мм	82	підземн		SPIRO	64	0,640
7	Ø89мм	797	підземн	1,2	бітум,мін.вата	60	8,767
8	Ø89мм	83	назем		SPIRO	72	0,913
9	Ø108мм	254	підземн	1,2	бітум,мін.вата	60	4,064
10	Ø108мм	37	назем		SPIRO	92	0,592
11	Ø133мм	643	підземн	1,2	бітум,мін.вата	60	15,946
12	Ø159мм	260	підземн	1,2	бітум,мін.вата,скл опл	60	9,204
13	Ø159мм	160	назем		SPIRO	92	5,664
14	Ø219мм	280	підземн	1,2	бітум,мін.вата	60	18,480
15	Ø273мм	40	підземн	1,3	бітум,мін.вата	60	4,240
<b>Всього</b>		<b>3400</b>					<b>73,29</b>

Дослідження стану теплової ізоляції було проведено за допомогою тепловізора TESTO-875-1.

#### 4.1.3 Споживачі теплої енергії

Споживачами теплової енергії в системі тепlopостачання котельні мікрорайону міста Авдіївки є житлові будинки, бюджетні організації та установи, комунальні підприємства та інші.

Серед споживачів теплої енергії потреби опалення виділяють такі групи:

I група - неселення

II група - бюджетні організації та установи

III група - промислові та інші споживачі теплової енергії.

Список споживачів із зазначенням приєднаного розрахункового теплового навантаження на опалення та станом приладів комерційного обліку теплової енергії на введеннях абонентів наведено у таблиці 4.2

Таблиця 4.2 Список споживачів теплоенергії, підключених до системи тепlopостачання котельні мікрорайону м. Авдіївки

№	Г.	Категорія спожив.	Об'єкт	Адреса об'єкту	Навант опал. Гкал/г.	В т.ч.	Марка т/сч
						За прилад обліку	
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Котельня мікрорайону м. Авдіївка</b>							
1	I	Населення	житловий буд.	Першотравнева 288	0,24388		Multical раб.
2	I	Населення	житловий буд.	Першотравнева 290	0,31517		
3	I	Населення	житловий буд.	Першотравнева 292	0,28700		
4	I	Населення	житловий буд.	Першотравнева 294	0,31132		
5	I	Населення	житловий буд.	Першотравнева 296	0,16443		
6	I	Населення	житловий буд.	Першотравнева 297	0,27335	0,2710	Multical 401
7	I	Населення	житловий буд.	Степова 115	0,18512	0,1851	Multical 401

8	I	Населення	житловий буд.	Степова 117	0,16736		
9	I	Населення	житловий буд.	Степова 119	0,28699		
10	I	Населення	житловий буд.	Степова 121	0,31332		
11	I	Населення	житловий буд.	Степова 131	0,29527	0,0509	Multical 401
12	I	Населення	житловий буд.	Степова 133	0,30829		
13	I	Населення	житловий буд.	Степова 141	0,46882	0,4688	
14	I	Населення	житловий буд.	Степова 143	0,35775	0,2510	Multical 401 (2шт)
15	I	Населення	житловий буд.	Степова 145	0,34352		
16	I	Населення	житловий буд.	Степова 147	0,45950	0,4595	Multical 401 (3шт)
17	I	Населення	житловий буд.	Степова 149	0,34493	0,2347	Multical 401 (2шт)
<b>Всього по I групі</b>					<b>5,12608</b>	<b>1,9213</b>	
1	II	Місц.бюд.	Дитяч. сад. №3	пров.Благодатний 1	0,15819	0,1576	Multical 401
<b>Всього по місц.бюдж.</b>					<b>0,15819</b>	<b>0,1576</b>	
<b>Разом по II групі</b>					<b>0,15819</b>	<b>0,1576</b>	
1	III	Інші	ПАТ «Авдіївський завод металевих конструкцій»	Маяковського, 94	0,00763		
<b>Всього по III групі</b>					<b>0,00763</b>		
<b>Всього по котельні</b>					<b>5,29190</b>	<b>2,0789</b>	<b>39,28%</b>

Загальна опалювальна площа - 61 002 м<sup>2</sup> , в тому числі:

- населення (I гр.) - 58 896 м<sup>2</sup>; Q<sub>опал.</sub> = 5,126 Гкал/год.
- бюджетні організації (II гр) - 2022м<sup>2</sup>; Q<sub>опал.</sub>=0,158 Гкал/год.
- інші підприємства (III гр.) - 84м<sup>2</sup> ; Q<sub>опал.</sub> = 0,008 Гкал/год.

На 03.01.2022 рік тариф на теплову енергію для бюджетних організацій та інших споживачів - однакова.

Загальна кількість будівель, підключених до централізованої системи теплопостачання котельні мікрорайону міста Авдіївка, станом на 03.01.2022 рік, складає 19 одиниць.

Таким чином, комерційними вузлами обліку теплової енергії обладнано 7 споживачів із 19. Охоплення споживачів теплолічильниками 39,3% (за приєднаною потужністю теплоспоживання).

#### 4.1.4. Теплові введення споживачів

Теплові введення споживачів приєднані до зовнішньої теплової мережі котельні за безпосередньою схемою із застосуванням змішувальних пристроїв - елеваторів через роботу котельні за температурним графіком 105/70°C.

Абонентські теплові введення споживачів, як правило, не оснащені достатньою кількістю контрольно-вимірювальних приладів (КВП). Часто відсутні гільзи для термометрів та штуцери для манометрів. Через це вести верифікацію теплового і гідравлічного режиму місцевих систем опалення досить важко. Через проведення енергетичне обстеження (експрес-аудиту) зокрема аналізу роботи системи теплопостачання котельні мікрорайону м. Авдіївки є можливість виявити такі недоліки:

1. Рекомендації служби налагодження котельні (підприємство) споживачами тепла виконувались не в повній мірі або ігнорувалися, що стало причиною фактичної невідповідності витрат теплоносія  $G_{\text{факт.}} = 179,4 \text{ м}^3/\text{год.}$ , щодо відносно розрахункового значення  $G_{\text{розр.}} = 151,2 \text{ м}^3/\text{год.}$  (за температурним графіком  $\Delta T = 105-70^\circ\text{C}$ ).

2. Відсутність контролю за станом обладнання на теплове введення споживачів (теплові вводи належать до ведення споживачів), відсутність у них кваліфікованого персоналу для обслуговування, що призводить до роботи внутрішніх систем опалення в нерозрахунковому режимі, що у результаті відображується у збільшенні витрат теплоносія та збільшеним втратам напору в теплових мережах.

3. Відсутності засобів обліку тепла на теплових введеннях більшості споживачів призводить до відсутності економічної зацікавленості економити теплову енергію.

4. Відсутність робіт з гідропневматично промивання систем теплоспоживання, призводить до збільшення гідравлічного опору внутрішніх систем і в ряді випадків до непрогріву найбільш віддалених від теплового введення стояків систем опалення.

5. Має місце перегрів споживачів під час надання послуги опалення у теплі дні опалювального періоду внаслідок відсутності вузлів регулювання теплового потоку з погодною корекцією на теплових введеннях абонентів.

6. Наднормативні витoki частково припадають на організовані сливи із зворотного трубопроводу місцевих систем опалення з метою забезпечення циркуляції теплоносія в системі опалення, що вказує на розрегулювання системи та виявлення порушення гідравлічної збалансованості централізованої системи тепlopостачання, а також несанкціоноване використання мережевої води на господарсько-побутові потреби.

7. Затока трубопроводів підземної прокладки ґрунтовими та зливовими водами та відсутність дренажу, а також порушення покривного шару при надземній прокладці приводить до намокання теплоізоляції та в результаті до різкого збільшення теплових втрат з поверхні теплопродів.

8. Розвідні трубопроводи теплових мереж, прокладені в каналах, схильні до дії ґрунтових вод, розташованих близько до поверхні землі. Внаслідок чого на трубах, частіше, під шаром відкладень, утворюються "пітинги" (глибокі корозійні виразки), які за три-п'ять років перетворюються на наскрізні отвори. На кінцевих ділянках мереж спостерігаються відкладення продуктів корозії, що призводить до зменшення циркуляції, як правило, крайніх стояків систем опалення будівель.

Промивання систем тепlopостачання не виконуються, занесені трубопроводи частково замінюють на нові.

9. Значного зменшення втрат теплової енергії можна досягти шляхом заміни всіх трубопроводів зовнішніх теплових мереж на попередньо ізольовані пінополіуретаном (ППУ) труби при одночасному зменшенні діаметрів трубопроводів адекватно підключеного теплового навантаження до котельні. Однак це буде другим етапом модернізації системи тепlopостачання, оскільки вимагатиме серйозних матеріальних витрат.

Більшість недоліків, виявлених під час проведення обстеження газової котельні, характерно для вітчизняних систем централізованого теплопостачання.

Тому є рекомендаційні заходи, а отже, з метою усунення зазначених вище недоліків у системі теплопостачання та підвищення її техніко-екномічних показників необхідно провести та впровадити наступні заходи:

1. Модернізація абонетських теплових введень є ключовим заходом щодо підвищення енергоефективності системи теплопостачання котельні мікрорайону м. Авдіївки. Рекомендується виконувати модернізацію теплового введення споживачів теплової енергії в частині 100% оснащених вузлами обліку теплової енергії. Для будинків необладнані лічильниками теплової енергії, рекомендується вибирати лічильникам, (наприклад фірми Івест-Премекс PolluCom EX PolluTherm WPD) з автоматичною передачею даних. Обчислювач лічильника обладнаний пристроєм передачі даних через GSM зв'язок у форматі GPRS. Інформація формується лічильником у форматі файлу таблиць Excel. Документування на сервері відбувається також у вигляді електронних таблиць. При передачі чотири рази на добу річні експлуатаційні витрати по одному лічильнику складе близько 10-15 грн.;

2. Ремонт арматури вузлів введення тепла з установкою дросельних діафрагм, з центральним отвором розрахункового діаметра (відповідно до «Відомості звужуючих пристроїв споживачів» заснованої на даних гідравлічного розрахунку системи теплопостачання).

3. Проведення комплексного налагодження системи теплопостачання по всім без винятку ділянках системи теплопостачання (генерування - транспорт - споживання теплової енергії). Проведення робіт з налагодження теплового та гідравлічного режиму роботи системи теплопостачання дозволить досягти наступних переваг:

- зменшення витрат мережної води в теплових мережах.
- зменшення витрат електроенергії на перекачування теплоносія.
- підвищення гідравлічної стійкості системи теплопостачання.

- покращення якості надання послуг абонентів, які підключені до теплової мережі.

4. При заміні ділянок трубопроводом застосовувати попередньо ізольовані труби з ППУ ізоляцією з урахуванням зменшення діаметра необхідних для прокладання труб адекватно фактичного теплового навантаження. Після проведення перевірного гідравлічного розрахунку системи тепlopостачання від котельні мікрорайону м. Авдіївки можуть бути визначені ділянки теплової мережі де допускається при планових ремонтах магістральних трубопроводів використовувати труби на сортамент менше від тих, що знаходяться в експлуатації. Перевірочний розрахунок з високим ступенем достовірності вихідних даних необхідно проводити з використанням програми розрахунок трубопроводів теплових мереж ІГС «Syticom - ТеплоГраф» виробництва ІВЦ "Потік", що є в ОКП «Донецьктеплокомуенерго».

В опалювальному сезоні 2021-2022 рр. по даній котельні використовувався графік  $\Delta T=105-70^{\circ}\text{C}$ . Температурний графік роботи теплової мережі визначає режим роботи теплових мереж, забезпечуючи центральне регулювання відпуску тепла. За даними температурного графіка визначається температура подавальної та зворотної води в теплових мережах залежно від поточної температури зовнішнього повітря, а також необхідна (розрахункова) витрата теплоносія в тепловій мережі.

Якісний метод регулювання полягає в тому, що кількість води  $G$ , що подається в мережу на опалення споживачів, залишається постійно. Зміна кількості тепла в залежності від зовнішньої температури досягається зміною температури води, що подає.

Таким чином, при розрегульованій системі тепlopостачання, температура мережевої води у зворотному трубопроводі, як один з основних показників режиму відпустки та споживання теплової енергії в системі тепlopостачання в основному переважає розрахункове значення, тоді як у трубопроводі, що подає, практично у всіх інтервалах опалювального сезону



характеризується зниженими значеннями відносно щодо прийнятого температурного графіка центрального якісного регулювання відпуску через збільшення фактичної витрати мережної води.

Також слід зазначити, що збільшена витрата мережної води, через обмежене значення пропускної спроможності теплових мереж, призводить до зменшення необхідних для нормальної роботи місцевих систем опалення значення наявних напорів на введених споживачів. Втрати напору по тепловій мережі визначається квадратичною залежністю від витрати мережевої води:

$$\left(\frac{Go}{Gp}\right)^2 = \frac{\Delta Ho}{\Delta Hp}$$

Тобто, при збільшенні фактичної витрати мережевої води в 2 рази щодо розрахункового значення втрати напору по тепловій мережі збільшуються в 4 рази, що призводить до неприпустимо малих наявних напорів на теплових вузлах найбільш віддалених споживачів і, отже, до недостатнього теплопостачання цих споживачів. Головним заходом, який може бути запропонований для оптимізації такої системи теплопостачання, є налагодження гідравлічного та теплового режимів системи теплопостачання. Технічна сутність цього заходу полягає у встановленні поточкорозподілу в системі теплопостачання виходячи з розрахункових (тобто відповідних приєднаної теплового навантаження та обраного температурного графіку) витрат мережевої води для кожної системи теплоспоживання.

Це досягається установкою на введеннях системи теплоспоживання відповідних пристроїв, що дроселюють, розрахунок яких проводиться виходячи з розрахункового перепаду тисків на кожному тепловому ввіді, який розраховується виходячи з гідравлічного і теплового розрахунку всієї системи теплопостачання. Склад, структура, характеристики, стан основного обладнання на котельні мікрорайону м. Авдіївка та трубопроводів теплових мереж, у нашому випадку, дозволяють розраховувати на забезпечення

ефективної роботи всієї системи Котельня - Споживачі. Таким чином, технічно та економічно більш обґрунтованим видається розвиток системи теплопостачання від котельні мікрорайону м. Авдіївки за рахунок покращення її якісних показників - перепадів тиску, збільшення перепаду температур (теплосьема), що неможливо без кардинального скорочення витрат теплоносія у системах теплоспоживання та, відповідно, у всій системі теплопостачання.

Енергетична ефективність налагоджувальних заходів визначається:

- збільшенням пропускної спроможності трубопроводів теплових мереж, що призводить до збільшення наявних напорів на теплових введеннях споживачів;

- поліпшення температурного режиму роботи системи теплопостачання, тобто використання більшою мірою температурного потенціалу теплоносія;

- для котельні - витримкою параметрів режиму теплопостачання на рівні що регламентується правилами технічної експлуатації теплових установок та мереж.

Таким чином, проведення робіт з розробки експлуатаційного режиму роботи системи Котельня мікрорайону м. Авдіївка - Споживачі, теплового та гідравлічного режимів системи теплопостачання дозволить підвищити енергоефективність та надійність її функціонування при забезпеченні необхідної якості теплової енергії, що відпускається.

Економічну ефективність робіт з оптимізації режиму роботи системи теплопостачання можливо досягнути скороченням витрат палива за рахунок ліквідації перегріву систем теплоспоживання, скорочення витрати електроенергії на перекачування теплоносія за рахунок зниження питомої витрати мережної води, скорочення капітальних витрат на розвиток системи у разі приєднання нових споживачів, оскільки створюється технічна можливість у приєднанні без додаткових капіталовкладень у магістральні мережі та джерело теплоти.

Згідно з результатами попереднього гідравлічного розрахунку оптимальним режимом роботи теплової мережі, при встановленні

розрахункових пристроїв, що звужують, є наступні параметри які вказані в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Параметри оптимальних режимів робіт теплової мережі

Тиск у трубопроводі, що подається	кгс/см <sup>2</sup>	4,5
Тиск у зворотньому трубопроводі	кгс/см <sup>2</sup>	3,0
Наявний напір	кгс/см <sup>2</sup>	1,5
Витрати теплоносія	м <sup>3</sup> /год.	151,2
Розрахункове теплове навантаження	Гкал/год.	5,292
Рекомендований температурний графік 105-70°C верхнім зрізанням на 95°C		

Аналіз розрахунку гідравлічних втрат найбільш навантажених циркуляційних кілець системи тепlopостачання котельні мікрорайону м. Авдіївки, показує, що для стійкої роботи достатній напір на котельні, що розташовується, дорівнює  $\Delta H_{\text{розн.}} = 15$  м вод. ст. (1,5 кгс/см<sup>2</sup>). Такий режим роботи дозволить використовувати в основну тривалість опалювального періоду один насос мережі Д200-95. До поточної температури зовнішнього повітря  $T_{\text{зов.повітря}} = 13^{\circ}\text{C}$  регулювання відпустки тепла рекомендується здійснювати якісним методом. При подальшому зниженні температури переходити на кількісне регулювання при постійній температурі в трубопроводі  $T_1 = 95^{\circ}\text{C}$ , що подає, і при необхідності здійснювати включення в роботу другого мережевого насоса К100-65-250. Відсутність змішувальних пристроїв на теплових введеннях споживачів не дозволяє перевищувати температуру теплоносія в трубопроводі, що подає вище  $T_1 = 95^{\circ}\text{C}$ . Як варіант пропонується використання температурного графіка  $\Delta T = 105 - 70^{\circ}\text{C}$  з верхнім зрізанням на  $95^{\circ}\text{C}$ .

Проблема визначення фактичних втрат теплоти в теплових мережах є однією з найважливіших у тепlopостачанні споживачів. Саме великі теплові втрати – одна з основних причин незадовільної роботи системи тепlopостачання. Для визначення фактичних експлуатаційних теплових втрат через теплову ізоляцію та розробки на їх основі нормованих експлуатаційних теплових втрат після проведення робіт з реконструкції, модернізації та

відновлення теплової ізоляції необхідно виконувати випробування теплових мереж на теплові втрати.

Теплові мережі, згідно з вимогами правил технічної експлуатації теплових установок та мереж, необхідно раз на три роки випробовувати на розрахункову (максимальну) температуру теплоносія. Випробування полягає у перевірці теплової мережі на міцність в умовах температурних деформацій, спричинених підйомом температури теплоносія до розрахункових значень, а також у перевірці в цих умовах компенсуючої здатності теплової мережі. Випробування виконуються не менше ніж за 2 тижні до початку опалювального сезону, або в кінці сезону.

Існуюча на сьогоднішній час система розрахунків між постачальниками та споживачами (насамперед - населенням) теплової енергії за одноставковим тарифом є рудиментом «витратна» економіки та валових показників.

Такий тариф суперечить політиці економії паливно-енергетичних ресурсів, оскільки рентабельність діяльності теплопостачальних організацій прямо залежить від кількості відпущеної теплової енергії, а економія енергії споживачами призводить до погіршення техніко-економічних показників постачальників. Режим надходження коштів від споживача не відповідає режиму витрат підприємства, які забезпечують його нормальне функціонування створюючи проблеми, пов'язані з оподаткуванням та викликає необхідність залучення кредитних коштів. Положення посилюється при встановленні споживачем приладів обліку теплової енергії, частка яких постійно зростає. Після встановлення теплотічильників протягом міжопалювального періоду (в Україні - 6 місяців і більше) кошти від споживачів або взагалі не надходять (за відсутності централізованого гарячого водопостачання), або надходження становлять не більше 25-30% від середньомісячного. Таке становище часто призводить до використання кредитних ресурсів у період підготовки до зими, та в результаті подорожчає послуги теплопостачання.

Аналіз собівартості виробництва та транспортування теплової енергії показує, що планові витрати складаються з двох основних частин умовно-постійної та умовно-змінної. До першої частини витрат відносяться витрати на зарплату, паливо для компенсації теплових втрат у мережах, воду на підживлення мереж, електроенергію на перекачування теплоносія, ремонт, амортизаційні відрахування, тощо. Ця частина витрат пропорційна розрахунковій потужності системи тепlopостачання та пов'язана з необхідністю підтримки у робочому стані джерел теплової енергії, мереж та теплоспоживаючих установок (ЦТП, бойлерні, абонентські введення, внутрішньобудинкові системи) та незалежить від кількості відпущеної теплової енергії та гарячої води.

Основну частку умовно-змінної частини становлять витрати на паливо, електроенергію та воду, необхідні для генерації та транспортування корисної використаної теплової енергії.

Оплата за першою частиною тарифу повинна компенсувати умовно - постійну частину витрат на виробництво, транспортування на теплову енергію та забезпечувати рентабельність господарської діяльності тепlopостачальної організації; за другою умовно-змінну частину витрат, яка залежить від фактично спожитої теплової енергії.

Використання двоставкового тарифу стимулює впорядкування договірних відносин споживача з постачальником і призводить до того, що при тимчасовій відмові споживача від тепlopостачання постачальник має можливість відшкодувати витрати, що залишились.

Двоставкові тарифи потрібно прийняти насамперед для споживачів, в яких встановлено прилади обліку теплової енергії та гарячої води, але й для інших споживачів розподіл витрат між постійною та змінною частинами може бути визначені розрахунковим шляхом.

#### 4.2 Аналіз основних показників роботи системи теплопостачання та ефективності регулювання відпуску теплової енергії

Показники роботи системи теплопостачання газової котельні м. Авдіївки з вказівкою джерела цих даних приведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Показники роботи системи теплопостачання за 2022 рік.

№	Найменування параметрів	Значення Гкал	Джерело даних
1	Паливо тис.м <sup>3</sup>	49 478,85	Дані витратомірів газу
2	Вироблення теплоенергії, всього Гкал	296 735,74	Сума відпущеної теплової енергії та всіх втрат
3	Власні потреби, Гкал	6 653,53	Нормована величина
4	Відпустка з котельні, всього, Гкал	290 082, 21	Сума корисної відпустки та втрат на витоку та із зовнішніх мереж
5	Втрати теплової енергії всього, Гкал	32 976, 69	
5.1	у тому числі: нормативні з витоком, Гкал	2 391	Нормована величина
5.2	нормативні із зовнішніх мереж опалення, Гкал	30 579	Нормована величина
6	Корисна відпустка теплоенергії на потреби опалення, в т.ч.:	30 579	Дані лічильників + розрахунок за нормами
6.1	Населенню	256 638	
6.2	бюджетному сектору	220 602	

6.3	іншим споживачам (відомчі та держпрорахункові організації)	4 695	
-----	--	-------	--

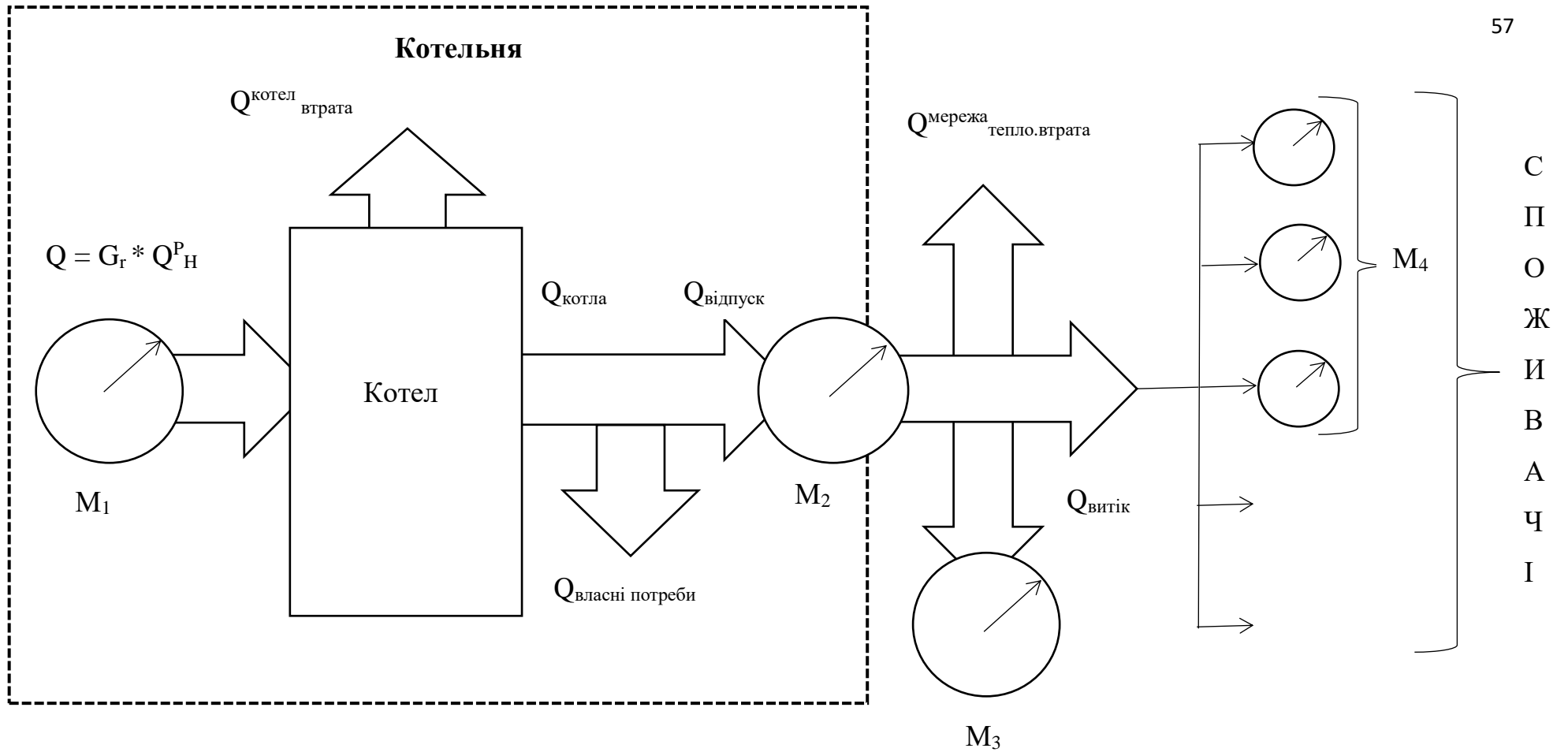
Як видно з приведеної таблиці, із шести основних параметрів (паливо, вироблення теплоенергії, власні потреби, втрати теплової енергії з витоками, втрати теплової енергії із зовнішніх мереж опалення) тільки один (паливо) повністю заснований на показаннях вимірювачів.

Ще один показник частково заснований на показаннях приладів - корисна відпустка теплоти. Ця величина визначається шляхом підсумовування показань приладів обліку у споживачів, які мають теплові лічильники, та споживання, розрахованого за нормами для тих споживачів, які не мають приладів обліку. Така система звітності є звичною для багатьох теплопостачальних організацій України, але вона має істотний недолік - відсутність стимулів для енергозбереження теплопостачальної організації. На практиці різні невеликі відхилення від ефективної роботи котлів, від температурного графіка, а також високі теплові втрати в зовнішніх теплових мережах легко згладжуються за рахунок підвищених норм витрат теплоти на опалення (для тих будівель, де немає теплових лічильників), а також досить високою нормою витрати теплоти на власні потреби. У такій ситуації котельні, що приділяють увагу енергозбереженню, майже не мають переваг у порівнянні з тими, на яких цьому не приділяється. Найчастіше основним завданням є усунення причин для скарг населення та виконання програм енергозбереження, що спускаються згори.

Методи створення важелів для стимулювання енергозберігаючої поведінки працівників теплопостачальних організацій не входять до кола питань, що вирішуються в даній роботі, але все ж таки можна запропонувати технічно здійсненну схему, яка буде базою для детального аналізу роботи котельні та всієї системи теплопостачання. Наявні в системі прилади обліку дозволяють визначати фактичні значення п'яти перерахованих параметрів із задовільною точністю, якої буде достатньо для бачення реальної картини та

визначення пріоритетних областей енергозбереження. Схематично пристрої обліку, місця їх розташування представлені на рис. 4.1





$M_1$  - витратометр газу

$M_2$  - теплотічильник (на виході з котельні)

$M_3$  - витратометр підживлювальної води

$M_4$  - споживачі, оснащені теплотічильниками

Рис. 4.1 Схема розташування приладів обліку

Як відомо, найбільш достовірними методами в енергоаудиті є методи, що базуються на показаннях вимірювачів, у разі потреби додатковими деякими припущеннями (так частковий вимір). Якщо значення деяких витрат теплоти не виражаються, але можуть бути визначені на підставі балансів, але такі дані мають таку ж достовірність, як і вимірювані величини.

У нашому випадку будемо використовувати такі баланси:

$$Q_{\text{котла}} = G_{\text{г}} * Q_{\text{н.р}} - Q_{\text{котла}}^{\text{втрати}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{відпуск.}} = Q_{\text{котла}} - Q_{\text{власні потреби.}} \quad (2)$$

$$Q_{\text{витік}} = G_{\text{підживл}} * C * (t_{\text{обр.}} - t_{\text{сир.води}}) \quad (3)$$

$$G_{\text{підживл}} = G_{\text{прямого}} - G_{\text{зворотнього}} \quad (4)$$

Корисний опуск теплоти дорівнює:

$$Q_{\text{пол.}} = Q_{\text{відпуск.}} - Q_{\text{витік}} - Q_{\text{сети}}^{\text{тепл.втрати}} \quad (5)$$

З іншої сторони:

$$Q_{\text{пол.}} = Q_{\text{порт.с}}^{\text{приб.уч.}} + Q_{\text{потр.без}}^{\text{приб.уч.}}$$

Останій з приведених балансів запишемо:

$$Q_{\text{пол.}} = Q_{\text{потр.с}}^{\text{приб.уч.}} / K_{\text{с}}^{\text{приб.уч.}}$$

де,  $K_{\text{с}}^{\text{приб.уч.}}$  – частка опалювальної нагрзуки будівель з приладами обліку в сумарній опалювальній нагрзуці за всіма будівлями (як з приладми обліку, так і без них).

У гідравлічно-налагодженій системі заміна балансу (6) виразом (7) не вносила похибки. Для системи, яка гідравлічно не налагоджена, похибка може бути, але якщо частка будівель з приладами обліку велика (близько 50% або

більше), то ця похибка істотно не спотворить картину, і наведений баланс (7) може користуватися із задовільним ступенем достовірності.

Проаналізуємо приведені баланси.

В балансі (1)  $G_r$  та  $Q_{н^p}$  відомі з високою точністю, оскільки на них базується комерційний облік газу в котельні. Втрати котла визначаються з режимної картки або за періодичними вимірами, але значення має відображати реальну роботу котла. Цей баланс дозволяє дізнатися  $Q_{котла}$ .

Баланси (3) і (4) дозволяють знайти значення  $Q_{утечек}$ , тому що на котельні, якщо  $G_{подживл.}$  вимірюється не завжди, то інформація про  $G_{прямого}$  та  $G_{обратного}$  завжди є.

Баланс (5) дозволяє визначати фактичні втрати у зовнішніх теплових мережах, так як  $Q_{отпуц.}$  та  $Q_{утечек}$  ми вже знаємо, а  $Q_{пол.}$  ми можемо знайти з балансу (7)

Наведений аналіз дозволяє не тільки зробити аудит (тобто стан на сьогоднішній день, «фотографію») системи теплопостачання, а й організувати систему енергоменеджменту (зокрема систему контролю та планування) на теплопостачальних організаціях, яка дасть можливість не тільки виявляти збільшення втрат, що з'являється, але й бачити результати всіх енергозберігаючих заходів Функціонування такої системи та вигоди від її використання будуть показані нижче.

Аналіз системи зручно проводити на основі регресійного аналізу, суть якого полягає в наступному:

Регресійний аналіз досліджує наступні моменти:

1. Базові та змінні навантаження
2. Графіки регресійного аналізу
3. Аналіз регресійної інформації

Базові навантаження та змінні коефіцієнти

Прийом регресійного аналізу дозволить нам отримувати змінною величиною, від якої ця витрата залежить (напр. виробництвом), і визначати

передісторію споживання енергії в термінах «основних» та «змінних» навантажень.

Базове навантаження - це кількість споживаної енергії, коли змінна величина дорівнює нулю. Звичайно, при нульовій продуктивності заводу ми б припинили постачати енергію. Але, за дуже короткий термін, ми розуміємо, що певна кількість енергії потрібна для того, щоб завод продовжував працювати. Підрахувавши це, ми визначаємо «поточні втрати», що характеризують наше використання енергії та можуть вказувати на потенційну економію.

Змінне навантаження - це кількість енергії, необхідне для кожної додаткової одиниці змінної величини. Це покаже нам, скільки ще енергії потрібно для виробництва, наприклад, додаткової тони продукції. Вони допомагають у визначенні «середніх витрат виробництва», а також утворюють базу для обчислення заощаджень користувачів енергії зі змінними навантаженнями.

Регресійний аналіз. Насправді фактичне споживання енергії ніколи не буде таким же, як і теоретичне. Тому ми повинні використовувати систему КіП. Першою стадією у системі КіП є аналіз передісторії (зібраних за попередні періоди часу даних) для визначення стандартних (або середніх) рівнів споживання енергії.

Це допомагає застосувати математичний прийом лінійного регресійного аналізу.

Регресійний аналіз (графік до аналізу)

Нижче наведено графік (рис. 4.2), на якому вісь  $Y$ , – це виробництво теплоти і вісь  $X$  – градусо-дні. Якщо ми нанесемо всі дані, то отримаємо так званий розсіяний графік, тобто такий, в якому точки не утворюють одну безперервну лінію, а зображують розміщення наближених даних біля прямої.

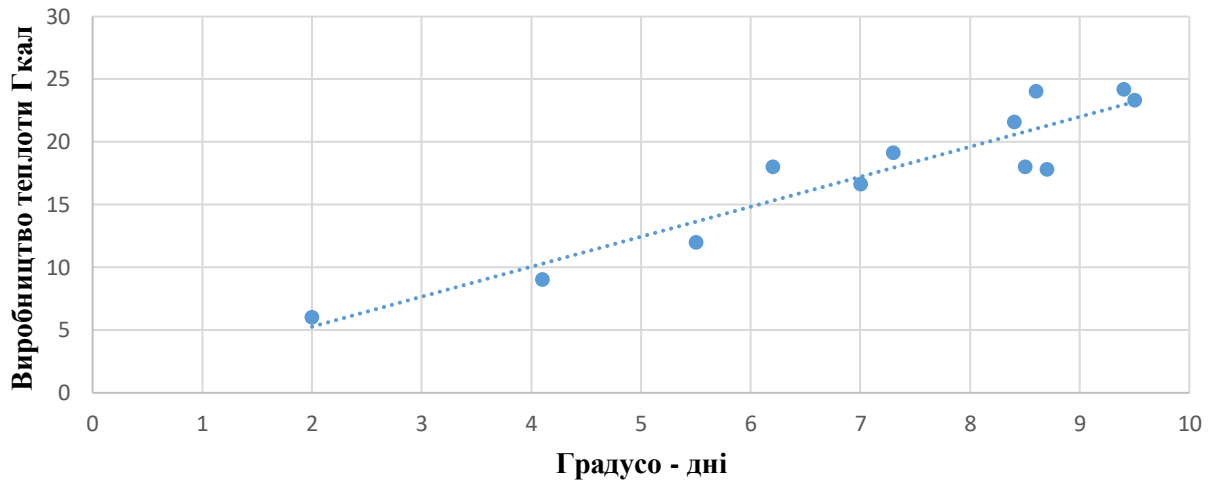


Рисунок 4.2 – Фактичні дані та стандартна пряма.

Даний малюнок показує, як ми можемо розташовувати ряд базових даних розсіяному графіку, з якого ми отримуємо саму на відповідну пряму. Важливо відзначити, що, як прийнято в системі КіП, контрольована енергія виражена на графіку компонентом осі У, тоді як змінна величина виражена компонентом осі Х. З метою аналізу технологія регресії використовує також фактор "n", який характеризує кількість наборів даних. В даному випадку,  $n=12$ , оскільки ми маємо 12 наборів даних.

Аналіз точок на осях Х і У. Математичний прийом, використаний для відповідної лінії вищезгаданих даних, відомий як «метод найменших квадратів». Це дає інформацію про:

1. Базове навантаження  $c$ ;
2. Змінному коефіцієнті (градієнті)  $m$ ;
3. Коефіцієнт кореляції  $R$ .

Зображуючи саму лінію, ми можемо застосувати вищезгадану інформацію для отримання лінії з рівнянням

$$Y = mX + c$$

У деяких системах співвідношення визначається показником  $R^2$ . У такому разі  $R^2 = 1.0$  вказує на відмінний зв'язок між  $Y$  і  $X$ , тоді як  $R^2 = 0,0$  вказує на її відсутність.

Інформація, що визначається під час регресійного аналізу. Застосувавши прийом регресійного аналізу на ряді даних, ми визначаємо таку інформацію:

- 1) форму самої «відповідної» прямої;
- 2) базове навантаження (напр. споживання без виробництва);
- 3) змінне навантаження (наприклад, яка кількість додаткової енергії необхідна на кожну одиницю додаткового споживання);
- 4) якість даних;
- 5) коефіцієнт кореляції (наприклад, наскільки близько до «відповідної» прямої знаходяться дані);
- 6) аналіз даних (наприклад, якість даних краще або гірше середнього для кожного тижня, місяця тощо).

Для аналізу ми можемо записати наступні залежності:

- 1) Залежність кількості використаного газу від кількості градусо- днів (у цій залежності коефіцієнт кореляції (розкид точок) характеризує якість регулювання котлом, тобто, наскільки кількість використаного газу відповідає необхідному споживанню за даних погодних умов; коефіцієнт  $m$  повинен відповідати приєднаному навантаженню котельної віднесення до однієї градусо-добі).
- 2) Залежність виробленої теплової енергії використаного газу (змінний коефіцієнт  $m$  повинен відповідати ККД котла).
- 3) Залежність виробленої теплової енергії від числа градусо-днів (аналогічно першій залежності, але враховує ККД котла).
- 4) Залежність відпустки з котельні від виробленої теплової енергії (характеризує втрати на власні потреби).
- 5) Залежність відпустки з котельної градусо-доба числа (характеризує якість регулювання та суму втрат котла та в котельні).

б) Залежність корисної відпустки теплової енергії від відпуску з котельні (характеризує теплові втрати у зовнішніх теплових мережах).

7) Залежність корисної відпустки теплової енергії від числа градусодоби (характеризує ефективність системи в цілому). Аналіз роботи котельної та системи теплопостачання зробимо за даними за січень місяць 2022 р. Дані для аналізу представлені в Табл. 4.2 та 4.3.

Таблиця 4.2 - Подобові фактичні значення температур у прямому та зворотному трубопроводах та розрахункові (за температурним графіком 105/70° С) для січня, котельні мікрорайону м. Авдіївка.

Дата	Зовнішня температура, С	градусо – дні	Температура подачі факт., С	Температура Обратки факт.,С	Коефіцієнт опалення	Температура подачі норм., С	Температура обратки норм.,С	Кількість роб. Котлів
01.01.2022	-1,2	19,2	68	48	0,48	64,7	47,9	1
02.01.2022	0,7	17,3	63	49	0,4325	60,7	45,6	1
03.01.2022	0,3	17,7	58	45	0,4425	61,6	46,1	1
04.01.2022	-0,6	18,6	62	48	0,465	63,4	47,1	1
05.01.2022	-0,4	18,4	63	49	0,46	63,0	46,9	1
06.01.2022	-1	19	63	49	0,475	64,2	47,6	1
07.01.2022	-1,4	19,4	63	49	0,48,5	65,1	48,1	1
08.01.2022	-5,2	23,2	72	53	0,58	72,8	52,5	1
09.01.2022	-5,5	23,5	71	54	0,5875	73,4	52,8	1
10.01.2022	-7,4	25,4	69	52	0,635	77,1	54,9	1
11.01.2022	-2,2	20,2	62	46	0,505	66,7	49,0	1
12.01.2022	0	18	59	46	0,45	62,2	46,4	1
13.01.2022	-4,4	22,4	70	53	0,56	71,2	51,6	1
14.01.2022	-8,2	26,2	75	55	0,655	78,7	55,8	1
15.01.2022	-7,2	25,2	74	56	0,63	76,7	54,7	1
16.01.2022	-3	21	67	49	0,525	68,3	50,0	1
17.01.2022	-1,1	19,1	62	48	0,4775	64,4	47,7	1
18.01.2022	2	16	56	44	0,4	58,0	44,0	1
19.01.2022	3,1	14,9	52	42	0,3725	55,7	42,6	1
20.01.2022	1,5	16,5	56	44	0,4125	59,0	44,6	1
21.01.2022	2,8	15,2	56	44	0,38	56,3	43,0	1
22.01.2022	6,4	11,6	48	38	0,29	48,5	38,3	1
23.01.2022	3,4	14,6	48	37	0,365	55,0	42,2	1
24.01.2022	-4,1	22,1	68	50	0,5515	70,6	51,2	1
25.01.2022	-6,8	24,8	73	54	0,62	76,0	54,3	1
26.01.2022	-8,5	26,5	78	57	0,6625	79,3	56,1	1
27.01.2022	-6,2	24,2	71	52	0,605	74,8	53,6	1
28.01.2022	-3,80	21,8	66	50	0,545	70,0	50,9	1
29.01.2022	-2,5	20,5	64	49	0,5125	67,3	49,4	1
30.01.2022	-3,1	21,1	65	48	0,5275	68,5	50,1	1
31.01.2022	-2,6	20,6	64	47	0,515	67,5	49,5	1
Середнє	- 2,13548	20,1355	64,066 6	48,6	0,50338 71	66,47057	48,8520	

Таблиця 4.3 – Значення відпущеної теплоти по тепловому лічильнику, розрахункової відпустки теплоти та розрахункового ККД котельні

Дата	Факт. відпуск, Гкал/доб	Факт. витрати газу м <sup>3</sup> /д	Розрах. витрат газу м <sup>3</sup> /д	Різниця, м <sup>3</sup> /доб.	ККД котельні за прилад. обліку	Розрах. відпуску теплоти Гкал/доб	Віднош. факт. Відпуск у до розр.	Розрах. відпуск по газу, Гкал/д
01.01.2022	70,4	8 853	10 500	-1 647	0,986	72,0	0,978	59,9
02.01.2022	70,5	8 191	9 461	-1 270	1,067	65,0	1,084	55,4
03.01.2022	64,4	8 757	9 680	-923	0,912	66,5	0,969	59,3
04.01.2022	59,3	9 571	10 172	-601	0,768	69,8	0,850	64,8
05.01.2022	63,8	8 632	10 063	-1 431	0,916	71,2	0,924	58,4
06.01.2022	69,9	9 027	10 391	-1 364	0,960	72,7	0,981	61,1
07.01.2022	61,6	10 948	10 609	339	0,697	86,7	0,847	74,1
08.01.2022	65,6	11 589	12 688	-1 099	0,702	87,8	0,757	78,4
09.01.2022	77,9	11 463	12 852	-1 389	0,842	94,7	0,888	77,6
10.01.2022	83,5	11 017	13 891	-2 873	0,939	75,7	0,881	74,6
11.01.2022	81	8 415	11 047	-2 632	1,193	67,6	1,071	57,0
12.01.2022	70,5	10 811	9 844	967	0,808	83,7	1,043	73,2
13.01.2022	59,9	12 407	12 250	157	0,598	97,7	0,715	84,0
14.01.2022	77,5	11 953	14 328	-2 375	0,804	94,0	0,793	80,9
15.01.2022	88,3	10 699	13 781	-3 082	1,023	78,6	0,939	72,4
16.01.2022	87,1	9 370	11 485	-2 115	1,152	71,6	1,108	63,4
17.01.2022	73,2	7 339	10 445	-3 106	1,236	60,2	1,022	49,7
18.01.2022	68,6	6 785	8 750	-1 965	1,253	56,2	1,139	45,9
19.01.2022	52,8	7 331	8 149	-818	0,893	62,1	0,940	49,6
20.01.2022	48,9	7 415	9 024	-1 609	0,817	57,3	0,788	50,2
21.01.2022	53	5 801	8 313	-2 512	1,132	44,1	0,925	39,3
22.01.2022	52,9	6 088	6 344	-256	1,077	55,1	1,200	41,2
23.01.2022	39,5	9 609	7 984	1 625	0,510	82,6	0,717	65,0
24.01.2022	42,5	11 921	12 086	-165	0,442	92,5	0,514	80,7
25.01.2022	68,7	12 769	13 563	-794	0,667	98,8	0,742	86,4
26.01.2022	85,7	11 460	14 492	-3 032	0,927	79,3	0,869	77,6
27.01.2022	91,5	10 608	13 235	-2 627	1,069	90,3	1,013	71,8
28.01.2022	81,2	10 472	11 922	-1 450	0,961	81,5	0,996	70,9
29.01.2022	73,3	10 231	11 211	-980	0,888	76,8	0,955	69,3
30.01.2022	70,2	10 153	11 539	-1 386	0,857	79,0	0,889	68,7
31.01.2022	70	9 487	11 266	-1 779	0,915	77,1	0,908	64,2
Середнє	68,4903	9 651	11 012	-1 361	0,9035745	75,4	0,918	65,3
Сума	2123,2	299 172	341 363	-42 191		2 337,9		2 025,1

Представимо залежність відпустки теплоти (за тепловим лічильником на котельні) від числа градусо-доба (рисунок. 4.3)



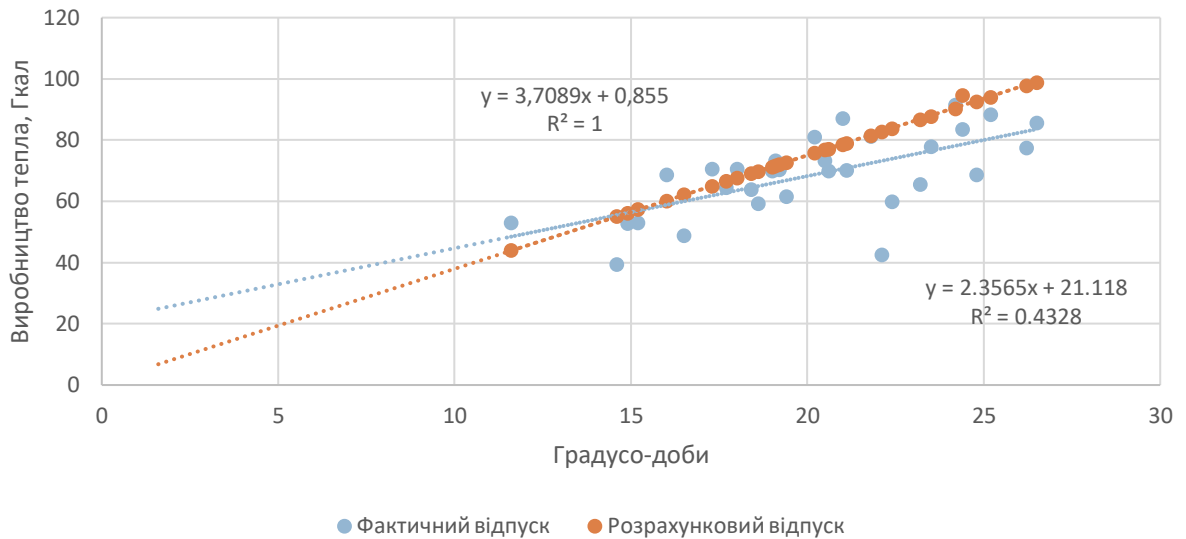


Рис. 4.3 Залежність відпуску теплоти від градусо-доби

Залежність фактичної витрати газу від числа градусо-доби представлена на рис.4.4

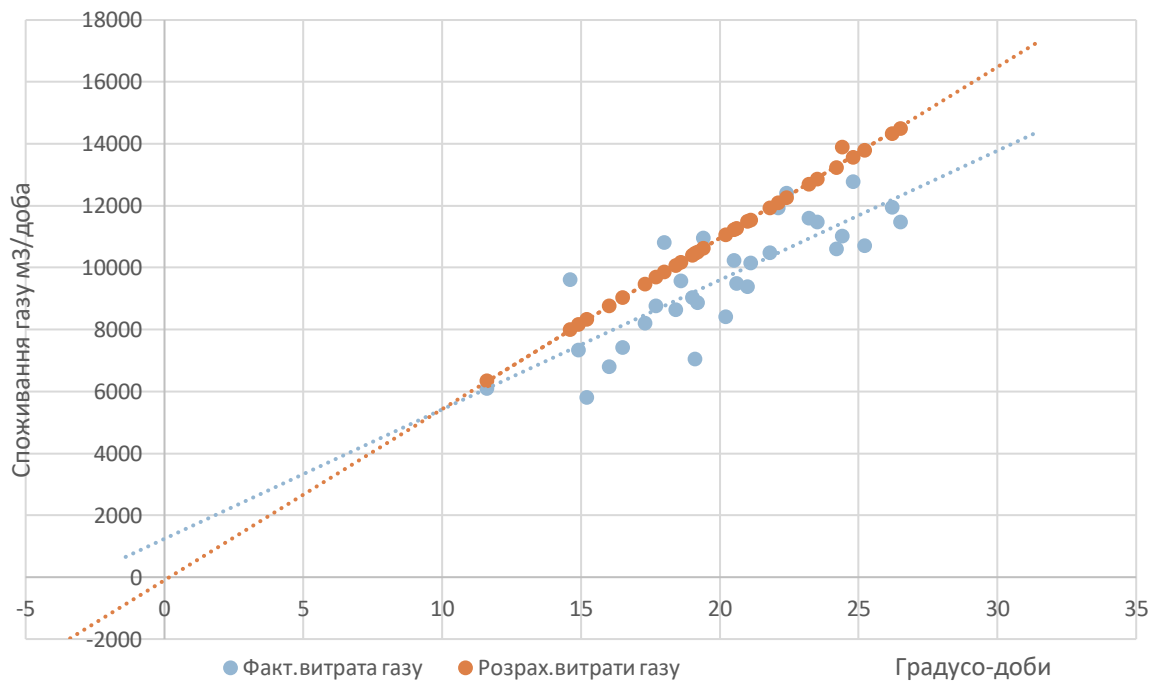


Рисунок 4.4 – Залежність витраченого газу від числа градусо-доби

Порівнюючи рисунок 4.3 та рисунок 4.4, можемо побачити, що обидва вони вказують на те, що фактично теплоти було відпущено менше, ніж повинно бути за температурним графіком. Коефіцієнт кореляції має досить високе значення для обох випадків, що вказує на наявність безпосереднього

зв'язку між кількістю спожитого газу та зовнішньою температурою, хоча необхідно відзначити, що відхилення від «найкращої прямої» іноді значні. Хоча залежність між витратою газу та відпущеною теплотою має бути прямою, у регресійній залежності для витрати газу коефіцієнт кореляції вищий, ніж для відпуску теплоти (0,674 та 0,436 відповідно), що можна пояснити як похибкою теплотічильника, так і більш уважним ставленням до даних з обліку газу на котельні.

Поруч із фактичними даними побудовано розрахункові залежності відпуску теплоти та витрати газу від числа градусо-доб. Звісно ж, що на цій прямій точці лежать точно на самій лінії. Ці лінії були отримані виходячи з розрахункового навантаження району в січні 5,29 Гкал/год (тобто 3.175 Гкал на одну градусодобу), розрахункових втрат у зовнішніх теплових мережах (13,5%), втрат з витоками за нормами. При побудові нормативної лінії для витрати газу також враховано теплотворну здатність газу 8068 ккал/м<sup>3</sup>, коефіцієнт корисної дії котлів 0,8579 та нормативні втрати на власні потреби (2,2%).

На підставі даних, наведених у таблиці 4.2, також можна проаналізувати зв'язок показань теплового лічильника і фактичної витрати газу. Як видно розрахунковий коефіцієнт корисної дії котельні, що визначається як відношення показань теплового лічильника до витрати газу на теплотворну здатність, становить в середньому за місяць величину 0,904, тобто більше, ніж коефіцієнт корисної дії котла, чого реально не може бути. З урахуванням втрат на власні потреби похибка показань становить близько 6,5%.

Оскільки дані з витрат газу базуються на комерційному обліку і є більш достовірнішими, подальший аналіз ґрунтується саме на цих даних. Дані в таблиці 4.6 також підтверджують цей висновок.

Для звірення отриманих даних у таблиці 4.4 наведено чотири значення кількості відпущеної теплоти:

1. Фактична відпустка теплоти (покази теплового лічильника на котельні).
2. Розрахункова відпустка за нормою.

3. Відпустк теплоти, розрахований за показаннями витратоміра газу з урахуванням коефіцієнту корисної дії котла та власних потреб.

4. Корисний відпустк теплоти (сума показань теплових лічильників у споживачів та споживання будівель, що не мають теплових лічильників та розраховується за нормами).

5. Розрахунок кількості відпущеної теплоти за витратою та різницею температур у зворотному трубопроводі, що подає.

Таблиця 4.4 – Фактична та розрахункова відпустка тепла котельні за січень

Факт.відпуск, Гкал	Відпуск за нормою, Гкал	Розрахунк.відпуск споживачам, Гкал	Корисний відпуск споживачам, Гкал
2123,2	2337,891	2025,0785	1901,2

Аналізуючи дві лінії на рис. 4.4. бачимо, що фактичне споживання відхиляється як у більшу сторону, так і меншу в різні дні. Причому в теплу погоду фактична витрата іноді перевищувала розрахункову, а в холодну завжди була меншою. У табл. 4,2 в колонці «різниця» позитивні значення свідчать про те, що фактична витрата була більшою за розрахункову, негативні про те, що фактична витрата менша. Перетоп мав місце протягом чотирьох днів. Всього за місяць у дні, коли фактична витрата газу була вищою за розрахункову, перевитрата склала 3087 м<sup>3</sup> (0,3% місячної витрати). За 17 днів жовтня аналогічна цифра становила 23773 м<sup>3</sup>, що становить 29,7% всього споживання за жовтень місяць (80020 м<sup>3</sup>). Це підтверджує, що поліпшення регулювання запровадження енергоменеджменту (системи КВП), дасть не менше 1% економії по газу.

Загалом, порівнюючи фактичні та розрахункові витрати за січень місяць. можна відзначити, що фактична витрата на 12,36% менша за розрахунковий рахунок непотопу при низьких зовнішніх температурах. Хоча відзначимо, що термін «недотоп» відноситься до розрахункового навантаження і зовсім не позначає, що в будинках не забезпечувався необхідний температурний режим,

так як розрахункове навантаження базується на високих значеннях кратності повітрообміну, який споживачі не застосовують в холодний час, і висока частка склопакетів в будівлях перешкоджає великим втратам з інфільтрацією.

Загалом кількість витраченого газу за місяць на 42 тис. М<sup>3</sup> (12,36) менша, ніж розрахункова кількість.

Цей факт «недотор» підтверджується порівнянням фактичних та розрахункових температур прямого та зворотного трубопроводів (Рис. 4.4 - 4.6). Середня фактична температура у прямому трубопроводі за січень місяць (64,1°C) на 2,4 градуса (3,75%) менша за розрахункову (66,47°C). Загалом різниця температур теплоносія у прямому та зворотному трубопроводах за фактом на 9,8% менша за розрахункову різницю температур.

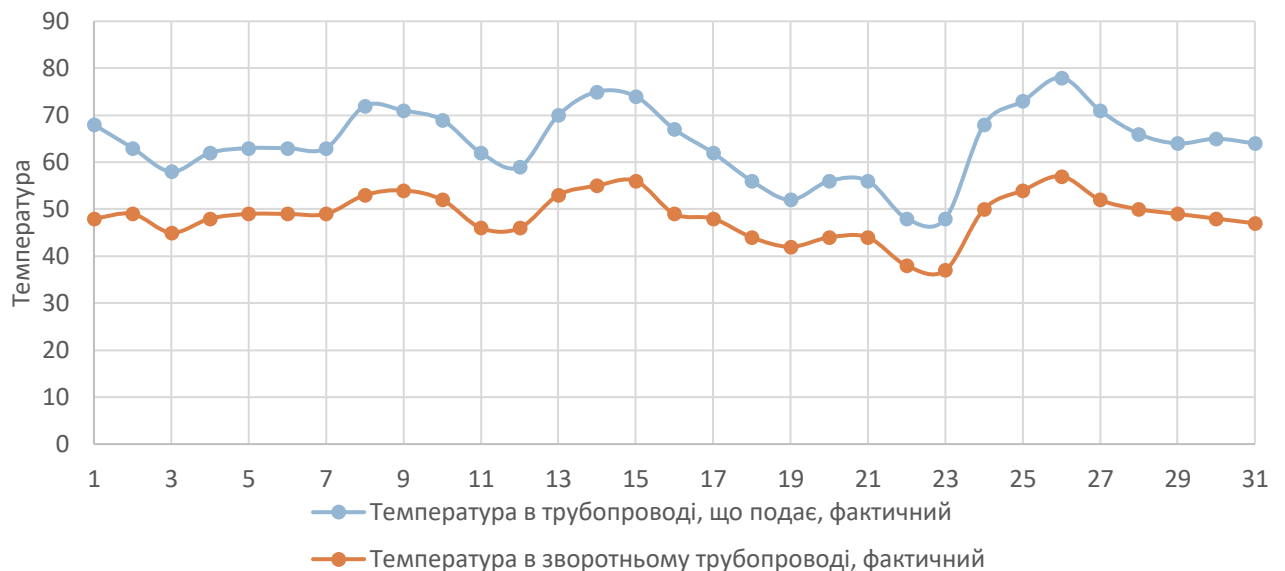


Рисунок 4.4 – Зміна фактичної температури подачі та обратки за днями місяця

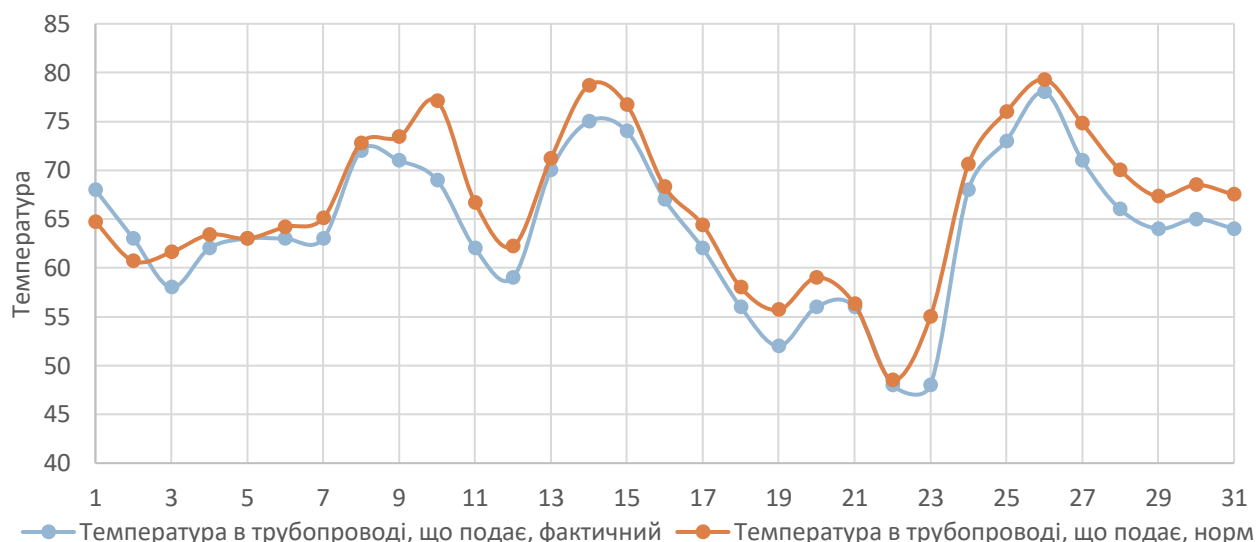


Рисунок 4.5 – Зміни температури за днями місяця в трубопроводі, що подається (фактичний та розрахунковий)

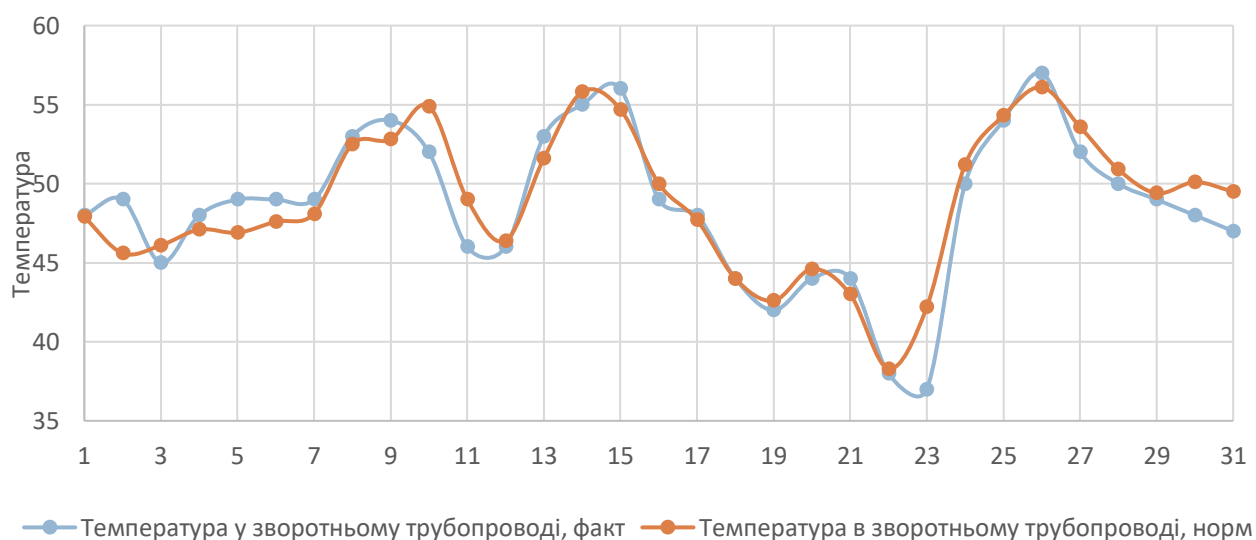


Рисунок 4.6 – Зміни температури за днями місяця у зворотньому трубопроводі (фактичний та розрахунковий)

Для проведення аналізу необхідно з достатньою точністю знати величину втрат. Ці втрати складаються з трьох складових:

- втрати в котлі;
- втрати на власні потреби;
- витрати на підігрів підживлювальної води (так як тепловий лічильник

вимірює тільки витрату води у прямому трубопроводі та не робить правки на ті, що вернулась не вся вода).

Розглянемо ці три складові:

1. Коефіцієнт корисної дії котла. У розрахунках використан коефіцієнт корисної дії, отриманий на основі проведених мною вимірів у листопаді 2021 року на котлі №2 (який на 3% менший, ніж в режимній карті). В січні 2022 року в роботі був котел №1, коефіцієнт корисної дії який міг вірізнятись. Для великої точності проведення аналізу необхідно мати дані про реальний коефіцієнт корисної дії котла, працюючого в аналізований час.

2. Втрати із підживленням. Ось тільки, данні про споживання підживлювальної води не фіксується. У розрахунках, наведені нижче у таблиці 4.6 використані дані опитування операторів котельні (1,5 м<sup>3</sup>/год.). Ця цифра значно перевищує втрати по нормам (0,44 м<sup>3</sup>/год.). Слід виміряти та фіксувати дані витрат підживлювальної води. Це є важливим не тільки для проведення даного аналізу, але також ждя оцінки якості роботи системи - перевищення нормативних значень вказує на наявні пошкодження в трубопроводах, що приводить до затоплення трубопроводів та порушенню теплової ізоляції.

Отже, приймаючи середню температуру води у зворотньому трубопроводі 48,6 °С, а середню температуру сирі води 3°С, можемо знайти витрати теплоти на підживлення, який складе, Гкал/доба:

$$Q_{\text{піджив.}} = G * C * (t_{\text{прям.}} - t_{\text{сирі води}}) = 24 * 1,5 * (48,6 - 3) / 1000 = 1,6 \text{ Гкал/доба}$$

що складає 2,3% від загальної кількості відпущеної теплоти.

3. Втрати на власні потреби котельної. Ось тільки, для визначення цих втрат по вимірам приладів, як було описано вище, необхідно, щоб показники як газового лічильника, так і теплового лічильника не викликали сумнівів - щоб ці прилади були повірені. В даному випадку ми бачимо, що тепловий

лічильник має похибку, тому надалі в аналізі приймаємо розрахункове значення 2,2%.

Таким чином, у подальшому аналізі, я буду ґрунтуватися з отриманого значення коефіцієнту корисної дії котла, розрахованого значення  $Q_{\text{підживл.}}$  (з урахуванням виміру  $(t_{\text{прям.}} - t_{\text{сира вода}})$  за місяцями), з показань витратоміру газу, приймаючи втрати на власні потреби котельні рівними 2,2%.

#### 4.3 Експлікація теплових втрат у зовнішніх теплових мережах

Для аналізу роботи котельні та для розрахунку реальної економії від зміни теплової ізоляції зовнішніх теплових мережах необхідно визначити фактичні втрати в теплових мережах. Ці втрати я буду шукати з балансу (5), який я перепису наступним чином:

$$Q_{\text{мережі теплових втрат}} = Q_{\text{відпуск}} - Q_{\text{витік}} - Q_{\text{пол}}$$

Розрахунок  $Q_{\text{витік}}$ , я описала вище.

$Q_{\text{відпуск}}$  знайдемо з показань витратоміра за відрахуванням втрат котлів та на власні потреби котельні:

$$Q_{\text{відпуск}} = G_r \cdot Q_{\text{н.р}} \cdot 0,858 \cdot 0,978.$$

$Q_{\text{пол}}$  знайдемо з балансу (7),

Для визначення загальної кількості теплоти, отриманої споживачами, знайдена частка розрахункового навантаження споживачів з теплотічильниками від загального навантаження району для кожного місяця.

Сумарне значення розрахункового навантаження споживачів вагалось від місяця до місяця через те, що деякі об'єкти неопалювались, на деяких не працював тепловий лічильник. Тому частка розрахункового навантаження споживачів з теплотічильниками змінювалась від 0,8 до 0,306. При визначені

$Q_{\text{пол}}$  має складність, та полягає в тому, що дані з лічильників у споживачів знімають лише 1-го числа кожного місяця. Для населення цей збір проводиться протягом двох днів в кінці місяця, для організацій цей час дещо зміщено. Для приведення у відповідності даних з витратоміру газу на котельні та лічильників у споживачів для кожного місяця обраний період, який прийнятий за розрахунковий (він відповідає даті збору даних у населення), а інші показання наведені до цього періоду (див. Таблицю 4.5).

Для показань витратоміру газу на котельні це не становить труднощів, так як є подобові показання.

Отже , було отримано витрати газу за періодами зняття показань теплолічильників в опалювальному періоді які наведені в таблиці 4.5, а також були отримані сумарні значення споживання теплоти усіма споживачами, які мають теплолічильники, за кожний розрахунковий період, які наведені в таблиці 4.6.



Таблиця 4.5. – Витрати газу за періодами зняття показань теплотічильників в опалювальному періоді 2021-2022рр.

День місяця	Жовтень	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Всього
27				8128				
28				8553		7689		
29			6047	9466			8974	
30		3523	5044	10101	10231		7641	
31		5246		9770	10153		6024	
1		5508	4923	9411	9487	6707	4753	
2		5383	5006	8853	9278	7681	4675	
3		4977	5635	8191	8879	7904	3678	
4		4847	7158	8757	7010	8352	2627	
5		4961	8612	9571	7585	9512	2405	
6		4868	8242	9571	9391	8839	4836	
7		5261	8626	8632	7942	6585	5631	
8		5534	9155	9027	7332	6882	7429	
9		5358	8911	10948	7945	8219	7410	
10		5833	9176	11589	7359	7339	6558	
11		7480	10589	11463	7719	5617	6721	
12		7998	11554	11017	7845	7846	5262	
13		6651	11516	8415	7755	7535	5575	
14		7722	12668	10811	8591	5665	5694	
15	4445	8760	14132	12407	8470	5200	1560	
16	4495	9036	15064	11953	9342	6478		
17	3820	9467	15630	10699	10710	8366		
18	4506	8733	15997	9370	11725	9377		
19	4226	7801	16020	7339	11381	7201		
20	4692	7315	15343	6785	10122	6270		
21	4669	6554	14517	7331	9855	6190		
22	4843	8707	14898	7415	8925	6215		
23	4889	9734	14750	5801	10232	6261		
24	4644	8908	15274	6088	11503	11287		
25	5433	7962	14359	9609	10122	11337		
26	5140	8113	8656	11921	9308	10339		
27	6434	8428		12769	8193	10192		
28	5109	6551		11460		8840		
29	3906			10608				
30				10472				
31								
Сума за газ розрах. період	71251	207219	307502	334301	264390	225925	97453	1508041
Обраний період	15.10 - 29.10	30.10 - 28.11	29.11 - 26.11	27.12 - 30.01	30.01 - 27.02	28.02 - 28.03	29.03 - 15.04	

Таблиця 4.6 – Розрахунок теплових втрат у зовнішніх теплових мереж

Назва показника	Жовтень	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Сума
Сума газу за розрах.період, м <sup>3</sup>	71251	207219	307502	334301	264390	225925	97453	1508041
Теплолічильник Котельні, Гкал	Не працює.	1445	2410	1983	1821	1396	532	9587
Населення по теплолічильнику, Гкал	46,2	297,1	424,7	463,9	362,9	324,4	145,1	2064,3
Організації по теплолічильнику, Гкал	14,1	38,6	61,2	60,3	48,4	44,1	21,8	288,5
Споживачі по розрахунку, Гкал	290	996	1589	1377	1187,0	1177	291	6907
<b>Всього</b>	<b>350,3</b>	<b>1331,7</b>	<b>2074,9</b>	<b>1901,2</b>	<b>1598,3</b>	<b>1545,5</b>	<b>457,9</b>	<b>9259,8</b>
Обраний період	15-29	30-28	29-26	27-30	30-27	28-28	29-15	
Днів а періоді	15	30	28	34	29	29	18	
Частка з доходом при розр.за нормою	0,17	0,25	0,23	0,28	0,26	0,24	0,36	0,25
Частка з доходом при розрах.	0,18	0,27	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,28
Розрах.корисне тепло, Гкал	335	1244,15	1588,00	1713,18	1344,20	1204,32	545,46	7974,31
Розрах.відпуску по газу з урахув. ККД, Гкал	482,29	1403,33	2081,46	2198,08	1789,64	1529,27	659,65	10143,2
Втрати всього, Гкал	147,29	159,18	493,46	484,90	445,44	324,95	114,20	2168,98
Втрати з підживленням, гГкал	16,2	32,4	40,32	48,96	41,76	31,32	19,44	230,4
Втрати з пов-ти, Гкал	131,09	126,78	453,13	435,94	403,68	293,63	94,76	1939,01
Відсоток втрат з пов-ти	27,18	9,03	21,77	19,83	22,56	19,20	14,36	19,13
Середня температура, °С	11,2	3,9	-4,9	-2,1	-1,2	0,8	1,2	
Градусо-доби	102	423	641,2	683,4	556,8	498,8	158,4	

Для визначення загальної кількості теплоти, отриманого споживачами, знайдена частка розрахованого навантаження споживачів з теплотічильниками від загального навантаження району. Таким чином, так як споживання об'єктів з теплотічильниками за період з жовтня 2021 року до квітня 2022 року склало 2352,8 Гкал, то загальне споживання району за цей період з урахуванням частки об'єктів з теплотічильниками дорівнює 7974,3 Гкал. При цьому теплопостачальною організацією нараховано за цей період 9259,8. За цей період котельнею було відпущено 10143,7 Гкал теплоти (розрахованої на основі сумарних показників виміру газу на котельні за цей період з урахуванням коефіцієнту корисної дії котла та витрат на власні потреби котельні). Таким чином, втрати складають 2169,4 Гкал. З цих втрат я можу виділити втрати на витік, з розрахунку  $1,5 \text{ м}^3/\text{год}$ . Тоді, приймаючи, що різниця температури у зворотньому трубопроводі та температури сирої води весною та восени складає  $30^\circ\text{C}$ , а зимою  $40^\circ\text{C}$ , визначимо теплові втрати на витік в період 15.10.2021 - 15.04.2022 роки, які складають 230,4 Гкал (2,3%).

Віднімаючи це значення від загальної суми втрат, визначимо втрати зовнішніх теплових мереж, які становитимуть 1939 Гкал (19,1%). Так як теплові втрати з трубопроводів пропорційні різниці температур у прямому трубопроводі та зовнішнього повітря, то для підтвердження адекватності такого розрахунку і для аналізу зміни втрат зовнішніх теплових мереж, побудуємо залежність відсоткової частки втрат зовнішніх теплових мереж від різниці температури в прямому трубопроводі і середньомісячної температури зовнішнього повітря з листопада до квітня, рис. 4.7.

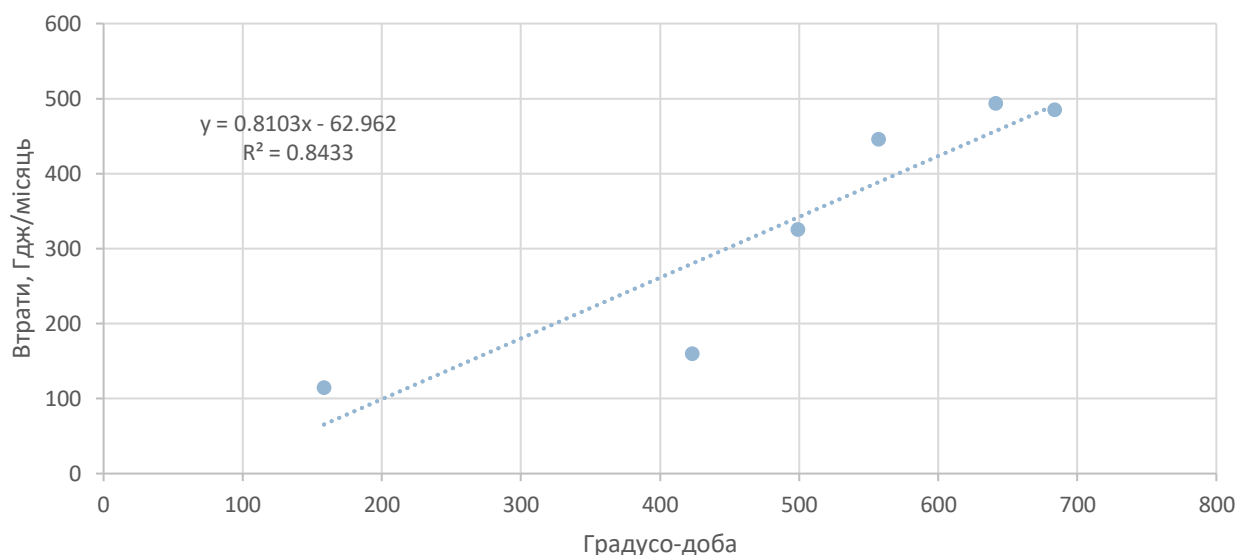


Рисунок 4.7 – Залежність втрат у зовнішніх теплових мережах від градусо-добы

Отже, аналізуючи отримане рівняння регресії, бачимо, що коефіцієнт кореляції має достатньо високе значення (0,84), що підтверджує адекватність розрахунку й прийнятих допущень, а також достатньо тісний зв'язок між величинами.

Досить чітко помітні відхилення в цифрах у жовтні місяці (розрахункові втрати у теплових мережах 27,2%). У 2021 році опалювальний сезон розпочався 15 жовтня. В цей день зовнішня температура була 13,8 °С. Потім вона була ще вища та протягом 6 днів середньодобова температура перевищувала 10 °С. Більшість організацій в ці дні не підключали опалювання, при цьому теплота не поверталася в котельню, а перерозподілялася між підключеними будинками, яким доводилося позбавлятися надмірної теплоти, відкриваючи квартирки та вікна. Така ситуація неминуче призводить до перевитрати газу котельні. Тому при побудові графіка на рис. 4.7 дані для квітня не були включені. Щодо перевитрати газу в жовтні, то однією з можливостей зменшити втрати на котельні є зниження витрати теплоносія, спостерігаючи при цьому за температурою води у зворотному трубопроводі (її підвищення свідчить про перетоп). Звичайно, оцінювати ситуацію після року

можна з деяким ступенем імовірності, а зараз не можна вже з'ясувати температури у зворотному трубопроводі і пізно змінити щось. Це ще не вказує на необхідність впровадження системи енергоменеджменту, коли такі втрати будуть виявлятися своєчасно, коли є можливість їх усунути.

Отримане значення частки теплових втрат достатньо високе, але візуальний огляд теплових мереж і той факт, що заміна ізоляції не проводилась все багато років ( в основному з моменту введення цих мереж), тоді це значення цілком відповідає реальній ситуації та вказує на необхідність повної заміни теплової ізоляції, а по можливості установки предізольованих труб.

Таблиця 4.7 – Можлива економія палива у жовтні 2021 році

Дата	Витрата газу факт, м <sup>3</sup> /доб.	Температура °С	Градусо-доба	Витрата газу розрах.м <sup>3</sup> /доб.	Перетоп м <sup>3</sup> /доб.
15.10.2021	4445	13,8	4,2	2175	2270
16.10.2021	4495	17,4	0,6	311	4184
17.10.2021	3820	17,2	0,8	414	3406
18.10.2021	4506	13,7	4,3	2226	2280
19.10.2021	4226	13,3	4,7	2433	1793
20.10.2021	4692	10,1	7,9	4090	602
21.10.2021	4669	7,9	10,1	5229	-560
22.10.2021	4843	6,7	11,3	5851	-1008
23.10.2021	4889	8,2	9,8	5074	-185
24.10.2021	4644	8	10	5178	-534
25.10.2021	5433	4,9	13,1	6783	-1350
26.10.2021	5140	7,9	10,1	5229	-89
27.10.2021	6434	5,7	12,3	6368	66
28.10.2021	5109	15,8	2,2	1139	3970
29.10.2021	3906	16,5	1,5	777	3129
30.10.2021	3523	15,2	2,8	1450	2073
31.10.2021	5246	2,2	15,8	8180	-2934
Сумма	80020		Потенціальна економія		17113
					29,71%

1. Показники роботи у звітах котельні ґрунтуються на нормативних даних за виключенням кількості спожитого газу, значення чого визначається за витратоміром, вхідного і систему комерційного обліку витрати енергоносіїв.

2. Вимірники які є на котельні, а також 30 % оснащеність приладами обліку споживачів, які дозволяють визначати всі необхідні величини на основі показників приладів обліку та розрахунків (при проведенні перевірки лічильників теплоти).

3. Довіреність одержуваних таким чином показників підтверджується високим значенням коефіцієнтом регресії.

4. Проведений аналіз показує, що фактичний відпуск теплоти котельні відхиляється від розрахункового, в основному в меншу сторону. У цілому нині, порівнюючи фактичний і розрахунковий витрата за січень місяць, можна назвати, що фактичний витрата на 12,36% менше розрахункового з допомогою недотопу при низьких зовнішніх температурах. Аналогічна ситуація в інших холодних місяцях.

5. Таким чином, на котельні є місця періодичних відхилень від температурного графіку. У жовтні в теплі дні перетоп склав 29,7% від місячної витрати газу. Більш точне регулювання дозволить уникнути перевитрат енергії. В цілому за рік економія по газу при здійсненні функцій енергоменеджмента склав не менше 1%.

6. На початку опалювального сезону, коли не всі будівлі підключають опалення, виникають втрати через перетоп підключених будівель. Ці втрати, своєчасно виявлені та можуть бути знижені зменшенням витрати мережевої води.

7. Визначені втрати теплоти на витік в теплові мережі, які складають 2,2% від відпущеної котельнею теплоти.

8. Визначені втрати теплоти у теплових мережах, які складали у середньому за опалювальний сезон близько 19% від відпущеної котельнею теплоти.

9. У цілому на підприємстві є система обліку задовільна, але

використовується не в повній мірі. Теплолічильник котельні має похибку, необхідно перевірити відповідність його установки вимогам, а також перевірити його. Деякі показники, для яких існує можливість отримувати дані з приладів обліку (комерційного або технологічного, визначаються нормами.

10. Кількість приладів обліку дозволяє впровадити систему енергоменеджмента (систему контролю та планування) для безперебійного аналізу потоків теплоти по всьому ланцюжку від виробництва теплоти до її кінцевого споживання, та для оперативного виявлення та усунення всіх виникаючих втрат та відхилень від оптимальних режимів.

11. Приведені залежності, які можуть бути використані при впровадженні системи контрольно-вимірювальних приладів для всеосяжного аналізу показників роботи котелні.

## ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕКОНОМІЇ ПАЛИВНО – ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

### 5.1 Захід з впровадження енергетичного менеджменту

Енергетичний менеджмент - це постійно діюча на котельні система, з метою функціонування якою є послідовність зниження рівня енергоспоживання до мінімального значення, яке необхідно для виробництва (надання послуг).

Метою функціонування енергоменеджменту - послідує зниження споживання енергоресурсів до мінімального рівня, який необхідний для здійснення виробничої діяльності котельні з дотриманням усіх необхідних умов ведення даної діяльності.

Результат дії енергетичного менеджменту - зменшення енерговитрат котельні за рік (або будь-який інший період).

Одним із найбільш ефективних способів функціонування системи енергоменеджменту є впровадження системи контролю та планування.

Отже, які системи контролю існує, буде вказано в таблиці 5.1

Таблиця 5.1– Системи контролю

Рівень	Опис
1	Тільки оплата щомісячних рахунків
2	Щомісячні показання лічильників звіряються з рахунками на оплату
3	Щомісячні показання зіставляються з об'ємом виробленої продукції та визначається питоме енергоспоживання.
4	Система щотижневого контролю, заснована на встановленні додаткових рахунків
5	Система щотижневого контролю, заснована на використанні додаткових лічильників та цільових планових показників, що залежать від обсягу виробленої продукції



Тому я можу оцінити приблизно, наскільки котельня дбає про економію енергії, якщо подивимося, як здійснюється контроль використання енергії. Можна виділити 5 рівнів контролів у порядку зростання турботи про економію.

А першому рівні місячні рахунки за енергоспоживання просто оплачуються. На другому рівні ці рахунки звіряються з дійсними показаннями основних лічильників для перевірки їх правильності. На третьому рівні робиться спроба зіставляти місячні показання лічильників з об'ємом виробництва. На четвертому рівні котельня усвідомлює переваги більш регулярного зняття показань лічильників та встановлює додаткові лічильники для вироблення норм спживання енергії в кожному відділені або на кожній ділянці на основі об'єму виробництва в даному відділені або на даній ділянці. На п'ятому рівні котельня переходить до системи контрольно-вимірювальних приладів.

Система контролю та планування (КвП) містить п'ять основних пунктів. Вони включають наступне:

1. Контроль споживання енергії та води за допомогою системи додаткових лічильників для зон, які виділяються або окремих одиниць обладнання. Подібний контроль здійснюється так званими «центрами обліку енергії» (ЦОЕ).

2. Визначення рівнів ефективності кожного ЦОЕ шляхом ув'язування споживання енергії з мірою виробництва у певній зоні або на певному обладнанні, що й представляє собою «планування» (досягнення планових показників).

3. Встановлення регулярної системи звітності (в більшості випадків щонеділі), яка дозволяє визначити ефективність кожного ЦОЕ й виявити коливання у термінах фінансового доходу чи збитку.

4. Створення груп у відділеннях, які проводять регулярні збори для обговорення шляхів покращення ефективності та виконання намічених заходів.

5. Створення регулярно діючих механізмів зворотнього зв'язку у відношенні ефективності на всіх рівнях котельні, що створює велику інформованість працівників та їх мотивацію для майбутнього вдосконалення ефективності енергоспоживання.

Аналізуючи те, як здійснюється контроль за споживанням енергоресурсів на котельні мікрорайону міста Авдіївки, можна дійти невтішного висновку, що у цій котельні здійснюється другий рівень з вище перерахованих. В такій ситуації досягнення добрих результатів щодо енергозбереження важко.

Пропоную перейти до п'ятого рівня контролю - система контролю та планування. Для цього можна використовувати тільки наявні вимірювачі, яких спочатку буде достатньо:

1. Вимірювання споживання газу(є два вимірювачі, в роботі зазвичай два котли);
2. Вимірювання споживання електроенергії (є два введення, на кожному є лічильник споживання електроенергії);
3. Вимірювання теплоти, що відпускається (існуючий вимірювач теплової енергії обов'язково повинен бути повірений);
4. Вимірювання витрати підживлювальної води;
5. Близько половини споживачів району, що обслуговуються, оснащені приладами обліку.

Для того, щоб аналізувати зібрану інформацію необхідно виділити одну або двох людей у вільний від інших обов'язків час. Виділити їм комп'ютери, навчити їх основ регресійного аналізу. Придбати програмне забезпечення для аналізу виробництва, відпустки та споживання теплової енергії на основі регресійного аналізу (вартістю близько 50 000 грн.). На початковому етапі можна обійтися без придбання програмного забезпечення, а використовувати можливості Microsoft Office Excel.

Як приклад роботи системи енергоменеджменту та аналізу, які можна отримати при використанні методики контролю та планування, можна розглядати пункт 4.2 та 4.3 цієї кваліфікаційної роботи.

За даними котельні за опалювальний період 2021-2022 років витрати енергоресурсів по котельні мкр. м. Авдіївка склали:

- природного газу-1500,827 тис. м
- електричної енергії 441,052 тис.кВт-год.

Впровадження енергетичного менеджменту на котельні з використанням системи контролю та планування дозволить досягти економії витрат на природний газ 0,5%. Економія електричної енергії, що досягається під час використання енергетичного менеджменту 1%.

Економія за опалювальний період природного газу становитиме:

$$1500,827 \cdot 0,005 = 7,5 \text{ тис.м}^3;$$

Електрична енергія:

$$441,052 \cdot 0,01 = 4,41 \text{ тис.кВт-год.}$$

Орієнтуючись на вартість природного газу для категорії населення за опалювальний період 2021-2022 роках 1309,2 грн. за 1000 м<sup>3</sup>.

Економія коштів на природний газ складе:

$$7,5 \cdot 1309,2 = 9824 \text{ грн.}$$

За вартості електроенергії 1,2389 грн./кВт-год економія коштів на електроенергію становитиме:

$$4,41 \cdot 1000 \times 1,2389 \approx 5\,464 \text{ грн.}$$

Сумарна економія:  $9824+5464 = 15288$  грн/о.п.

Термін окупності заходу:  $50000/15288=3,27$  року.

На початковому етапі можна розпочати використання заходу без витрат. Система енергетичного менеджменту має будуватися не на одній окремій котельні, а на базі всього підприємства. У такому разі набагато менше витрат необхідно для її створення та функціонування.

Для більш детального визначення економічних показників заходу скористаємося методом чистої приведеної вартості (ЧПВ) та методом внутрішньої норми прибутку (ВНП).

Як відомо, термін окупності – це ставлення капітальних витрат до економії за опалювальний період. Метод, у якому враховується тимчасова вартість грошей, є розрахунком чистої вартості (ЧПВ). У такому методі оцінювання враховуються вигоди від проекту протягом його дії. Він дозволяє наводити майбутні вигоди до поточної вартості грошей (тобто перераховувати їх на даний момент).

$$\text{ЧПВ} = \text{ПВВ} - \text{ПВКВ},$$

де, ПВВ – приведена вартість вигод:

ПВК – приведена величина капітальних вкладень. (Зазначимо, що коли потрібно вибрати між впровадженням енергозберігаючого проекту та традиційного, як капітальні вкладення при розрахунку ЧНВ беруть різницю між витратами на енергозберігаючий проект і традиційний, тобто додаткові вкладення на енергозбереження).

$$\text{ПВВ} = \sum_{j=1}^n \text{ПВ}_j = \sum_{j=1}^n E * K_j$$

де,  $\text{ПВ}_j$  – приведені вигоди у  $j$ -му році.

$E$  – економія енергії за опалювальний період;

$K_j$  – коефіцієнт дисконтування.

$$K_j = \frac{1}{(1 + i)^j}$$

де,  $i$  – рівень дисконту у формі десяткового числа (дисконтна ставка);

$j$  – номер року.

Метод розрахунку ЧПВ показує, чи інвестиція заробляє більше (позитивна ЧПВ) або менше (негативна ЧПВ), ніж відповідно до наміченого темпу повернення. Іншими словами, енергозберігаючий проект вважається вигідним, якщо ПКС більше за нуль.

Значення дисконтної ставки, коли він ЧПВ дорівнює нулю називається внутрішньої нормою прибутку (ВНП).

Для розрахунків набуваємо значення дисконтної ставки 20%.

Розрахунок ЧНВ представлений у таблиці 5.1. Розрахунок ВНП представлений у таблиці 5.2.

Таблиця 5.1 – Розрахунок ЧПВ впровадження системи енергоменеджменту

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн
0	-50 000	0	- 50 000	0,2	1	-50 000
1	0	15288	15288		0,83333	12740
2	0	15288	15288		0,69444	10616,67
3	0	15288	15288		0,57870	8847,222
4	0	15288	15288		0,48225	7372,685
5	0	15288	15288		0,40187	6143,904
6	0	15288	15288		0,33489	5119,92
7	0	15288	15288		0,27908	4266,6
8	0	15288	15288		0,23256	3555,5
9	0	15288	15288		0,19380	2962,917
10	0	15288	15288		0,16150	2469,097
					<b>ЧПВ =</b>	<b>14094,51</b>

Таблиця 5.2 – Розрахунок ВВП впровадження системи енергоменеджмента

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн	ВВП, %
0	-50000	0	-50000	1	-50000	<b>27,98%</b>
1	0	15288	15288	0,781372089	11945,38	
2	0	15288	15288	0,610542342	9333,594	
3	0	15288	15288	0,477060745	7292,863	
4	0	15288	15288	0,372761951	5698,324	
5	0	15288	15288	0,291265785	4452,421	
6	0	15288	15288	0,227586955	3478,928	
7	0	15288	15288	0,177830094	2718,282	
8	0	15288	15288	0,138951472	2123,947	
9	0	15288	15288	0,108572802	1659,559	
10	0	15288	15288	0,084835757	1296,707	
				<b>ЧПВ=</b>	<b>2,33E-07</b>	

Зменшення споживання електричної енергії, внаслідок впровадження енергозберігаючого заходу, буде причиною зменшення виробництва електричної енергії, зменшення використання палива та як наслідок зменшення викидів CO<sub>2</sub> на джерелі генерації електричної енергії.

Отже, на джерелі генерації використовується природний газ із нижчою теплотворною здатністю 8085ккал/м<sup>3</sup>, ефективність перетворення енергії палива на електричну становитиме 35%. Отже, на джерелі генерації електричної енергії у Донецькій області використовується кам'яне вугілля. Зменшення викидів CO<sub>2</sub> при зменшенні споживання природного газу становить : 56,1·10<sup>-3</sup>т.CO<sub>2</sub>/ГД

Вугілля: 98,3·10<sup>-3</sup> CO<sub>2</sub>/ГДж

Тоді зменшення викидів CO<sub>2</sub> на один зекономлений кВт·год:

$$1/0,35 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} \cdot 98,3 \cdot 10^{-3} = 10,11 \cdot 10^{-4} \text{ т.CO}_2/1 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

При зменшенні використання природного газу, зменшення викидів CO<sub>2</sub> на один зекономлений м<sup>3</sup> газу:

$$8085 \cdot 4,19 \cdot 10^{-6} \cdot 56,1 \cdot 10^{-3} = 19,004 \cdot 10^{-4} \text{т. CO}_2 / 1 \text{м}^3$$

Зменшення викидів CO<sub>2</sub> при реалізації заходу:

$$4410 \cdot 10,11 \cdot 10^{-4} + 7500 \cdot 19,004 \cdot 10^{-4} = 18,72 \text{т. CO}_2.$$

## 5.2 Захід з обрізки робочого колеса мережевого насоса Д200-90

Підключена потужність споживачів до котельні за укрупненими показниками становить 5,292 Гкал/годину.

Зараз котельня працює за температурним графіком 105-70. Розрахункова витрата мережної води становить 151,2 т/год. Витрата мережної води в мережа по теплолічильнику становить 179,4 т/год.

На котельні постійно працює мережевий насос: Д200-90, насос затиснутий засувкою.

Фактичні гідравлічні втрати напору в мережі 20м., втрати напору в котельні 26 м., втрати напору в котельні 8м., т.ч. розвивається напір мережевим насосом повинен становити 54м.

За характеристикою насоса Д200-90 при продуктивності 153т/годин має продуктивність 98м.

Фактичне споживання мережевим насосом становить №1-67,05 кВт. Насос працює постійно протягом опалювального періоду.

Пропонується провести обрізання робочого колеса насоса Д200-90.

Так насос Д200-90 з обрізом - при витраті води 151т/год. створює напір 62м, споживана потужність 33/0,92-35,87 кВт. Чого достатньо для нормальної роботи котельні та мережі.

Зменшення споживання електричної енергії при перекачуванні мережевої води протягом опалювального періоду складе:

$$(67,05-35,87) \cdot 176 \cdot 24 = 13\,1704,3 \text{ кВтч/о}$$

При вартості електричної енергії 1,2389 грн. з ПДВ, економія грошових коштів складе:

$$13\,1704,3 \cdot 1,2389 = 163\,168,4 \text{ грн. / о.п.}$$

Витрати на впровадження заходу 5000 грн.

Термін окупності заходу  $5000/163\,168,4 = 0,030$ .

Розрахунок ЧПВ представлений у таблиці 5.3. Розрахунок ВНП представлений у таблиці 5.4.

Таблиця 5.3 – Розрахунок ЧПВ застосування заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн
0	-50 000	0	- 50 000	0,2	1	-50 000
1	0	163168,4	163168,4		0,83333	135973,667
2	0	163168,4	163168,4		0,69444	113311,389
3	0	163168,4	163168,4		0,57870	94426,1574
4	0	163168,4	163168,4		0,48225	78688,4645
5	0	163168,4	163168,4		0,40187	65573,7204
6	0	163168,4	163168,4		0,33489	54644,767
7	0	163168,4	163168,4		0,27908	45537,3058
8	0	163168,4	163168,4		0,23256	37947,7549
9	0	163168,4	163168,4		0,19380	31623,1291
10	0	163168,4	163168,4		0,16150	26352,6076
					<b>ЧПВ =</b>	<b>679078,962</b>

Таблиця 5.4 – Розрахунок ВНП впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн	ВНП, %
-----	-------------------------	---------------	-----------------------	---	---------------------	-----------------------------	--------



			коштів, грн				
0	-50000	0	-50000	32,633	1	-50000	<b>3263,3</b>
1	0	163168,4	163168,4		0,029732	4851,33	
2	0	163168,4	163168,4		0,000884	144,24	
3	0	163168,4	163168,4		2,63E-05	4,288	
4	0	163168,4	163168,4		7,81E-07	0,127	
5	0	163168,4	163168,4		2,32E-08	0,0037	
6	0	163168,4	163168,4		6,91E-10	0,000112	
7	0	163168,4	163168,4		2,05E-11	3,3513	
8	0	163168,4	163168,4		6,11E-13	9,9642	
9	0	163168,4	163168,4		1,82E-14	2,9626	
10	0	163168,4	163168,4		5,4E-16	8,8083	
					<b>ЧПВ=</b>	<b>3,9869E-07</b>	

Зменшення викидів CO<sub>2</sub> при реалізації заходу:

$$131704,3 \cdot 10,11 \cdot 10^{-4} = 133,15 \text{ т. CO}_2.$$

### 5.3. Захід з заміною рециркуляційного насоса

На котельні існуючий насос рециркуляційний експлуатується вже протягом тривалого періоду. Рециркуляційний насос виконують функцію повернення частини гарячої води після котла на вхід у котел для підтримки температури води на вході в котел не нижче 60°C (для котла ТВГ-8). Залежно від температури зовнішнього повітря змінюється температура у зворотному трубопроводі теплової мережі як наслідок рециркуляційного насоса. повинна змінюватися продуктивність

Пропонується замінити існуючий рециркуляційний насос ПКУ 90 на новий насос Dab НКР-G 40-160/172/A/BAQE/7,5/2.

У таблиці 5.5 подано технічний та економічний розрахунок ефективності заміни рециркуляційного насоса

За технічною частиною розрахунку значень у таблиці: на підставі розрахункового теплового навантаження та температурного графіка знаходиться розрахункова витрата мережевої води. Для розрахунку використовувалися дані щодо температур та тривалості їх стояння протягом

опалювального періоду (для м. Донецьк). З температури повітря вираховувався коефіцієнт опалення і вентиляції. Через цей коефіцієнт проводиться перерахунок розрахункового навантаження на фактичну та розраховується температура у зворотному трубопроводі. З фактичного навантаження та теплопродуктивності котлів визначається кількість працюючих одночасно котлів. Далі визначається температура води після котлів і після цього розраховується витрата води на рециркуляцію.

Насос DAB NKР-G 40-160/172/A/BAQE/7,5/2 має робочу продуктивність 55м<sup>3</sup>/год, при натиску 33м.

По економічній частині розрахунку значень у таблиці: за характеристиками старого і пропонованого насоса визначається споживана потужність на привід насосів. Через ККД електродвигуна 0,92 ці потужності перераховуються споживану потужність. Різниця споживаних потужностей старим і новим насосом є економією. Економія потужності переводиться у грошове значення за період з урахуванням його тривалості та вартості електроенергії (1,2389 кВт-год з ПДВ).

Для розрахунків використовувалися дані стояння температур для м. Донецьк, що вносить певну похибку до розрахунків. Кількість води, що рециркулюється сильно залежить від кількості працюючих котлів. За інформацією отриманої на котельні відомо, що при -10С, -5С, 0С, +5С, +10С вода, що рециркулюється, пропускається тільки через один працюючий котел ТВГ 8. Рециркуляційний насос повинен задовольняти вимоги роботи котла ТВГ-8. Фактична витрата води через котел 85т/год.

З таблиці 5.5 економія коштів протягом опалювального періоду під час роботи котла ТВГ-8 становить 14 449,67 грн. Вартість нового насоса DAB NKР-G 40-160/172/A/BAQE/7,5/2 з урахуванням доставки становитиме 20 000 грн.

Термін окупності заміни рециркуляційного насоса  $20000/14449,67 = 1,4$

Таблиця 5.5 – Розрахунок ефективності заміни рециркуляційного насоса на котельній

м.Авдіївка		Котельня														
ТВГ-8		Колти														
	105	5,29	151	8	670	0,25	1,32	36,2	1	85	60	75,6	51,4	51,4	66,2	Розрахункова температурна подача
	105	5,29	151	5	1216	0,33	1,72	40,2	1	85	60	80,2	42,1		66,2	Розрахункове теплове навантаження з урахуванням теплових втрат, Гкал/година
	105	5,29	151	0	1141	0,45	2,38	46,4	1	85	60	88	27,7		66,2	Розрахункова витрата мережевої води, т/год.
	105	5,29	151	-5	730	0,58	3,04	52,2	1	85	60	95,8	15,1		66,2	Середня температура зовнішнього повітря, С
	105	5,29	151	-10	398	0,7	3,70	57,7	1	85	60	103,6	4,2		66,2	Тривалість стояння температури, год./рік
	105	5,29	151	-15	183	0,83	4,36	63,0	1	85	60	111,4	-5,2		66,2	Коефіцієнт, %
																Теплове навантаження за темп.зовн.повітря,Гк
																Розрахункова температура звороту,С
																Кількість працюючих котлів
																Витрата води через працюючий котел,т/год.
																Температура води на вході
																Температура на виході з котла, С
																Витрата води на рециркуляцію,т/год.
																Максимальна витрата води на рециркуляцію
																Розрахункова витрата води через перепуск,т/год.
																Марка рециркуляційного насоса
																Споживана паспортна потужність рец.насосом за періодами, кВт
																Споживання електроенергії рец.насосом, кВт-год.
																Марка нового рециркуляційного насоса
																Споживана паспортна потужність новим рец.насосом за періодами, кВт
																Споживання електроенергії новим рец.насосом, кВт/год.
																Година економії електроенергії, кВт*-
																Економія грошових коштів, грн
																Сумарна економія, грн

14449,67

Розрахунок ЧПВ представлений у таблиці 5.6. Розрахунок ВВП представлений у таблиці 5.7

Таблиця 5.6 – Розрахунок ЧПВ впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн
0	-20 000	0	- 20 000	0,2	1	-20 000
1	0	14449,67	14449,67		0,83333	12041,39
2	0	14449,67	14449,67		0,69444	10034,49
3	0	14449,67	14449,67		0,57870	8362,078
4	0	14449,67	14449,67		0,48225	6968,398
5	0	14449,67	14449,67		0,40187	5806,998
6	0	14449,67	14449,67		0,33489	4839,165
7	0	14449,67	14449,67		0,27908	4032,638
8	0	14449,67	14449,67		0,23256	3360,531
9	0	14449,67	14449,67		0,19380	2800,443
10	0	14449,67	14449,67		0,16150	2333,702
					<b>ЧПВ =</b>	<b>40579,84</b>

Таблиця 5.7 – Розрахунок ВВП впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. Дисконтування	Наведений потік коштів, грн	ВВП, %
0	-20000	0	-20000	0,719	1	-20000	<b>71,93</b>
1	0	14449,67	14449,67		0,58163206	8404,479	
2	0	14449,67	14449,67		0,338295853	4888,366	
3	0	14449,67	14449,67		0,196763714	2843,26	
4	0	14449,67	14449,67		0,114444084	1653,749	
5	0	14449,67	14449,67		0,066564348	961,8833	
6	0	14449,67	14449,67		0,038715959	559,468	
7	0	14449,67	14449,67		0,022518443	325,4079	
8	0	14449,67	14449,67		0,013097448	189,2697	
9	0	14449,67	14449,67		0,007617896	110,0865	
10	0	14449,67	14449,67		0,004430812	64,03049	
					<b>ЧПВ=</b>	<b>-0,00011</b>	

Зменшення викідів CO<sub>2</sub>, при реалізації заходу:

$$11663,31 \cdot 10,11 \cdot 10^{-4} = 11,79 \text{ т. CO}_2$$

#### 5.4 Зміна технологічної схеми Котельні мкр. м.Авдіївка

Під час інструментального обстеження котельні було встановлено, що важлива технологічна схема котельні має вигляд, наведений на рис.5.1. Наведена схема характерна для більшості котелень у населених пунктах України. Головною особливістю такої схеми є вибір номінальних характеристик насосів, виходячи з «максимальних потреб» одного з елементів схеми.

Тобто номінальний натиск, який повинен розвивати мережевий насос, визначається як сума втрат тиску в магістралях теплової мережі, трубопроводах та арматурі котельні та в трубному контурі котла. А тобто безпосередньо проходить через котел, а інша частина витрати теплоносія надходить в обвідної лінії і з'єднується з котловим теплоносієм на виході з котла.

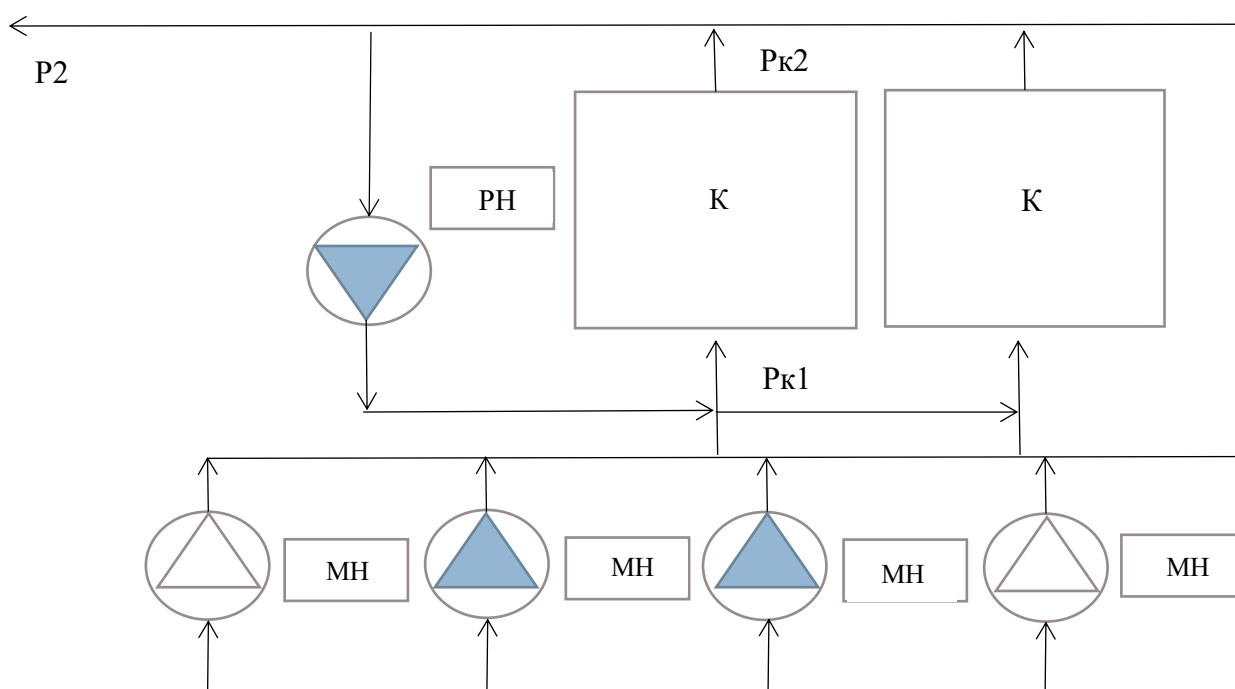


Рисунок 5.1 – Існуюча схема котельні

МН - мережеві насоси

РН - рециркуляційні насоси

К - котли

$P_1$  - тиск мережевої води у зворотньому трубопроводі теплової мережі

$P_{к1}$  - тиск мережевої води перед котлом

$P_{к2}$  - тиск мережевої води після котла

$P_2$  - тиск мережевої води у прямому трубопроводі теплової мережі

Таким чином, має місце перевитрата електроенергії, споживаної мережевими насосами, на підвищення тиску всього об'єму води в той час, коли підвищувати тиск мережевої води для компенсації втрат тиску у трубному контурі котла потрібно тільки той частини мережевої води, яка безпосередньо проходить через котел. Проаналізувавши роботу котельні, можемо зробити висновок про те що застосування такої схеми доцільно на цій котельні.

У таблиці 5.8 представлено споживання електроенергії мережевими насосами. Для розрахунку використовувались значення споживаної потужності мережевими насосами з мережі за вимірами струмкових навантажень.

Також у подальшому розрахунку розглянуті варіанти використання нової схеми роботи котельні на температурний графік 105-70 (діючий).

Таблиця 5.8 – Споживання електроенергії існуючими мережевими насосами

Котельня	Котли	Мережевий насос	Розрахункова витрата мережевої води т/годину	Фактична потужність споживана	Тривалість опалювального періоду, годину	Споживання електроенергії кВт*г/опал.пері
м.Авдіївка	ТВГ-8	Д200-90	151,2	76,05	4224	283219,2

У розрахунку використовувався час стояння температур зовнішнього повітря. Тривалість опалювального періоду приймалась дорівнюючи 4224 годин (м. Донецьк). Крім мережевих насосів у старій схемі котельні задіяні рециркуляційні насоси перекачують воду з виходу котла на його вхід.

Розрахунок кількості рециркульованої води та споживання електроенергії рециркуляційними насосами представлено в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Споживання електроенергії існуючими рециркуляційними насосами

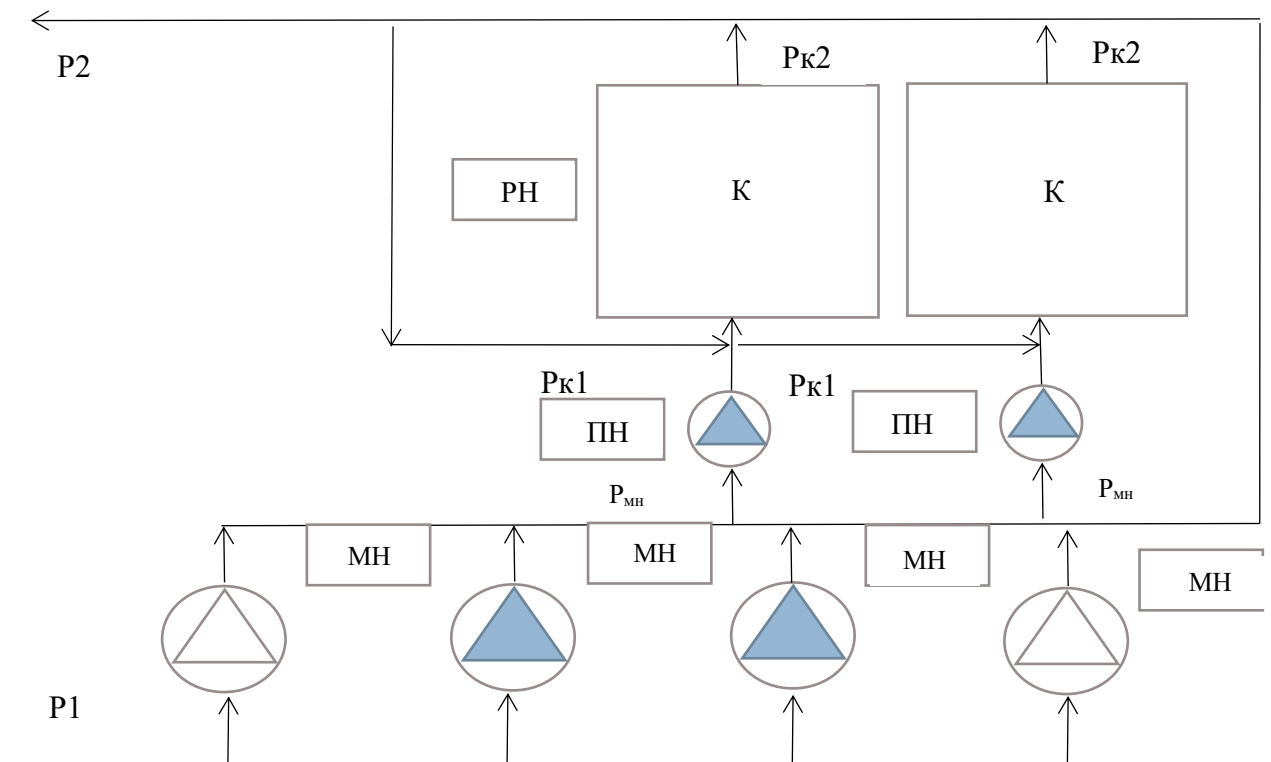
Котельня																
Котли																
Розрахункова температурна подача																
Розрахункове теплове навантаження з урахуванням теплових втрат, Гкал/година																
Температура зовнішнього повітря, С																
Коефіцієнт, %																
Теплове навантаження за темп.зовн.повітря, Гкал																
Розрахункова температура звороту, С																
Кількість працюючих котлів																
Витрата води через працюючий котел, т/год.																
Температура води на вході в котел, С																
Температура на виході з котла, С																
Витрата води на рециркуляцію, т/год.																
Споживана потужність за характеристикою котла, кВт																
Споживана потужність з мережі, кВт																
Тривалість періоду, годину																
Споживання електроенергії, кВт*год/опал.пер.																
м. Авдіївка	ТВГ-8	105	5,292	8	0,25	1,3	36,2	1	85	60	75,6	<b>51,4</b>	10,5	11,4	670	7646,7
		105	5,292	5	0,33	1,7	40,2	1	85	60	80,2	<b>42,1</b>	9	9,8	1216	11895,7
		105	5,292	0	0,45	2,4	46,4	1	85	60	88	<b>27,7</b>	7,5	8,2	1141	9301,6
		105	5,292	-5	0,58	3,04	52,2	1	85	60	95,8	<b>15,1</b>	6	6,5	730	4760,9
		105	5,292	-10	0,7	3,7	57,7	1	85	60	103,6	<b>4,2</b>	4,5	4,9	398	1946,7
		105	5,292	-15	0,83	4,4	63,0	1	85	60	111,4	<b>-5,2</b>		0,0	183	0,0
		105	5,929	-20	0,95	5,0	68,0	1	85	60	119,1	<b>-13,4</b>		0,0	54	0,0
															<b>Сума</b>	<b>35551,6</b>

Загальні витрати на привід мережевих та рециркуляційних насосів зведені в таблицю 5.10

Таблиця 5.10 – Споживання енергії насосами при діючій схемі

Котельня	Котли	Споживання електроенергії, Старим мережевим насосом, кВт*г/опал.пер.	Споживання електроенергії рецикул.насосом, кВт*г/опал.пер.	Загальне споживання електроенергії старими насосами, кВт*г/опал.пер	Вартість електроенергії, грн/кВт*г.	Витрати на період старого мережевого та рециркуляційного насосу, грн/опал.пер.
м.Авдіївка	ТВГ-8	283219,2	35551,63	318770,8	1,2389	394925,18

Для розрахунків використовувались данні стояння температур для м. Донецьк, що вносить деяку похибку в розрахунках. Кількість рециркульована вода сильно залежить від кількості працюючих котлів. Приймалось, що котельня на протязі всього опалювального періоду може працювати на одному котлі ТВГ-8, але при сильних морозах включається другий котел. Втрата води через працюючий котел ТВГ-8 - 85т/годин. Температура води на вході в котел підтримується на рівні 60 С. Тому необхідно замінити технологічну схему котельні на схему з підвищувальними насосами. Схема вказана на рисунок 5.2





### Рисунок 5.2 – Рекомендована схема котельні

МН -мережеві насоси

ПН - підвищувальні насоси

К - котли

$P_1$  - тиск мережевої води у зворотньому трубопроводі теплових мереж

$P_{\text{МН}}$  - тиск мережевої води після мережевих насосів ( на вході підвищувальних насосів)

$P_{\text{к1}}$  - Тиск мережевої води перед котлом ( на виході з підвищувальних насосів)

$P_{\text{к2}}$  - Тиск мережевої води після котла

$P_2$  - Тиск мережевої води у прямому трубопроводі теплових мереж

Отже, у пропонованій схемі, можна зробити такі висновки:

1. Мережевий насос компенсує тільки втрати тиску у магістралях теплових мереж та трубопроводів та арматурі котельні;
2. Втрати тиску у трубних контурах котлів компенсується підвищенням тиску тільки тієї частини теплоносія, безпосередньо проходить через котли. Для цієї мети використовуються підвищувальні насоси.
3. Немає необхідності в рециркуляційному насосі, так як тиск води на виході з котла достатньо для без насосної рециркуляції нагрітої води на вхід в котел.

Пропонована схема доцільна, коли витрата води через котли значно менша витрата води пропускається через перепуск. При цьому напір води проходить через перепуск знижується при дроселюванні. Споживання електроенергії новими мережевими насосами, розвиваючими менший напір, який представлено в табл. 5.11.

Таблиця 5.11 – Споживана потужність мережевими насосами у передбачуваній схемі



Споживана потужність з мережі,(одним чи двома насосами) кВт	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5
Тривалість періоду, годину	670	1216	1141	730	398	183	54
Споживання електроенергії, кВт*год/опал.пер.	1106 9,57	2009 0,43	1885 1,30	1206 0,87	657 5,65	302 3,48	892, 17
<b>Сума</b>							<b>72563,48</b>

Загальна споживана потужність підвищувальними та мережевими насосами у новій схемі у котельні зведена в таблиці 5.1

Таблиця 5.13 – Сумарно споживана потужність підвищувальними та мережевими насосами

Котельня	Котли	Споживання електроенергії новими мережевими насосами, кВт*ч/опал.пер.	Споживання електроенергії підвищуваль.насосами	Загальне споживання електроенергії старими насосами, кВт*год/опал.пер.	Вартість електроенергії, грн/кВт*год.	Витрати на привід нових насосів, грн/опал.пер.
м.Авдіїв ка	ТВГ- 8	76032,0	72563,47	148595,5	1,2389	184094,94

Економічні показники змін технологічних схем котельні представлені в таблиці 5.14

Таблиця 5.14 – Економічні показники змін технологічних схем котельні

Котельня	Котли	Витрати на привід старого мереж. та рецирк.насоса,грн/опал	Витрати на привід нового мережевого та рецирк.насоса,грн/опал.	Економія електроенергії, кВт*год/опал.пер.	Економія грошових коштів,грн/опал.пер.	Витрати на нові мережеві насоси,грн	Витрати на два нові підвищуваль.насоси, грн	Загальні витрати з коеф.збільш.витрат =1,5грн	Строк окупності, о.л
м.Авдіївка	КВГ-6,5	394925,1	184094,9	170175,4	210830,2	150000	80000	345000	1,64

При визначенні витрат на впровадження нової технологічної схеми роботи котельні було прийнято, що необхідно встановити два нових мережевих насосів та два нових підвищувальних насосів.

Окрім витрат на покупку насосів у підприємства будуть витрати на монтажні роботи та додаткові матеріали. Ці витрати враховані збільшенням вартості насосного обладнання у 1,5 рази. Мережеві та підвищувальні насоси рекомендовані у новій технологічній схемі котельні приведені у таблиці 5.15

Таблиця 5.15 – Мережеві та підвищувальні насоси для нової технологічної схеми

Котельня	Нові мережеві насоси	Нові підвищувальні насоси
м.Авдіївки	Д200-366, 1450 об/хв	Насос НКР-G 65- 200/190/А/ВАQE/18,5/2

Розрахунок чистої приведеної вартості (далі, ЧПВ) представлено у таблиці 5.16. Розрахунок внутрішньої норми прибутку (далі, ВНП) представлено у таблиці 5.17

Таблиця 5.16 – Розрахунок ЧПВ впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн
0	-345000	0	- 345000	0,2	1	-345000
1	0	210830,24	210830,24		0,83333	175691,9
2	0	210830,24	210830,24		0,69444	146409,9
3	0	210830,24	210830,24		0,57870	122008,2
4	0	210830,24	210830,24		0,48225	101673,5
5	0	210830,24	210830,24		0,40187	84727,94
6	0	210830,24	210830,24		0,33489	70606,62
7	0	210830,24	210830,24		0,27908	58838,85
8	0	210830,24	210830,24		0,23256	49032,38
9	0	210830,24	210830,24		0,19380	40860,31
10	0	210830,24	210830,24		0,16150	34050,26
					<b>ЧПВ =</b>	<b>538899,86</b>

Таблиця 5.17 – Розрахунок ВНП впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконт.	Наведений потік коштів, грн	ВНП, %
0	-345000	0	-345000	0,605	1	-345000	<b>60,57</b>
1	0	210830,24	210830,24		0,622781341	131297,9	
2	0	210830,24	210830,24		0,387856599	81767,86	
3	0	210830,24	210830,24		0,241549853	50922,24	
4	0	210830,24	210830,24		0,150432742	31712,63	
5	0	210830,24	210830,24		0,093686705	19749,55	
6	0	210830,24	210830,24		0,058346332	12299,35	
7	0	210830,24	210830,24		0,036337007	7659,614	
8	0	210830,24	210830,24		0,02263001	4770,147	
9	0	210830,24	210830,24		0,014093548	2970,685	
10	0	210830,24	210830,24		0,008777199	1850,041	
					<b>ЧПВ=</b>	<b>0,017</b>	

Зменшення викидів CO<sub>2</sub>, при реалізації заходу:

$$170175,4 * 10,11 * 10^{-4} = 172,04 \text{ т. CO}_2.$$

### 5.5 Захід з додаткового встановлення нового підживлювального насосу

На котельні постійно працює підживлювальний насос К-80-50-200(15кВт).

Тиск у зворотньому трубопроводі теплової мережі 3 кгс/см<sup>2</sup>. Тиск після підживлювального насоса КМ-80-50-200 після засувки 3,2кгс/см<sup>2</sup>. Фактичне підживлення теплової мережі при безаварійній роботі до 3т/годину.

Фактичне споживання електричної енергії підживлювальним насосом на момент вимірів складало №1 - 2,79кВт. Насос працює постійно протягом опалювального періоду.

Тому пропонується провести додаткове встановлення нового підживлювального насосу ЛМ 32-6,3/32.

Новий насос повинен мати мінімальну продуктивність для покриття підживлення теплової мережі при звичайних умовах роботи (безаварійна робота). Пропоную, що насосом можливо користуватись 80% за часом тривалості опалювального періоду. Інший час буде працювати старий насос, при підживленні більше 7т/годину. Таким чином можливо здійснити каскадне регулювання роботи підживлювальних насосів та оновити обладнання на котельні.

Насос ЛМ 32-6,3/32 (2,2кВт) - має номінальну продуктивність 6,3т/годину, при витраті води 3т/годину, створює напір 35 м, споживана потужність з мережі буде  $1,4/0,92=1,52$ кВт. Що достатньо для нормальної роботи котельні та мережі. Зменшення споживання електричної енергії при роботі нового підживлювального насоса протягом опалювального періоду складе:

$$(2,79-1,52) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 0,8 = 4291 \text{ кВт*год/опал.пер.}$$

При вартості електричної енергії 1,2389 грн з ПДВ, економія грошових коштів складе:

$$4291,5 \cdot 1,2389 = 5316,7 \text{ грн/опал.пер.}$$

Витрати на впровадження заходу: вартість насоса ЛМ32-6,3/32 та вартість обв'язувальних матеріалів та робіт - 9000 грн.

Строк окупності заходу  $9000/5316,7=1,69$  опал.пер. Розрахунок ЧПВ представлений в таблиці 5.18 Розрахунок ВНП представлений в таблиці 5.19

Таблиця 5.18 – Розрахунок ЧПВ впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн
0	-9000	0	- 9000	0,2	1	-9000
1	0	5316,7	5316,7		0,83333	4430,58333
2	0	5316,7	5316,7		0,69444	3692,15278
3	0	5316,7	5316,7		0,57870	3076,79398
4	0	5316,7	5316,7		0,48225	2563,99498
5	0	5316,7	5316,7		0,40187	2136,66249
6	0	5316,7	5316,7		0,33489	1780,55207
7	0	5316,7	5316,7		0,27908	1483,79339
8	0	5316,7	5316,7		0,23256	1236,49449
9	0	5316,7	5316,7		0,19380	1030,41208
10	0	5316,7	5316,7		0,16150	858,676733
					<b>ЧПВ=</b>	<b>13290,1163</b>

Таблиця 5.19 – Розрахунок ВНП впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн	ВНП, %
0	-9000	0	-9000	0,551	1	-9000	<b>55,13</b>
1	0	5316,7	5316,7		0,644620641	3427,31608	
2	0	5316,7	5316,7		0,41553577	2209,35835	
3	0	5316,7	5316,7		0,267862935	1424,22356	
4	0	5316,7	5316,7		0,172669977	918,10038	
5	0	5316,7	5316,7		0,111306631	591,837	
6	0	5316,7	5316,7		0,071750552	381,5172	
7	0	5316,7	5316,7		0,046251887	245,9383	
8	0	5316,7	5316,7		0,029814921	158,53975	
9	0	5316,7	5316,7		0,019219313	102,19983	
10	0	5316,7	5316,7		0,012389166	65,8813	
					<b>ЧПВ=</b>	<b>524,91191</b>	

Зменшення викидів CO<sub>2</sub>, при реалізації заходу:

$$4291,5 \cdot 10,11 \cdot 10^{-4} = 4,33 \text{ т. CO}_2$$

#### 5.6. Захід щодо проведення налагодження режимів горіння в котлах

Водогрійні котли ТВГ-8 працюють для потреб теплопостачання.

Споживання природного газу котельнею в опалювальний період 2021-2022 рр. склало 1500,8 тис.м<sup>3</sup>.

Котли ТВГ-8, є котлами з високою ефективністю сгорання палива. По режимній карті котла №2 ТВГ-8 мінімальне навантаження на котел 3,4Гкал/годину, при цьому фактичне на момент виміру 2,38 Гкал/годину. Робота котлів на навантаження 2,38Гкал/годину починається при досягненні температури зовнішнього повітря 0°С.

По вимірам фактичного ККД працюючого котла №2 ТВГ-8 отримані наступні результати: 85,79%. Тому пропонується провести налагодження режимів горіння в котлах ТВГ-8.

Значну частину часу роботи котельні 1886 годин котли працюють при температурах зовнішнього повітря, при яких котли працюють нижче мінімального навантаження по режимній карті. Налагодження полягає у розробці режиму роботи котла при мінімальних навантаженнях на котел.

Налагодження дозволить відійти від надмірних надлишків повітря на горіння 2,74 (за режимною картою 1,49) та зменшить теплові втрати з газами які виходять з фактичними 6,79% (по режимній карті 5,87%), таким чином можливо вдасться підвищити ККД котла на 0,92% на протязі розглянутого періоду.

Економія природного газу буде досягнута за рахунок зменшення втрат газу який виходить.



За навантаженням 1,72 Гкал/годин (характерною для роботи котельні за температурою зовнішнього повітря 5°C), орієнтовне зменшення споживання газу за розглянутий період 1886 годин (3243,92Гкал/опал.пер.) складає:

- при вимірній ефективності роботи котла:

$$3243,92 \cdot 1000 / 8100 / 0,8579 = 466,82 \text{ тис.м}^3/\text{о.п}$$

- при збільшенні ефективності роботи котла:

$$3243,92 \cdot 1000 / 8100 / (0,8579 + 0,0092) = 461,86 \text{ тис.м}^3/\text{опал.пер.}$$

Економія природного газу при проведенні налагодження:

$$466,8 - 461,86 = 4,96 \text{ тис.м}^3/\text{опал.пер.}$$

Економія грошових коштів при проведенні налагодження котлів за вартістю газу для категорії населення 1309,2 з ПДВ:

$$4,96 \cdot 1309,2 = 6493,63 \text{ грн.}$$

Витрати на впровадження заходу: проведено налагодження двох котлів силами групи налагодження підприємства - 10 000 грн.

Строк окупності заходів:

$$10000 / 6493,63 = 1,54 \text{ опал.пер.}$$

Розрахунок ЧПВ представлений в таблиці 5.20. Розрахунок ВВП представлений в таблиці 5.21

Таблиця 5.20 – Розрахунок ЧПВ впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн
0	-10000	0	- 10000	0,2	1	-10000
1	0	6493,63	6493,63		0,83333	5411,35833
2	0	6493,63	6493,63		0,69444	4509,46528
3	0	6493,63	6493,63		0,57870	3757,88773
4	0	6493,63	6493,63		0,48225	3131,57311
5	0	6493,63	6493,63		0,40187	2609,64426
6	0	6493,63	6493,63		0,33489	2174,70355
7	0	6493,63	6493,63		0,27908	1812,25296
8	0	6493,63	6493,63		0,23256	1510,2108
9	0	6493,63	6493,63		0,19380	1258,509
10	0	6493,63	6493,63		0,16150	1048,7575
					<b>ЧПВ =</b>	<b>17224,36252</b>

Таблиця 5.21 – Розрахунок ВВП впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн	ВВП, %
0	-10000	0	-10000	0,6449	1	-10000	<b>64,49</b>
1	0	6493,63	6493,63		0,607939692	3947,77264	
2	0	6493,63	6493,63		0,36959067	2400,03031	
3	0	6493,63	6493,63		0,224688838	1459,08745	
4	0	6493,63	6493,63		0,136597263	887,045537	
5	0	6493,63	6493,63		0,083042898	539,275275	
6	0	6493,63	6493,63		0,050485074	327,849936	
7	0	6493,63	6493,63		0,03069188	199,314868	
8	0	6493,63	6493,63		0,018658812	121,172562	
9	0	6493,63	6493,63		0,011343433	73,6663047	
10	0	6493,63	6493,63		0,006896123	44,7850928	
					<b>ЧПВ=</b>	<b>-2,45E-05</b>	

Зменшення викидів CO<sub>2</sub>, при реалізації заходу:

$$4960 \cdot 19,004 \cdot 10^{-4} = 9,42 \text{ т. CO}_2$$

## 5.7 Захід щодо установки частотного регулятора на вентилятор одного котла

Основним заходом для зниження витрат на привод дутьового вентилятора є встановлення систем частотного регулювання електроприводу (ЧРП). Вартість такого обладнання значна, до того ж функціонувати воно буде лише півроку (протягом опалювального періоду), тому необхідно досить точно визначити економію, яка буде отримана в результаті встановлення ЧРП на цьому обладнанні. Ця економія залежить від потужності електродвигуна, витрат повітря (димових газів) при різних зовнішніх температурах і від годин роботи даного обладнання. На казанах ТВГ-8 встановлені вентилятори ВДН-9, 1000 об/хв, потужність двигуна 18 кВт.

В таблиці 5.22 наведено річний розрахунок економії від встановлення ЧРП на вентилятор котла для котельні. Для точності одержуваних цифр розраховувалися витрати повітря кожної температури зовнішнього повітря з інтервалом 5С (-15,-10,-5,0,+5,+10), виходячи з витрат природного газу у відповідності з режимними картами. У зв'язку з фактичним збільшенням середньої температури опалювального періоду і тим, що при дуже низьких температурах зовнішнього повітря котельня не витримує температурний графік, час роботи при температурах -20 С і нижче враховувалося в колонці, що відповідає -15С. Потужності, що споживаються електродвигуном при регулюванні направляючим апаратом та за допомогою частотного регулятора, визначалися за допомогою номограм. Отримана різниця потужностей для кожного варіанта множилася на кількість годин стояння даної температури для м. Донецька, а потім отримані економії підсумовувалися за весь рік. У розрахунках заведено, що вентилятор працює весь опалювальний сезон.

Тому пропонується встановити перетворювач частоти на вентилятор одного котла.

Отже, так як на котельні постійно працює один з двох котлів ТВГ-8, то ця система регулювання потрібна передбачити перемикання з одного котла на інший, що лише трохи збільшить її вартість

Таблиця 5.22 – Розрахунок економії від установки частотного регулятора на вентилятор котла ТВГ-8

t, зовнішнього повітря	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>-5</b>	<b>-10</b>	<b>-15</b>
τ, годин/рік	670	1216	1141	730	398	237
Коефіцієнт опалення	0,200	0,325	0,450	0,575	0,700	0,825
Навантаження котельні, Гкал/год.	1,22	1,98	2,74	3,50	4,26	5,02
τ, годин/рік роботи	670	1216	1141	730	398	237
Навантаження котла, Гкал/год	1,22	1,98	2,74	3,50	4,26	5,02
Витрати газу, м <sup>3</sup>	232,11	316,36	386,59	485,74	569,12	686,9
Коефіцієнт надлишку повітря	2,28	1,78	1,57	1,48	1,32	1,29
Кіл-ть повітря для горіння, м <sup>3</sup>	5059,05	5395,6	5818,0	6874,9	7173,1	8496,4
Процент витрати повітря,%	51	54	59	69	72	86
Потужність прямого апарату,%	58	58	63	70	93	88
Потужність ЧРП,%	15	20	25	36	42	65
Економія ел.енергії, кВт-год.	2192,07	3515,8	3298,9	1888,4	1544,4	414,75

Загальна економія електричної енергії складає 12855 кВт\*год/опал.пер.

Економія грошових коштів при впровадженні частотного регулювання на вентиляторі котла ТВГ-8 складає:

$$16\ 262 \cdot 1,2389 = 15\ 926 \text{ грн}$$

Витрати на систему регулювання на основі регулятора фірми Hitachi потужністю 7,5 кВт складає 20 тис.грн. (з урахуванням установки обладнання).

Таким чином, строк окупності установки ЧРП на вентилятор складає:

$$P=20\ 000/15\ 926 = 1,25 \text{ роки}$$

Розрахунок ЧПВ представлений в таблиці 5.23. Розрахунок ВВП представлений в таблиці 5.24

Таблиця 5.23 – Розрахунок ЧПВ впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн
0	-20000	0	- 20000	0,2	1	-20000
1	0	15926	15926		0,83333	13271,67
2	0	15926	15926		0,69444	11059,72
3	0	15926	15926		0,57870	9216,43
4	0	15926	15926		0,48225	7680,36
5	0	15926	15926		0,40187	6400,30
6	0	15926	15926		0,33489	5333,58
7	0	15926	15926		0,27908	4444,65
8	0	15926	15926		0,23256	3703,87
9	0	15926	15926		0,19380	3086,56
10	0	15926	15926		0,16150	2572,13
					<b>ЧПВ =</b>	<b>46769,27</b>

Таблиця 5.25 – Розрахунок ВВП впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн	ВВП, %
0	-20000	0	-20000	0,7940	1	-20000	<b>79,40</b>
1	0	15926	15926		0,557413601	8877,39	
2	0	15926	15926		0,310709922	4948,4	
3	0	15926	15926		0,173193937	2758,31	
4	0	15926	15926		0,096540656	1537,527	
5	0	15926	15926		0,053813075	857,041	
6	0	15926	15926		0,02999614	477,728	
7	0	15926	15926		0,016720256	266,293	
8	0	15926	15926		0,009320098	148,435	
9	0	15926	15926		0,00519515	82,7406	
10	0	15926	15926		0,002895847	46,1208	
					<b>ЧПВ=</b>	<b>-0,0146</b>	

Зменшення викидів CO<sub>2</sub> , при реалізації заходу:

$$12855 \cdot 10,11 \cdot 10^{-4} = 12,99 \text{ т. CO}_2$$

## 5.8 Захід щодо заміни лампи розжарювання на люмінесцентні лампи

В даний час в системах внутрішнього та зовнішнього освітлення котельні (як і на інших котельнях міста Авдіївка використовуються виключно лампи розжарювання потужністю 100 Вт).

Тому пропонується провести заміну ламп розжарювання на енергозберігаючі лампи.

Лампи розжарювання є енерговитратними і їх рекомендується виключити з роботи, замінивши їх енергоефективними лампами.

Розглядаючи два можливі варіанти заміни ламп: світлодіодні (LED та люмінесцентні лампи ЛЛ), слід взяти до уваги такі фактори. Хоча світлодіодні лампи мають світловіддачу приблизно в 1,5 рази більше (80-100 лм/Вт при 60лм/Вт у люмінесцентних), але ціна їх приблизно в 4 рази вище і, таким чином, термін окупності світлодіодних ламп 2,5-3 рази більше, ніж у люмінесцентних. Враховуючи той факт, що котельня працює півроку (близько 12 годин на добу протягом 180 днів на рік для кожної лампи), вважаємо за доцільніше встановити люмінесцентні лампи, що вимагає набагато менше витрачених коштів і призводить до дуже короткого терміну окупності.

Світлодіодні лампи відносяться до енергоефективних джерел світла: вони мають вищу світловіддачу (лампи MAXUS -6 лм/Вт) у порівнянні з лампами розжарювання (10-12 лм/Вт). В даний час промисловістю випускаються люмінесцентні лампи з цоколями E17, E27 потужністю 20 або 21 Вт, що еквівалентно світловіддачі ламп розжарювання потужністю 100Вт.

Таблиця 5.25 – Розрахунок споживання електричної енергії на потреби освітлення лампами розжарювання та люмінесцентними.

Тип ламп	Розжарювання	Люмінесцентними
Кіл-ть ламп, шт	30	30
Коефіц. попиту	0,7	0,7
Загальна потужність системи, кВт	3,00	0,63
Продуктивність роботи системи, год/рік	2160	2160
Споживання ел.енергії, тис.кВт-год/рік	4,435	0,931
Тариф, грн/кВт-год	1,239	1,239
Витрати на ел.енергії, тис.грн/рік	5,495	1,154

При розрахунку економії необхідно також врахувати, що строк служби люмінесцентних ламп 12000 годин, а ламп розжарювання 1000. Таким чином, встановивши люмінесцентну лампу, впродовж більше ніж 5 років не потрібно витрат на їх заміну, тоді як для кожної лампи розжарювання потрібно 8,6 грн. на рік витрат на заміну ламп (термін служби ламп 0,46 року та ціна 4 грн. за лампу).

Економія електричної енергії:

$$E = 4,435 - 0,931 = 3,504 \text{ тис кВт-год/рік}$$

Економія грошових коштів від зменшення витрати електричної енергії:

$$E = 5,495 - 1,154 = 4,341 \text{ тис.грн/рік}$$

Таким чином, загальна економія складає:

$$E = 4341 + 8,6 * 30 = 4599 \text{ грн}$$

Втрати:

$$\text{Капітал.витрати} = 28 * 30 = 840 \text{ грн}$$

Строк окупності проекту складає:

$$840/4599 \approx 0,18 \text{ опал.сез.}$$

Таким чином, витрачені кошти окупляться приблизно через місяць. Розрахунок ЧПВ представлений в таблиці 5.26. Розрахунок ВВП представлений в таблиці 5.27.

Таблиця 5.26 – Розрахунок ЧПВ впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн
0	-840	0	- 840	0,2	1	-840
1	0	4599	4599		0,83333	3832,5
2	0	4599	4599		0,69444	3193,75
3	0	4599	4599		0,57870	2661,4583
4	0	4599	4599		0,48225	2217,8819
5	0	4599	4599		0,40187	1848,2349
6	0	4599	4599		0,33489	1540,1957
7	0	4599	4599		0,27908	1283,496
8	0	4599	4599		0,23256	1069,5804
9	0	4599	4599		0,19380	891,31701
10	0	4599	4599		0,16150	742,7641
					<b>ЧПВ=</b>	<b>18441,17831</b>

Таблиця 5.27 – Розрахунок ВВП впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн	ВВП, %
0	-840	0	-840	1	-840	<b>547,50</b>
1	0	4599	4599	0,154440154	710,27027	
2	0	4599	4599	0,023851761	109,6942	
3	0	4599	4599	0,00368367	16,94119	
4	0	4599	4599	0,000568907	2,616401	
5	0	4599	4599	8,7862E-05	0,404777	
6	0	4599	4599	1,35694E-05	0,06245	
7	0	4599	4599	2,09566E-06	0,0096379	
8	0	4599	4599	3,23655E-07	0,0014884	
9	0	4599	4599	4,99853E-08	0,00022988	
10	0	4599	4599	7,71973E-09	3,5503	
				<b>ЧПВ=</b>	<b>3,55094418</b>	

Зменшення викидів CO<sub>2</sub>, приреалізації заходу:



$$3504 \cdot 10,11 \cdot 10^{-4} = 3,54 \text{ т. CO}_2$$

### 5.9 Захід з теплоізоляції ділянок теплової мережі з повітряним прокладанням

При огляді наявності та стану теплової ізоляції на ділянках повітряного прокладання теплової мережі можна зробити висновок про поганий стан теплової ізоляції.

Тому пропоную провести заміну теплової ізоляції на ділянках повітряного прокладання теплової мережі. Ділянки повітряного прокладання теплової мережі, які на нашу думку потребують заміни теплової ізоляції представлені в таблиці 5.28

Таблиці 5.28 – Ділянки повітряної прокладки теплової мережі для заміни теплової ізоляції

Ділянка	Діаметр, мм	Довжина, м	Тип прокладки	Теплоізоляції	Покривний шар
3,19,20	57	85,0	наземні	мінераловата	напівциліндр
56	108	3,0	наземні	відсутня	
2,18	159	94,0	наземні	мінераловата	напівциліндр
74	159	35,0	наземні	мінераловата	склопластик

Стан теплової ізоляції від ділянки до ділянки відрізняється. Навіть на одній ділянці є місця з дуже поганою тепловою ізоляцією та задовільною. Для розрахунку теплових втрат дільницею приймалася середня температура на поверхні ізоляції. Навіть при температурі зовнішнього повітря  $-2^{\circ}\text{C}$ , теплові втрати через ізоляцію дуже помітні.

Як нова тепла ізоляція пропонується шарушки з пінополіуретану товщиною 45 мм, з фольгованим покривним шаром.

Розрахунок теплових втрат та ефективності заміни теплової ізоляції на ділянках повітряної прокладки представлений у таблиці 5.29.

Як показує розрахунок, можна зменшити теплові втрати на 188,47 Гкал/опал.пер. при витратах 32 214 грн., економія становитиме 64 184 грн., термін окупності по всіх ділянках становитиме 0,5 роки.

Зменшення теплових втрат у мережі призведе до зменшення споживання газу. З урахуванням ККД котла 85,79% зменшення споживання природного газу складе:

$$188,47 / 8\,068 / 0,8579 * 1000000 = 27219,5 \text{ м}^3/\text{опал.пер.}$$

Таблиця 5.29–Розрахунок теплових втрат та ефективність заміни теплової ізоляції на ділянках повітряної прокладки

Діаметр труби, м	0,057	0,057	0,108	0,108	0,159	0,159	0,159	0,159	
Довжина ділянка, м	85	85	3	3	94	94	35	35	
Товщина старої ізоляції, м	0,06	0,06	0	0	0,06	0,06	0,06	0,06	
Температура води в трубі, °С	65	45	65	45	65	45	65	45	
Температура на поверхні ізоляції, °С	8	8	63	43	8	8	10	10	
Температура навколишнього повітря, °С	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	
Швидкість повітря, м/с	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
Коефіц.тепловіддачі від труби до теплоізоляції, Вт/м <sup>2</sup> /К	800	800	800	800	800	800	800	800	
Розрах.тепловий опір від труби до теплоізоляції, м <sup>2</sup> К/Вт	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	
Розрах.тепловий опір від теплоізоляції в довкіллі, м <sup>2</sup> К/Вт	0,0496	0,0496	0,0496	0,0496	0,0496	0,0496	0,0496	0,0496	
Розрах.тепловий опір існуючої теплоізоляції, м <sup>2</sup> К/Вт	0,2813	0,1822	0,0003	0,0010	0,2813	0,1822	0,2259	0,1433	
Площа 1 погонного зі старою ізоляцією, м <sup>2</sup>	0,5558	0,5558	0,3391	0,3391	0,8761	0,8761	0,8761	0,8761	
Площа труби зі старою ізоляцією, м <sup>2</sup>	47,241	47,241	1,017	1,017	82,350	82,350	30,662	30,662	
Теплові втрати з труби зі старою ізоляцією, Вт	9,53	9,53	1,33	0,92	16,61	16,61	7,42	7,42	
Товщина пінополіуретана, м	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	
Теплопровідність пінополіуретана, Вт/м/К	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	
Тепловий опір при використанні пінополіуретана	1	1	1	1	1	1	1	1	
Площа 1 погонного із новою ізоляцією, м <sup>2</sup>	0,46	0,46	0,62	0,62	0,78	0,78	0,78	0,78	
Площа труби із новою ізоляцією, м <sup>2</sup>	39,23	39,23	1,87	1,87	73,49	73,49	27,37	27,37	
Теплові втрати із труби з нової ізоляцією, кВт	3,01	2,11	0,06	0,05	5,25	3,68	1,96	1,37	
Зменшення теплових втрат, при застосув. нової теплоізоляцією,кВт	6,52	7,42	1,27	0,88	11,36	12,93	5,47	6,05	
Вартість 1Гкал теплової енергії, грн	340,55	340,55	340,55	340,55	340,55	340,55	340,55	340,55	
Тривалість опалювального періоду, доба	176	176	176	176	176	176	176	176	
Економія теплової енергії, Гкал/опал.пер.	23,67	26,94	4,61	3,19	41,27	46,96	19,86	21,98	188,47
Економія грошових коштів при заміні теплової ізоляції, грн/оп.п.	8061,94	9174,05	1569,78	1086,04	14053,3	15991,9	6762,77	7484,5	64184
Вартість теплоізоляції 1м. погонного трубопроводу, грн	39	39	73	73	98	98	98	98	
Загальна вартість теплоізоляції труби, грн	3315	3315	219	219	9212	9212	3430	3430	32214
Строк окупності заміни теплової ізоляції, опал.пер.	0,41	0,36	0,10	0,14	0,66	0,58	0,51	0,46	0,50

Розрахунок ЧПВ представлен в таблиці 5.30. Розрахунок ВВП представлен в таблиці 5.31

Таблиця 5.30 – Розрахунок ЧПВ впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	R	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн
0	-32214	0	- 32214	0,2	1	-32214
1	0	64184,4072	64184,4072		0,83333	53487,006
2	0	64184,4072	64184,4072		0,69444	44572,505
3	0	64184,4072	64184,4072		0,57870	37143,754
4	0	64184,4072	64184,4072		0,48225	30953,128
5	0	64184,4072	64184,4072		0,40187	25794,274
6	0	64184,4072	64184,4072		0,33489	21495,228
7	0	64184,4072	64184,4072		0,27908	17912,690
8	0	64184,4072	64184,4072		0,23256	14927,242
9	0	64184,4072	64184,4072		0,19380	12439,368
10	0	64184,4072	64184,4072		0,16150	10366,140
					<b>ЧПВ =</b>	<b>236877,335</b>

Таблиця 5.31 – Розрахунок ВВП впровадження заходу

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошових коштів, грн	Коеф. дисконтування	Наведений потік коштів, грн	ВВП, %
0	-32214	0	-3221	1	-32214	<b>198,63</b>
1	0	64184,407	64184,407	0,334862539	21492,981	
2	0	64184,407	64184,407	0,11213292	7197,203	
3	0	64184,407	64184,407	0,037549114	2410,077	
4	0	64184,407	64184,407	0,012573792	807,045	
5	0	64184,407	64184,407	0,004210492	270,25	
6	0	64184,407	64184,407	0,001409936	90,497	
7	0	64184,407	64184,407	0,000472135	30,304	
8	0	64184,407	64184,407	0,0001581	10,148	
9	0	64184,407	64184,407	5,29418E-05	3,398	
10	0	64184,407	64184,407	1,77282E-05	1,138	
				<b>ЧПВ =</b>	<b>99,041</b>	

Зменшення викидів CO<sub>2</sub>, при реалізації заходу:

$$27\ 229,5 \cdot 19,004 \cdot 10^{-4} = 51,73 \text{ т. CO}_2$$

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами проведеного енергетичного обстеження можна відзначити наступне:

1. Основними необхідними ресурсами на вироблення теплової енергії є природний газ, електрична енергія, вода.
2. Підприємство сформувалося в період, коли ціни на енергоносії були низькими, обладнання вибиралося з урахуванням перспективи підключення додаткових навантажень будинків, що знову будуються, але у зв'язку з тим, що намітилася стійка тенденція щодо зниження підключених теплових навантажень споживачів через неплатежі та відключення окремих споживачів, частина електроприводного обладнання працює за межами паспортної робочої зони, що призводить до непродуктивних витрат електроенергії.
3. Всі заходи в системі теплопостачання та теплоспоживання повинні вживатися тільки в комплексі: в житлових будинках проводити балансування системи опалення, організовувати роботи з утеплення (заміни) дверей та вікон під'їздів, реконструювати котельню та теплові мережі.
4. На котельні організовано гарний технічний облік споживання природного газу, електричної енергії та води. Облік споживання ресурсів охоплює 100% їхнього споживання. Наявна кількість приладів обліку дозволяє впровадити систему енергоменеджменту (систему контролю та планування) для безперервного аналізу потоків теплоти по всьому ланцюгу від виробництва теплоти до її кінцевого споживання, і для оперативного виявлення та усунення всіх втрат і відхилень від оптимальних режимів.
5. Котел №2 ТВГ-8 працював гірше ніж за режимною карткою. Коефіцієнт корисної дії котла низький 85,79% (144,23 м/Гкал).
6. Проведений аналіз показує, що фактична відпустка теплоти котельні відхиляється від розрахункового, переважно в меншу сторону. У цілому нині, порівнюючи фактичну і розрахункову витрату за січень місяць, можна назвати, що фактична витрата на 12,36 % менше розрахункового з допомогою

недотопу при низьких зовнішніх температурах. Аналогічна ситуація в інших холодних місяцях.

7. Таким чином, на котельні мають місце періодичні відхилення від температурного графіка. У жовтні в теплі дні перетоп склав 29,7% від місячної витрати газу. Точніше регулювання дозволить уникнути перевитрати енергії. Загалом за рік економія газу при здійсненні функцій енергоменеджменту складе не менше 1%.

8. На початку опалювального сезону, коли не всі будівлі підключають опалення, виникають втрати через перетоплення підключених будівель. Ці втрати, своєчасно виявлені, може бути знижено зменшенням витрати мережної води.

9. Визначено втрати теплоти на витокі в тепловій мережі, які становлять 2,2% від відпущеної котельної теплоти.

10. Визначено втрати теплоти в теплових мережах, що становлять у середньому за опалювальний період близько 19% від відпущеної котельної теплоти.

11. В цілому існуюча для підприємства система обліку задовільна, але використовується над повною мірою. Теплолічильник котельні має похибку, необхідно перевірити відповідність установки вимогам, а також повірити його. Деякі показники, для яких існує можливість отримати дані з приладів обліку (комерційного чи технологічного), визначаються за нормами.

Отже, запропоновані для розгляду заходи спрямовані на підвищення надійності роботи всієї системи теплопостачання, економії паливно-енергетичних ресурсів, зниження собівартості виробництва теплової енергії та зменшення викидів забруднюючих речовин. Всі ці фактори вказують на можливість енергозбереження.

Тому за результатами енергоаудиту розроблено 9 заходів.

Впровадження постійно діючої системи енергетичного менеджменту дозволить уникнути невиправданих перевитрат і втрат енергоносіїв.

Орієнтовна економія коштів 32 тис.грн./о.п. під час впровадження системи енергоменеджента.

До найбільш значущих заходів можна віднести перехід на технологічну схему роботи котельні з підвищувальними насосами перед котлами вимагатиме витрат 315 тис. грн., дасть економію електроенергії на 479 тис.грн./о.п.

Альтернативою зміни технологічної схеми котельні підвищувальними насосами є використання якісно-кількісного регулювання. Економія від використання якісно-кількісного регулювання складе 369,8 тис.грн./о.п., при витратах лише 80тис.грн. На додаток до якісно кількісного регулювання необхідно розглядати обрізання робочого колеса мережевого насоса (Економія 35 тис. грн. витрат не потрібно).

Щодо альтернативних заходів: перехід на технологічну схему роботи котельні з підвищеними насосами перед котлами та якісно-кількісного регулювання з обрізанням робочих коліс мережевих насосів, можна сказати, що за відсутності фінансових можливостей впровадження якісно-кількісного регулювання обрізуванням робочих коліс мережевих насосів вимагатиме всього 80 тис.грн. та дасть швидку віддачу. При розгляді більш тривалого періоду (10 років) аналіз за допомогою методики чистої приведеної вартості показує, що більшу ефективність принесе захід з переходу на технологічну схему роботи котельні з підвищувальними насосами перед котлами.

Існуючий рециркуляційний насос застарів. Відбувається перевитрата електричної енергії для рециркуляції води. При заміні рециркуляційного насоса на сучасний насос DAB термін окупності вкладень не перевищить 1 опалювальний період.

Регулювання продуктивності вентилятора котла ДКВР-10/13, здійснюється застарілими напрямними апаратами. Впровадження автоматичного керування продуктивності вентилятора за допомогою частотного регульованого приводу дасть економію 20 тис.грн./о.п. витрати становитимуть 28 тис.грн.

Теплові мережі працюють зі значними тепловими втратами, заміна неефективної теплової ізоляції на ділянках повітряного прокладання дозволить отримати економію 96 тис.грн., витрати становитимуть 68,9 тис.грн.

Крім того, економію електричної енергії можна отримати при заміні ламп розжарювання на люмінесцентні.

У кваліфікаційній роботі магістра запропоновано кілька альтернативних варіантів енергозбереження на одному устаткуванні. Рішення приймається замовником виходячи з наявності коштів та досяжної економії. Але в такому разі я рекомендуємо здійснити: змінити технологічну схему котельні з використанням підвищувальних насосів перед котлами.

Важливо, щоб впровадження рекомендацій за результатами проведеного енергетичного обстеження не було відкладено за часом і кошти на це було знайдено, тому що повернення вкладених коштів, як свідчать фінансові розрахунки, наведені у звіті, буде швидким. На заощаджені кошти надається можливість вирішення інших важливих питань, що стосуються розвитку котельні (підприємства).

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ



1. Норми та вказівки по нормуванню втрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні *КТМ*. Київ, 94с.
2. Прокопенко В.В., Закладний О.М. Енергетичний аудит. Київ: Освіта України, 2008, 260 с.
3. ДСТУ 4713:2007 Енергетичний аудит промислових підприємств. Київ:Держмпоживстандарт України, 2007, 45с.
4. Ємін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання. Київ, 2007. 200с.
5. Праховник А.А., Соловей А.І. Енергетичний менеджмент. Київ, 2010, 198 с.
6. Бердишев Н.Ю. Енергозбереження в будівлях та установах.Запоріжжя, ЗДІА. 2004, 176 с.
7. Манюк А.І. Налагодження та експлуатація водяної теплової мереж. - Київ, 2021. 170 с.
8. Васюнін, Д. Г. Підвищення енергоефективності функціонування системи теплозабезпечення будівель.Київ 2022, 189с.
9. Скібіна, Т. І. Енергоаудит як основа підвищення енергоефективності та енергозбереження теплопостачання. *Економіка і регіон*, Київ.2020, с. 23-27
10. Франк Майсснер, Дмитро Науменко, Йорг Радеке. Підвищення енергоефективності в Україні: зменшення регулювання та стимулювання енергозбереження. Луцьк. 2012, 126 с.
11. Степанов, Д. В., Скородзієвська Л.В., Білик С.О. Підвищення ефективності газової парової промислової котельні. Diss. Луцьк. 2020, 200
12. Скопенко, В. В., Карпалюк, І. Т.,Шматько, Н. М. Енергетичний менеджмент та енергоефективність. Київ 2020, 176с.
13. Timilsina, Govinda R., Gal Hochman, and Iryna Fedets. (2016). Understanding energy efficiency barriers in Ukraine: Insights from a survey of commercial and industrial firms. *Energy*, Vol.106, p. 203-211.
14. Simona, P. L., Spiru, P., Ion, I. V. (2017). Increasing the energy efficiency of buildings by thermal insulation. *Energy Procedia*, Vol.128, p.393-399.

15. Goncharuk, A., Khudolei, V., Stanislavyk, O., Yatsyshyn, V., and Semenchuk, Y. (2021). Barriers to energy sustainability: A case study from Ukraine. In E3S Web of Conferences .

16. Qu, Ming, Omar Abdelaziz, Hongxi Yin. (2014). New configurations of a heat recovery absorption heat pump integrated with a natural gas boiler for boiler efficiency improvement. *Energy Conversion and Management*, Vol. 87, p.175-184.

17. Bonilla-Campos, Iñigo. (2019). Energy efficiency assessment: Process modelling and waste heat recovery analysis. *Energy Conversion and Management*, Vol. 196, p.1180-1192.

18. Ратушняк, Г. С., Очеретний А.М. Енергоефективність індивідуальних систем тепlopостачання квартир в багатоповерхових житлових будинках. *Вісник Вінницького політехнічного інституту Київ*. 2016 с.11-17.

19. Андреев, С. Ю., Возможности підвищення енергоефективності теплових мереж шляхом впровадження енергоменеджементу. Запоріжжя. 2015. 126 с.

20. Степанов Д. В., Степанова, Н. Д., Білик, С. О. Енергомодернізація промислової котельні. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Том 29, № 2, Львів*. 2020. с. 108-112

21. Гижко, А. В. Вдосконалення методів та засобів підвищення ефективності водогрійної котельні. Львів. 2019. 128с.

22. Параска, Г. Б., Миколюк, О. А. Оцінка ефективності використання електричних систем опалення. Київ 2021. 128с.

23. Шубалий, О., Книш, В. Напрями підвищення енергоефективності регіону. Київ. 2019. 134с.

24. Дешко, В., Ліпяніна, Н. Ексергетичні показники ефективності опалення будівель. *Матеріали дванадцятій наукової конференції Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль*. 2021, 188-188.