

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

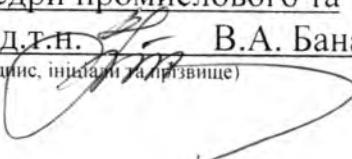
Кваліфікаційна робота
другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення енергетичної ефективності системи тепlopостачання ТОВ
«Мелітопольські теплові мережі»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1449з
спеціальності 144 Теплоенергетика
(код і назва спеціальності)
освітньої програми «Теплоенергетика»
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Калашнікова Аліна Олегівна
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т.н.  Ю.М. Каюков
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент професор кафедри промислового та
цивільного будівництва, д.т.н.  В.А. Банах
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«04» грудня 2020 року



З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Калашніковій Аліні Олегівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Підвищення енергетичної ефективності системи тепlopостачання ТОВ «Мелітопольські теплові мережі»

керівник роботи Каюков Юрій Миколайович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «25» травня 2020 року № 601-с

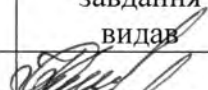
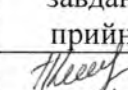
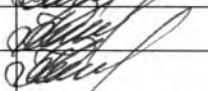
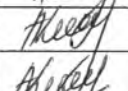
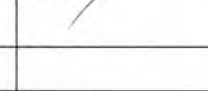
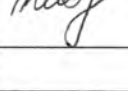
2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 р.

3 Вихідні дані до роботи Річні відомості про споживання породного газу, води, електроенергії.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Загальна характеристика об'єкту дослідження. 2. Підвищення енергетичної ефективності системи тепlopостачання 3. Розробка заходів з економії паливно – енергетичних ресурсів. 4. Розробка заходів з охорони праці і техніка безпеки.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Споживання паливно - енергетичних ресурсів. 2. Витрати на ПЕР та воду. 3. Структура розподілення витрат по котельні. 4. Визначення ефективності котлів. 5. Баланс теплоти за опалювальний період на котельні. 6. Залежність відпуску теплової енергії та споживання природного газу від кількості градусо – днів 7. Заходи щодо економії паливно – енергетичних ресурсів. 8. Капітальні витрати та економія коштів при впровадженні енергозберігаючих заходів.

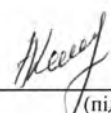
6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 розділ	Каюков Ю.М. доцент ТГЕ		
1 розділ	Каюков Ю.М. доцент ТГЕ		
Охорона праці	Каюков Ю.М. доцент ТГЕ		

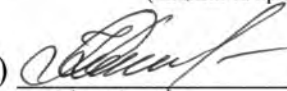
7 Дата видачі завдання 1.06. 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Срок виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика об'єкту дослідження.	1.06.2020-1.08.2020	
2	Підвищення енергетичної ефективності системи теплопостачання	1.08.2020-1.09.2020	
3	Розробка заходів з економії паливно – енергетичних ресурсів.	1.09.2020-1.10.2020	
4	Розробка заходів з охорони праці і техніка безпеки	1.10.2020-1.11.2020	
5	Розробка графічного матеріалу	1.11.2020-1.12.2020	

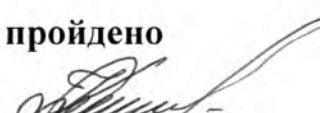
Студент 
(підпис)

Калашнікова А.О.
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) 
(підпис)

Каюков Ю.М.
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер 
(підпис)

Ю.М. Каюков
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Калашнікова А.О. Підвищення енергетичної ефективності системи теплопостачання ТОВ «Мелітопольські теплові мережі».

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник Ю.М. Каюков. Запорізький національний університет. Інженерний навчально – науковий інститут. Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2020.

Виконано збір технічної інформації, аналіз існуючих систем теплопостачання з визначенням фактичних об'ємів, джерел та причин виникнення необґрунтованих втрат палива та електричної енергії. Розроблено техніко-економічне обґрунтування заходів по підвищенню енергетичної ефективності системи теплопостачання.

Ключові слова: енергетичний аудит, котельня, мережевий насос, енергоефективність, енергоспоживання.

ABSTRACT

Kalashnikova A.O. Improvement of energy efficiency of the heat supply system of the Limited Liability Company of Melitopol Thermal Networks.

Qualification graduation work for the degree of higher education of master's degree in specialty 144 - Thermal power engineering, supervisor Y. Kayukov. Zaporizhzhya National University. Engineering educational and scientific institute. Department of Heat Power Engineering and Hydropower Engineering, 2020.

Collection of technical information, analysis of existing heat supply systems with determination of actual volumes, sources and causes of unreasonable losses of fuel and electricity was performed. A feasibility study of measures to improve the energy efficiency of the heat supply system has been developed.

Keywords: energy audit, boiler room, network pump, energy efficiency, energy consumption.

АННОТАЦИЯ

Калашникова А.А. Повышение энергетической эффективности системы теплоснабжения ООО «Мелитопольские тепловые сети».

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 144 - Теплоэнергетика, научный руководитель Ю.Н. Каюков. Запорожский национальный университет. Инженерный учебно – научный институт. Кафедра теплоэнергетики и гидроэнергетики, 2020.

Выполнен сбор технической информации, анализ существующих систем теплоснабжения с определением фактических объемов, источников и причин возникновения необоснованных потерь топлива и электрической энергии. Разработано технико-экономическое обоснование мероприятий по повышению энергетической эффективности системы теплоснабжения.

Ключевые слова: энергетический аудит, котельная, сетевой насос, энергоэффективность, энергопотребление.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1 Загальні відомості	9
1.2 Характеристики основного обладнання, встановленого на котельній	12
1.3 Результати замірів основних показників роботи котельної при її обстеженні	14
1.4 Споживання енергоресурсів котельною.....	14
1.5 Дослідження та аналіз ефективності споживання енергоносіїв	18
1.5.1 Система обліку паливо-енергетичних ресурсів	18
1.5.2 Питомі витрат паливо-енергетичних ресурсів на вироблення 1 ГДж теплової енергії.....	19
1.5.3 Аналіз споживання електричної енергії	23
1.6 Споживачі теплової енергії.....	29
2 ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	31
2.1 Аналіз системи теплопостачання	31
2.1.1 Джерело генерації теплової енергії	31
2.1.2 Мережі транспортування теплової енергії	32
2.1.3 Споживачі теплової енергії	33
2.1.4 Теплові вводи споживачів	36
2.1.5 Двоставочний тариф	40
2.2 Визначення ефективності котлів.....	42
2.3 Аналіз основних показників роботи системи теплового постачання і ефективності регулювання відпуску теплової енергії	45
2.4 Заходи щодо економії паливо-енергетичних ресурсів.....	63
2.4.1 Впровадження енергетичного менеджменту	63
2.4.2 Налагодження теплового та гідравлічного режиму роботи теплової мережі	68
2.4.3 Заміна мережного насосу	69

2.4.4	Заміна робочих коліс мережного насосу	71
2.4.5	Заміна живильного насосу	73
2.4.6	Заміна котлів ДКВР-6,5-13 на нові котли.....	74
2.4.7	Заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі лампи.....	77
2.5	Висновки по розробленим енергозберігаючим заходам.....	80
3	ОХОРОНА ПРАЦІ	84
3.1	Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	84
3.2	Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	86
3.3	Виробнича санітарія	87
3.4	Електробезпека.....	90
3.5	Пожежна безпека	91
	ВИСНОВКИ.....	94
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	96

ВСТУП

Актуальність теми. В процесі впровадження енергозберігаючих заходів на промисловому підприємстві основною стратегічною метою є підвищення енергоефективності, отже поняття потенціалу енергозбереження підприємства можливо визначити як систему взаємопов'язаних поточних та перспективних, внутрішніх та зовнішніх можливостей, мобілізаційних здатностей керівників та персоналу підприємства до перетворення доступних вхідних ресурсів з метою підвищення енергоефективності виробництва.

Об'єкт дослідження – теплові втрати в системі теплопостачання.

Предмет дослідження – енергетичний аудит системи теплопостачання.

Мета роботи – визначення ефективності споживання енергоносіїв та пошук можливостей скорочення споживання паливо енергетичних ресурсів.

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

– збір технічної інформації та аналіз існуючих систем теплопостачання с визначенням фактичних об'ємів, джерел та причин виникнення необґрунтованих втрат палива та електричної енергії.

– розробити техніко-економічне обґрунтування заходів по підвищенню енергетичної ефективності системи теплопостачання.

Методи та засоби дослідження. Поставлені задачі вирішувались шляхом проведення фізичних вимірювань на підприємстві.

Практична цінність роботи полягає в розробці енергоефективних заходів направлених на підвищення енергетичної ефективності системи теплопостачання м. Мелітополь.

Апробація роботи. Результати роботи представлені на загальноуніверситетській конференції «Молода наука» 2020.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, три розділи, висновки та перелік джерел посилань з 41 позиції. Загальний обсяг складає 99 сторінок, у тому числі 22 ілюстрації та 27 таблиць.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості

Енергетика як галузь господарської діяльності спрямована на забезпечення людини всіма видами енергії, зокрема, електричної, теплової, механічної. Без відповідного рівня розвитку систем генерації, перетворення, розподілу енергії здійснення господарчої та економічної діяльності в тих видах і обсягах, яких вимагає наша цивілізація на сучасному етапі розвитку, неможливо.

Відмінними рисами енергетики з точки зору економіки являються також високий рівень капітальних витрат, тривалий період окупації проектів, тривалі терміни експлуатації встановлюваного обладнання.

Особливе значення для життєдіяльності людини є тепла енергія. В даний час тепла енергія використовується для задоволення потреб опалення та гарячого водопостачання. Тепло генерується на теплових станціях, міських районних котельнях, та передається до споживачів по тепловим мережам.

Сучасний стан економіки надає багато можливостей щодо раціонального використання енергоресурсів. Однак, на мікрорівні ще недостатньо приділяють уваги питанню впровадження енергозберігаючих технологій. Процес впровадження енергозберігаючих заходів на підприємстві ускладнюються недостатністю фінансових ресурсів, зростанням тарифів на енергетичні ресурси, дефіцитом кваліфікованого персоналу та відсутністю мотивації промислових підприємств у ході реалізації заходів щодо зниження витрат на теплову енергію. Отже, управління інноваційним розвитком систем енергозбереження та впровадження енергозберігаючих заходів стає можливим лише за умов створення ефективного економіко-організаційного механізму господарювання, що базується на використанні інноваційного потенціалу енергозбереження промислового підприємства.

Основний потенціал енергозбереження – це економія паливо-енергетичних ресурсів у процесі її використання та споживання. Це стосується, насамперед,

електричної енергії та природного газу. Тому вагомим напрямком енергозбереження, для подібних об'єктів, що розглядається в дипломному проекті, є зменшення втрат в проміжних ланках обладнання, споживачах електричної енергії.

Питання енергозбереження та енергоефективності сьогодні є надзвичайно актуальними для України. З ними пов'язаний цілий комплекс проблем – не тільки екологічних та економічних, але й політичних та соціальних. Саме тому підвищення енергоефективності економіки України є комплексним завданням, вирішення якого матиме багато важливих наслідків як для суспільства, так і для безпеки навколишнього середовища.

Виробництво енергії, яку ми споживаємо, завдає значної шкоди рослинному і тваринному світу, довкіллю, здоров'ю людини. Це змушує нас задуматись над можливостями ефективнішого використання енергії, що, безперечно, сприятиме збереженню навколишнього середовища і в той же час буде вигідно споживачу. Економія паливо-енергетичних ресурсів і енергії – реальний спосіб зменшити витрати і зберегти довкілля для майбутніх поколінь.

Більшість міських районних котелень сформувались в період, коли ціни на енергоносії були низькими, обладнання вибиралося з урахуванням перспективи підключення додаткових навантажень знову споруджуваних будинків, але в зв'язку з тим, що намітилася стійка тенденція щодо зниження теплових навантажень підключених споживачів із-за неплатежів і відключення окремих споживачів, частина електричних приводів обладнання працює за межами паспортної робочої зони, що призводить до непродуктивних витрат електроенергії.

Ефективність використання енергоносіїв при дотриманні оптимальних умов – основне завдання енергетичної служби підприємства (котельні). Періодична перевірка ефективності використання енергоносіїв в результаті енергетичного аудиту незалежними фахівцями дозволяє поглянути на існуюче положення свіжим поглядом.

Котельня знаходиться на території воєнного містечка м. Мелітополь. Тривалий час котельня обслуговувалась воєнними і тільки недавно перейшла на баланс підприємства ТОВ «Мелітопольські теплові мережі».

Сумарна встановлена теплова потужність котельної складає 22,7 МВт (19,5 Гкал/год). На котельні встановлено три парових котли ДКВР-6,5/13. Котли мають економайзери. Стан економайзерів незадовільний. Один котел ДКВР-6,5/13 був переведений в водогрійний режим, але так і не був введений в експлуатацію. На тепловій мережі від котельної встановлені два ЦТП з підвищуючими насосами. Приєднане розрахункове теплове навантаження споживачів – 9,56 МВт (8,218 Гкал/год).

Котельня по дню своєї діяльності використовує природний газ, електричну енергію, питну воду.

Природний газ спалюють в котлах для отримання теплової енергії. Електроенергія, в основному, споживається електричними двигунами насосів, вентиляторів та інших механізмів. Питна вода використовується для заповнення теплових мереж та їх підживлення, а також для потреб хімічної підготовки та інших побутових потреб.

Для централізованого теплопостачання використовуються традиційна схема теплопостачання – джерело теплової енергії з магістральними та квартальними тепловими мережами та інженерним обладнанням на них. Підключення споживачів теплової енергії здійснюється за допомогою залежних схем приєднання.

Котельня працює тільки в опалювальний період для потреб опалення. Централізоване гаряче водопостачання від котельні відсутнє. Пар, який вийшов з котлів потрапляє на пароводяний теплообмінник, де нагріває мережеву воду.

Регулювання відпуску теплової енергії в мережу відбувається якісним способом за температурним графіком $\Delta t = 95 - 70$ °С.

1.2 Характеристики основного обладнання, встановленого на котельній

Загальна інформація про котельне обладнання представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальна інформація про котли, які встановлені на котельній

Номер котла	Тип встановлених котлів	Теплопродуктивність, МВт (Гкал/год)
№1	ДКВР-6,5-13	6,5 (7,56)
№2	ДКВР-6,5-13	6,5 (7,56)
№3	ДКВР-6,5-13	6,5 (7,56)

Дані про насосне обладнання котельної представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Дані про насосне обладнання котельної

Тип/марка	Продуктивність, м ³ /год	Тиск, м вод. ст.	Потужність, кВт	Кількість обертів, об/хв	Наявність ЧРП
Мережні насоси					
Д500-63	500	63	75	1500	відсутнє
Д500-63	500	63	90	1500	відсутнє
Д500-63	500	63	90	1500	відсутнє
Підживлювальні насоси					
К-20/30	20	30	4,5	3000	відсутнє
К-20/30	20	30	4,5	3000	відсутнє
Живильні насоси					
ЦНСГ 60-198	60	198	55	3000	відсутнє
ЦНСГ 60-198	60	198	55	3000	відсутнє
Насоси сирієї води					
К-80/50	50	50	5,5	3000	відсутнє
К-80/50	50	50	18,5	3000	відсутнє

Дані про тяго-дутьове обладнання котельної представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Дані про тяго-дутьове обладнання котельної

Дутьові вентилятори							
Марка котла	Ст. №	Тип/марка	Продуктивність, м ³ /год	Тиск, мм вод. ст.	Потужність, кВт	Кількість обертів, об./хв.	Наявність ЧРП
ДКВР-6,5/13	1	ВДН-8	10000	172	11	1000	відсутнє
ДКВР-6,5/13	2	ВДН-8	10000	172	8	1000	відсутнє
Димососи							
Марка котла	Ст. №	Тип/марка	Продуктивність м ³ /год	Тиск мм вод. ст.	Потужність кВт	Кількість обертів об./хв	Наявність ЧРП
ДКВР-6,5/13	1	ДН-10	20400	270	18,5	1000	відсутнє
ДКВР-6,5/13	2	ДН-10	20400	270	18,5	1000	відсутнє

1.3 Результати замірів основних показників роботи котельної при її обстеженні

На момент обстеження котельні температура зовнішнього повітря складала $-0,4^{\circ}\text{C}$. В роботі знаходилося наступне теплотехнічне обладнання і були зафіксовані наступні тепловий і гідравлічний режими:

- котел №1 ДКВР-6,5-13;
- мережевий насос №2 Д-500-63;
- підживлюючий насос №1 К-20/30;
- живильний насос ЦНСГ 60-198;
- димосос №1 ДС-10;
- вентилятор ВДН-8.

Параметри теплоносія при замірах на виході с котельної представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Параметри теплоносія при замірах на виході с котельної

Параметр	Позначення	Розмірність	Значення
Фактичний тиск в подавальному трубопроводі	P_1	МПа (кгс/см ²)	0,43 (4,4)
Фактичний тиск в зворотному трубопроводі	P_2	МПа (кгс/см ²)	0,2 (2,0)
Температура в подавальному трубопроводі	t_1	$^{\circ}\text{C}$	51
Температура в зворотному трубопроводі	t_2	$^{\circ}\text{C}$	41
Фактична витрата теплоносія	$G_{\text{факт}}$	м ³ /год	345

1.4 Споживання енергоресурсів котельною

Основні енергоресурси, які споживає котельня:

- природний газ;

- електрична енергія;
- вода питна.

Споживання паливо-енергетичних ресурсів котельнею за 2018 рік представлено в табл. 1.5 та на рисунку 1.1.

Таблиця 1.5 – Споживання паливо-енергетичних ресурсів котельною за 2018 рік

Найменування ПЕР	Споживання	В т.у.п.	% від суми
Електрична енергія	795,44 тис. кВт·год	97,73	4,42
Природний газ	1817,07 тис. м ³	2111,17	95,58
Всього		2208,90	100

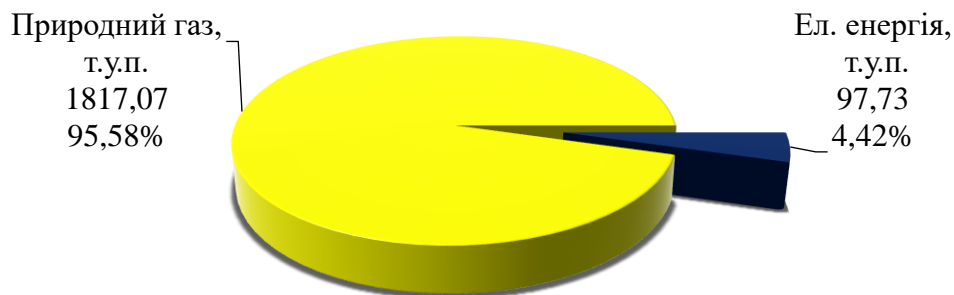


Рисунок 1.1 – Споживання ПЕР котельною за 2018 рік

Із діаграми 1.1 видно, що споживання природного газу значно перевищує споживання електричної енергії, що є логічним.

В таблиці 1.6 представлені тарифи на оплату паливо-енергетичних ресурсів.

Таблиця 1.6 – Тарифи на оплату енергоресурсів

Енергоносій	Одиниця вимірювання	Вартість с ПДВ
Електрична енергія	грн/кВт·год	1,5098
Природний газ (населення)	грн/тис. м ³	6958

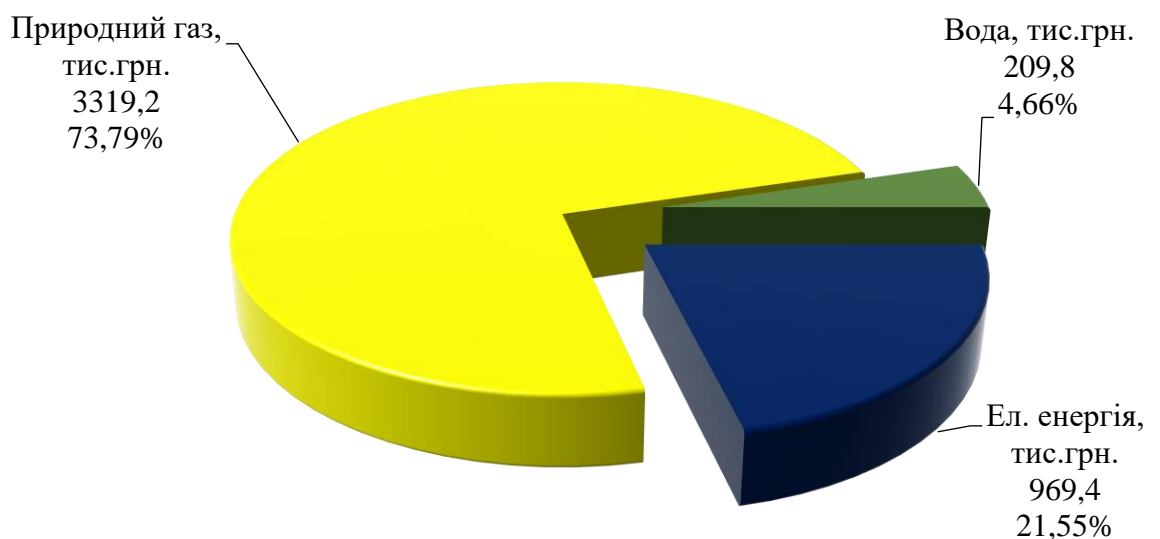
Продовження таблиці 1.6

Енергоносій	Одиниця вимірювання	Вартість с ПДВ
Природний газ (бюджет та інші)	грн/тис. м ³	7661,64
Вода питна	грн/м ³	14,976
Теплова енергія для населення	грн/Гкал	350,412
Теплова енергія для бюджетних організацій	грн/Гкал	1342,8
Теплова енергія для інших споживачів	грн/Гкал	1342,8

Розподіл витрат котельної на паливо-енергетичні ресурси та воду за 2018 рік представлено в таблиці 1.7 та на рисунку 1.2.

Таблиця 1.7 – Розподіл витрат котельної на паливо-енергетичні ресурси та воду за 2018 рік

Стаття витрат	Сума, тис.грн.	% від суми
Природний газ	3319,2	73,79
Електрична енергія	969,4	21,55
Вода	209,8	4,66
Всього	4498,4	100



Рисунку 1.2- Розподіл витрат котельної на паливо-енергетичні ресурси та воду за 2018 рік

Структура розподілення витрат по котельній за 2018 рік представлена в таблиці 1.8 та на рисунку 1.3.

Таблиця 1.8 – Структура витрат по котельній за 2018 рік.

Найменування	Витрати, тис. грн..	%
Паливо	3319,2	53,81
Електрична енергія	969,4	15,72
Вода	209,8	3,40
Прямі витрати на оплату праці	675,8	10,96
Відрахування на соціальні заходи	250,5	4,06
Матеріали	1,8	0,03
Амортизація	197,4	3,20
Загальновиробничі витрати	91,1	1,48
Адміністративні витрати	188,8	3,06
Витрати на ремонт	96,8	1,57
Інші витрати	168	2,72

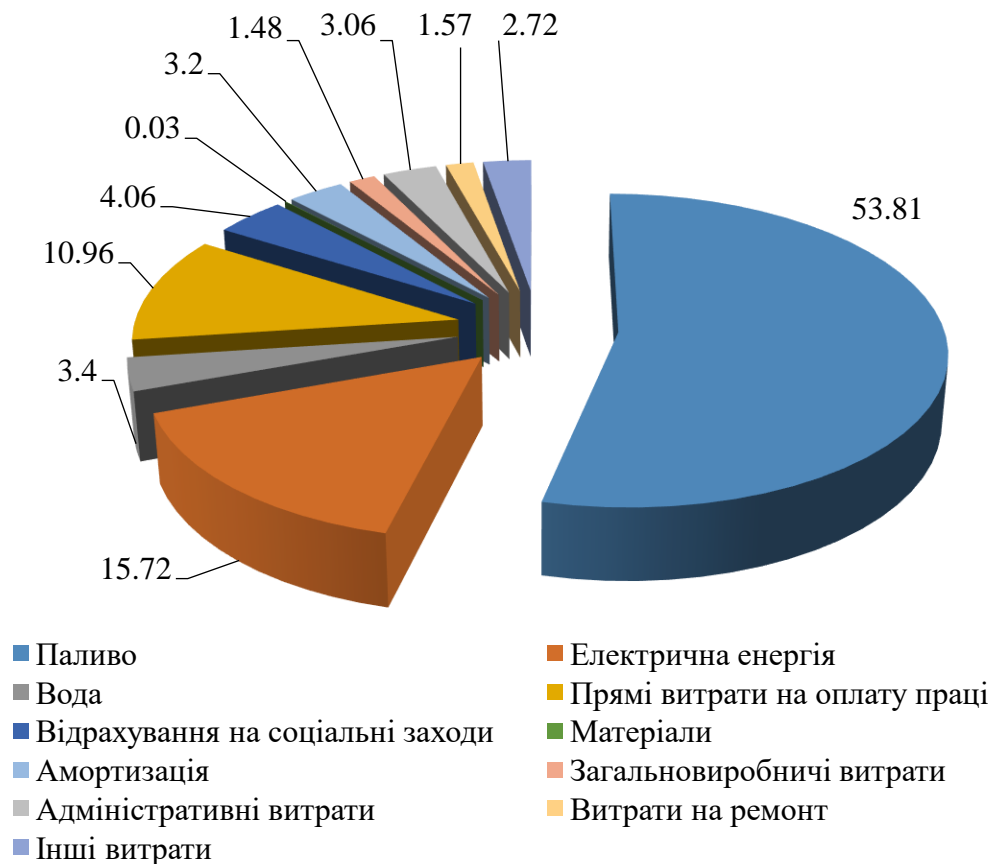


Рисунок 1.3 – Структура витрат по котельній за 2018 рік

Із діаграми 1.3 видно, що основні витрати котельної припадають на паливо - природній газ (53,81 %), що є об'єктивним. Далі по структурі розподілу витрат йде електрична енергія – 17,41 %. На заробітну плату персоналу з відрахуваннями припадає 10,96 % і 4,06 % відповідно.

Природний газ є основним енергоресурсом, використовуваним на котельній і від ефективності його використання залежать економічні показники роботи котельні.

Електроенергія - другий за важливістю енергоресурс, який використовується на котельній. При частці споживання електричної енергії 4,42 % від загального споживання енергії котельнею, витрати на неї складають 21,55 % від витрат на енергоносії та воду. Одиниця електричної енергії має найвищу питому вартість.

Заробітна плата персоналу з нарахуваннями становить 15,02 % від витрат котельні.

1.5 Дослідження та аналіз ефективності споживання енергоносіїв

1.5.1 Система обліку паливо-енергетичних ресурсів

Облік електричної енергії на котельній здійснюється за допомогою лічильників комерційного обліку електричної енергії.

Система контролю та обліку споживання паливо-енергетичних ресурсів на котельній представляє собою комплекс комерційного та технічного обліку наступних технічних та матеріальних ресурсів:

- паливо (природний газ);
- теплова енергія;
- вода питна;
- електрична енергія.

Відомості про пристрої обліку природного газу, теплової енергії, питної води, електричної енергії представлені в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Перелік пристроїв обліку на котельній

Вид ресурсу	Кількість	Тип (Марка)
Природний газ	1 шт.	КУРС 01 - G100 Б № 4816 29.08.11 р. $\pm 1\%$ $\pm 2\%$
	1 шт.	УНИВЕРСАЛ – М – 400 – 80 № 30205 21.09.09 р.
Теплова енергія	1 шт.	Січ-М Ø250 мм
Вода питна	2 шт.	MBN-100
Електрична енергія	1 шт.	НІК 2303 АРК1
	1 шт.	Дельта 8010-05
	2 шт.	НІК 2303 АРПЗ

1.5.2 Питомі витрат паливо-енергетичних ресурсів на вироблення 1 ГДж теплової енергії

Основним завданням аналізу питомих витрат палива, електричної енергії та води є забезпечення використання в виробленні технічно та економічно обґрунтованих прогресивних питомих витрат для здійснення режиму економії, раціонального розподілу та найбільш повного і ефективного їх використання.

Відпуск теплової енергії за опалювальний період 2012-2013 представлений в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 - відпуск теплової енергії за опалювальний період 2017-2018 р.

Період	Одиниця вимірювання	Відпуск теплової енергії
Жовтень, 2017 рік	ГДж (Гкал)	6170,2 (1472,60)
Листопад, 2017 рік	ГДж (Гкал)	7459,04 (1780,20)
Грудень, 2017 рік	ГДж (Гкал)	12226 (2917,90)

Продовження таблиці 1.10

Період	Одиниця вимірювання	Відпуск теплової енергії
Січень, 2018 рік	ГДж (Гкал)	13423,1 (3203,60)
Лютий, 2018 рік	ГДж (Гкал)	10698,3 (2553,30)
Березень, 2018 рік	ГДж (Гкал)	7262,9 (1733,40)
Квітень, 2018 рік	ГДж (Гкал)	2006,8 (411,50)
Всього	ГДж (Гкал)	68627,3(14072,50)

Відпуск теплової енергії котельнею за 2012-2013 роки представлений в таблиці 1.11 та на рисунку 1.5.

Таблиця 1.11 – Відпуск теплової енергії в мережу за 2017-2018 роки

Відпуск в мережу	Одиниця вимірювання	2017 рік	2018 рік
	ГДж	63213,3	57186,8

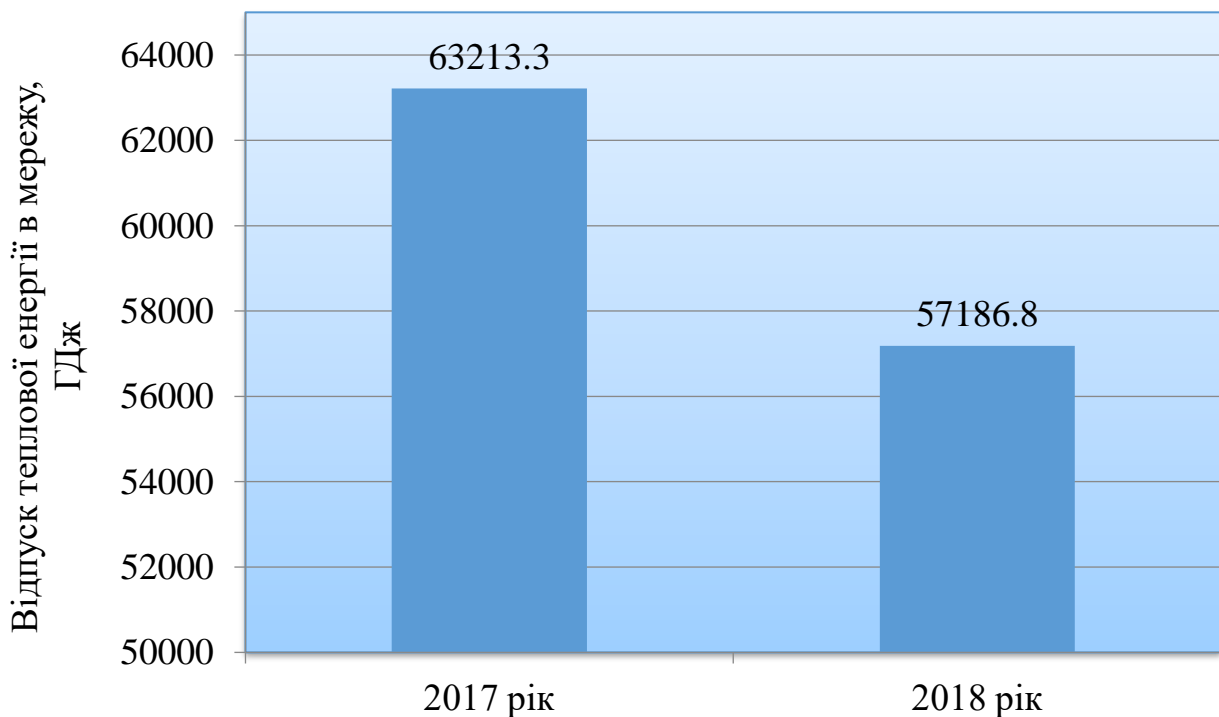
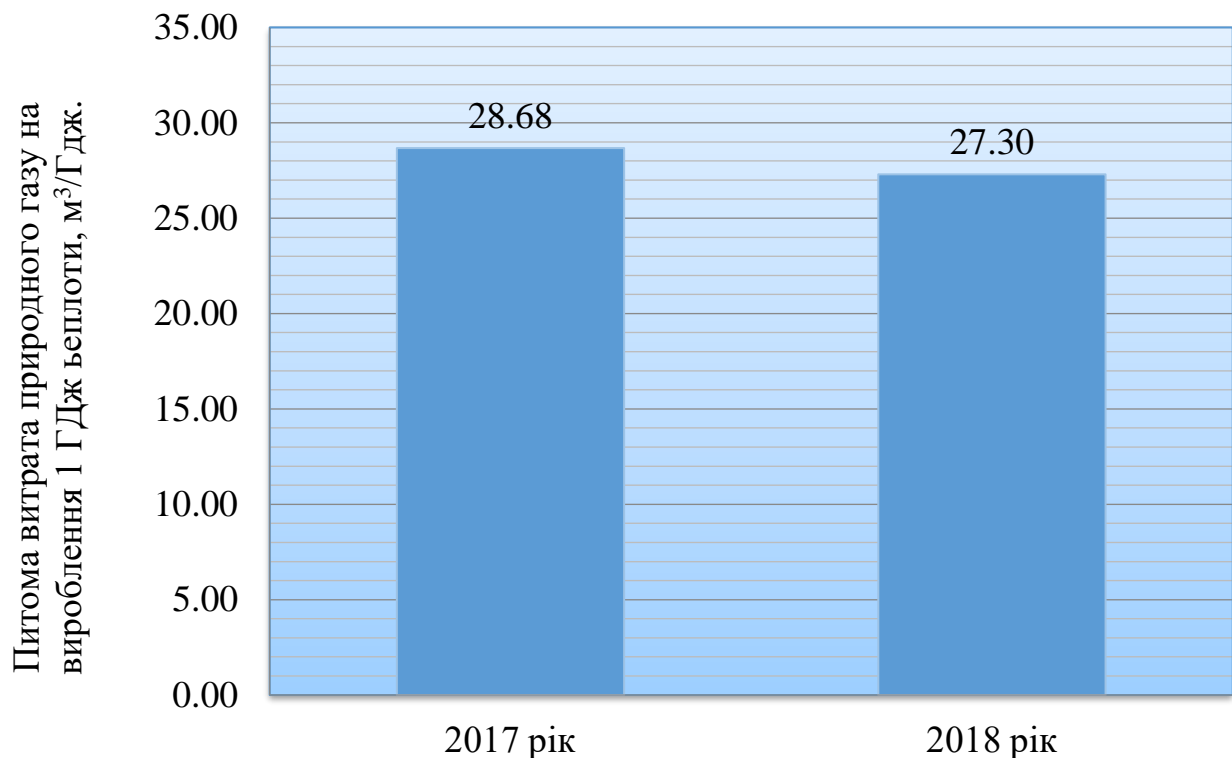


Рисунок 1.5 – Відпуск теплової енергії в мережу котельнею за 2017-2018 р.р

Питома витрата природного газу на вироблення 1 ГДж теплоти за 2017-2018 роки представлена в таблиці 1.11 та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.12 – Питома витрата природного газу на відпуск 1 ГДж теплової енергії за 2017-2018 р.р

2017 рік			2018 рік		
Відпуск теплоти, ГДж	Споживання природного газу, тис. м ³	Питома витрата природного газу, м ³ /ГДж	Відпуск теплоти, ГДж	Споживання природного газу, тис. м ³	Питома витрата природного газу, м ³ /ГДж
63213,3	2110,31	26,68	57186,8	1817,065	27,3



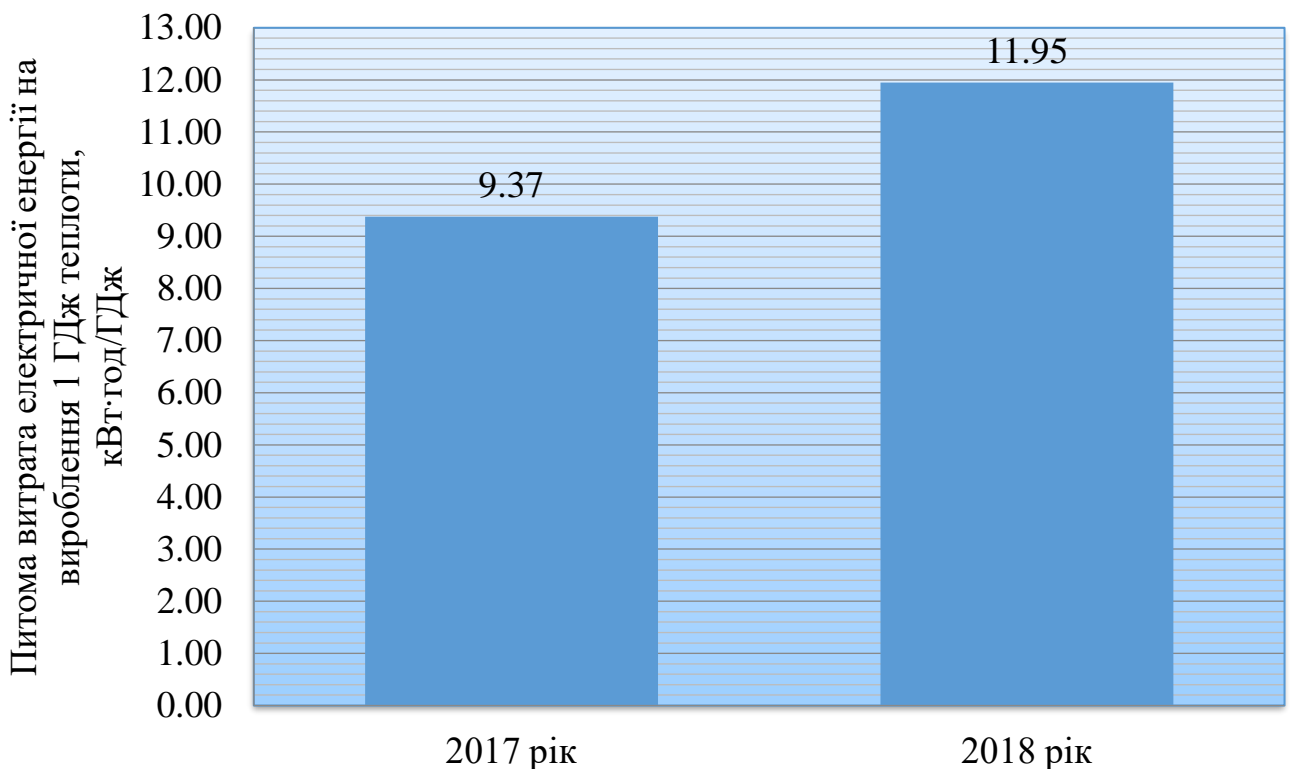
Рисунком 1.6 – Питома витрата природного газу на вироблення 1 ГДж теплової енергії за 2017-2018 р.р

На рисунку 1.6 видно, що в 2018 році питома витрата природного газу на вироблення теплової енергії менше, ніж у 2017 році. Зниження питомої витрати зумовлене як зменшенням відпуску теплової енергії, так і зменшенням витрати палива.

Питома витрата електричної енергії на вироблення 1 ГДж теплоти за 2017-2018 роки представлена в таблиці 1.13 та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.13 - Питома витрата електричної енергії на вироблення 1 ГДж теплової енергії за 2017-2018 р.р

2017 рік			2018 рік		
Відпуск теплової енергії, ГДж	Споживання електричної енергії, тис. кВт·год	Питома витрата електричної енергії кВт·год/ГДж	Відпуск теплоти, ГДж	Споживання електричне енергії, тис. кВт·год	Питома витрата електричної енергії кВт·год/ГДж
63213,3	689,87	9,37	57186,8	795,436	11,95



Рисунком 1.7 - Питома витрата електричної енергії на вироблення 1 ГДж теплової енергії за 2017-2018 р.р

На рисунку 1.7 видно, що питома витрата електричної енергії на вироблення 1 ГДж теплоти тримається на рівні (9...12) кВт·год/ГДж. В 2018 році спостерігається зростання цієї величини. Це пов'язано зі збільшенням споживання електричної енергії.

Питома витрата питної води на відпуск 1 ГДж теплової енергії за 2017-2018 р.р представлена в таблиці 1.14 та на рисунку 1.8.

Таблиця 1.14 – Питома витрата води на відпуск 1 ГДж теплової енергії за 2017-2018 роки

2017 г.			2018 г.		
Відпуск теплової енергії, ГДж	Споживання води, м ³	Питома витрата води, м ³ /ГДж	Відпуск теплоти, ГДж	Споживання води, м ³	Питома витрата води, м ³ /ГДж
63213,3	23093	0,37	57186,8	27900	0,49

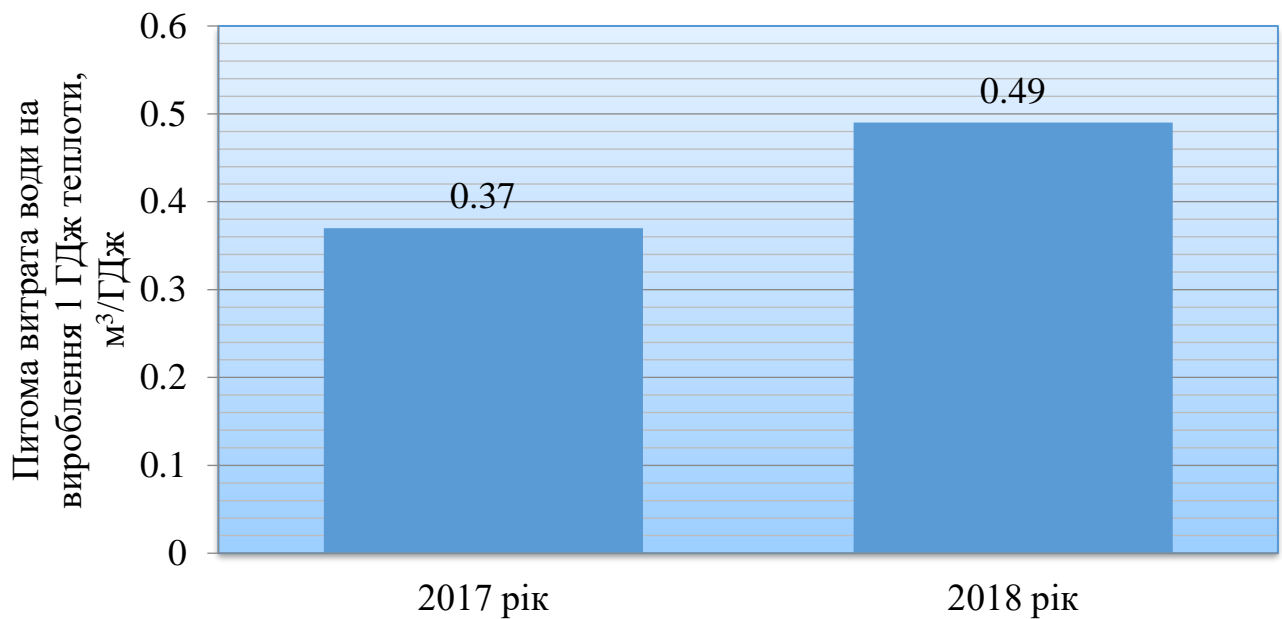


Рисунок 1.8 - Питома витрата води на відпуск 1 ГДж теплової енергії за 2017-2018 р.р

В 2018 році спостерігається збільшення питомої витрати води на відпуск 1 ГДж теплової енергії. Це пов'язано зі збільшенням споживання питної води.

1.5.3 Аналіз споживання електричної енергії

Електроспоживаюче обладнання та споживання електричної енергії.
Основними споживачами електричної енергії на котельній є електричні двигуни насосів та тяго-дутьтєве обладнання.

Споживання електричної енергії на котельній за 2017-2018 роки представлено в таблиці 1.15 Графічне представлення таблиці 1.15 зображено на рисунку 1.9.

Таблиця 1.15 – Споживання електричної енергії котельною за 2017-2018 р.р

Рік	Одиниця вимірювання	Значення
2017	кВт·год	689,87
2018	кВт·год	795,436

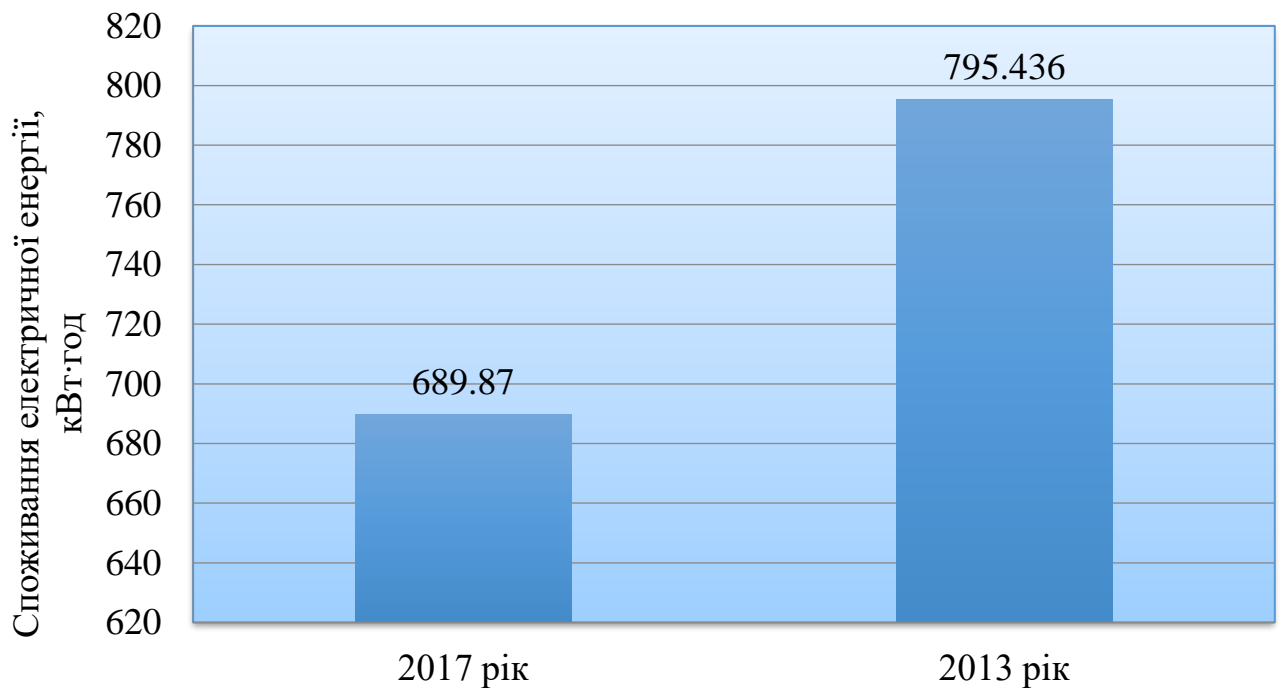


Рисунок 1.8 - Споживання електричної енергії котельною за 2017-2018 р.р

Власні джерела електричної енергії на котельній відсутні. Електрична енергія використовується переважно для живлення електродвигунів насосів, тягодуттьового обладнання, на потреби контрольно-вимірювальних приладів та на штучне освітлення.

Розділення споживання електричної енергії по групам обладнання та окремим установкам. Хоча доля споживання електричної енергії в т.у.п. в загальному споживання котельною невелика (4,42 %), в витратах котельною на ПЕР її доля істотна – 21,55 %, що складає близько 969,4 тис. грн. в рік. До того ж

повсюдної специфікою теплопостачальних організацій є те, що ефективності споживання палива приділяється велика увага - постійний контроль ККД котла, регулярне проведення налагодження котла, оновлення режимних карт, чого зазвичай не можна сказати про контроль за споживанням електроенергії. Як правило, насосне та дуттєве обладнання встановлювалося в той період, коли практично єдиним чинником, що впливає на вибір обладнання, була надійність роботи, запас по продуктивності і тиску зазвичай був необґрунтовано великим. Необхідно також врахувати, що з часом навантаження і режими роботи котельні часто істотно змінюються, і якщо наявне обладнання справляється зі своїми функціями, то проблема відповідності його потужності та продуктивності необхідним навантаженням, як правило, не впадає в очі, і для її вирішення необхідний детальний аналіз, який проводиться спеціалізованою організацією. Виходячи з сказаного, був проведений детальний аналіз ефективності електроспоживаючого обладнання.

За опалювальний період 2013-2014 р. р. котельні відпущено – 60348,6 ГДж теплоти, а витрата електроенергії склала 818,0 МВт·год (з урахуванням транспортування, тобто підвищувальних насосів); питома витрата електроенергії склала 11,95 кВт·год/ГДж. В цілому ця питома витрата має високе значення. В таблиці 1.16 наведено список, наявного електрообладнання на котельні із зазначенням годин роботи в день та за рік. Для основного обладнання були зроблені виміри струмових навантажень, на підставі яких була визначена споживана потужність. Виходячи з часу роботи, визначено річний витрата кожної одиниці обладнання і частка у відсотках від загальних витрат.:

- споживання по розрахунку - 846,7 тис. кВт·год/рік;
- фактичне споживання енергії - 818,0 тис. кВт·год/рік;
- розбіжність – 5,1 %.

За основу в цьому розподіленні були взяті виміри струмів споживання всім великим електроспоживаючим обладнанням на котельні. Потім ці дані зіставлялися з даними комерційного обліку споживання електричної енергії. У розрахунку визначалося добове і річне споживання всіма працюючими

агрегатами на підставі вимірів струмів, а також споживання допоміжного обладнання шляхом оцінки, виходячи з потужності обладнання, коефіцієнта завантаження (або коефіцієнта попиту) і часу роботи. В результаті порівняння результатів розрахункового і фактичного споживання отримали нев'язку результатів по котельні 5,1 %. Малі значення цієї розбіжності підтверджує адекватність значень проведеного розподілення, причому на самій котельні розрахункове і фактичне значення електроспоживання збігаються, а різниця в 30 тис. кВт·год має місце на підвищувальних насосів - можливо середньорічні струмові навантаження менше тих навантажень, які були зафіксовані в момент вимірів.

Аналізуючи отримані значення, бачимо, що найбільша частина споживання припадає на мережні насоси – 33,4 % від загальної річної витрати, але частина споживання підвищувальними насосами також має велике значення. Наступними по значущості йдуть живильні насоси – 23,9 %, потім димососи – 4,5 %. Споживання підживлюючого насосу та вентиляторів приблизно однакове – 3,5 % та 3,2 % відповідно. На освітлення припадає близько 1 %.

Таблиця 1.16 – Розділення споживання електроенергії по котельній (на основі замірів токових навантажень)

Найменування	Тип	Витрата, м³/год	Напір, м	Р	N	Робота на момент замірів	I _{роб.} , А	Напруга, В	К загр.	Спожива- ння, кВт·год	Час роб., год/дів	Спожив. за добу., кВт·год	Час роботи, дів/рік	Спожив. за рік., тис. кВт·год	% від суми
				кВт	об/ хв										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Обладнання															
Мережн. н-с №1	Д500-63	500	63	75	1500	працював	120	380		67,05	24	1609,32	186	299,33	35,35
Мережн н-с №2	Д500-63	500	63	90	1500			380			24		186		
Мережн н-с №3	Д500-63	500	63	90	1500			380			24		186		
Підживлююч. н-с 1	К-20/30	20	30	4,5	3000	працював	12	380		6,71	24	160,93	186	29,93	3,54
Підживлююч. н-с 2	К-20/30	20	30	4,5	3000			380			24		186		
Підвищувальн. н-с 1	К-80/50	50	50	5,5	3000			380			24		186		
Насос сир. води	НГЦ45/55	45	55	7,5	3000			380			24		186		
Живильн. насос	ЦНСГ 60-198	60	198	55	3000	працював	75	380		41,91	24	1005,82	186	187,08	22,10
Живильн.. насос	ЦНСГ 60-198	60	198	55	3000		75	380		41,91	24	1005,82	15	15,09	1,78
Димосос №1	ДН-10	20400	270	18,5	1000	працював	14	380		7,82	24	187,75	186	34,92	4,12
Димосос №2	ДН-10	20400	270	18,5	1000		14	380		7,82	24	187,75	15	2,82	0,33
Вентилятор 1	ВДН-8	10000	172	11	1000	працював	10	380		5,59	24	134,11	186	24,94	2,95
Вентилятор 2	ВДН-8	10000	172	7,5	1000		10	380		5,59	24	134,11	15	2,01	0,24
Сольовий насос				15	3000			380			24		186		
Сольовий насос				17	3000			380			24		186		
Станок для заточування				2,2	3000			380	0,2	0,44	1	0,44	186	0,08	0,01
Свар. апарат				11				380	0,2	2,20	0,5	1,10	186	0,19	0,02
Всього обладнання								330		187,04		4427,16		596,40	70,44

Продовження таблиці 1.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ЦТП															
Підвищ. насос	К 90/40			30			50	380		26,95	24	646,88	186	120,32	14,21
Підвищ. насос	К 90/41			30			50	380		26,95	24	646,88	187	120,97	14,29
Всього ЦТП							100			53,91		1293,76		241,29	28,50
Освітлення															
Внутрішнє освітлення	Люмінесцентні	27 шт.						220	1	0,54	12	6,48	186	1,14	0,13
	Розжарювання	50 шт.		0,1			0,45	220	0,7	5,00	12	60,00	186	7,39	0,87
Зовнішнє освітлення	Ртутні							220			12		365		
	Розжарювання	1 шт.		0,1			0,45	220	1	0,10	12	1,20	365	0,44	0,05
Всього освітлення							0,90			5,64		67,68		8,97	1,06
Всього по котельній							430,9			246,59		5788,60		846,66	100,00

1.6 Споживачі теплової енергії

Котельня працює на потреби опалення. Споживачі теплової енергії представлені трьома категоріями:

- населення;
- бюджетні організації;
- інші споживачі.

Фактичне розподілення реалізованої теплоти між категоріями споживачів представлено в таблиці 1.17 та на рисунку 1.10

Таблиця 1.17 – Фактичне річне розподілення реалізованої теплоти між категоріями споживачів за 2018 рік

Категорія споживачів	Одиниця вимірювання	Кількість теплоти
Населення	ГДж (Гкал)	42008,4 (10025,87)
Бюджетні організації	ГДж (Гкал)	7420,5 (1771,01)
Інші споживачі	ГДж (Гкал)	379,7 (90,62)
Всього по котельній	ГДж (Гкал)	49808,6 (11887,50)

В таблиці 1.18 представлено відсоткове співвідношення навантажень виходячи з фактичного річного розподілення реалізованої теплоти.

Таблиця 1.18 - Фактичне річне розподілення реалізованої теплоти між категоріями споживачів за 2018 рік

Категорія споживачів	Одиниця вимірювання	Значення
Населення	%	84,34
Бюджетні організації	%	14,90
Інші споживачі	%	0,76
Всього по котельній	%	100

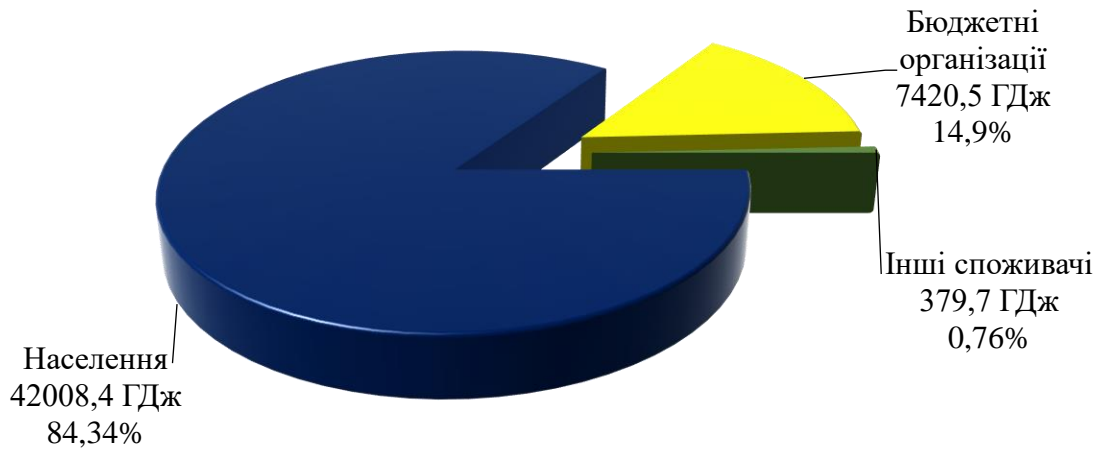


Рисунок 1.10 – Фактичне річне розподілення реалізованої теплоти між категоріями споживачів за 2018 рік

Таким чином, на основі отриманих даних можна зробити висновок, що найбільше теплове навантаження припадає на категорію населення.

З таблиць та діаграми видно, що котельня в основному орієнтована на тепlopостачання категорій населення – 84,43 %. Залишок теплової енергії витрачається на тепlopостачання бюджетних та інших споживачів. Вартість теплової енергії для бюджетних та інших споживачів однакова.

2 ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Аналіз системи теплопостачання

2.1.1 Джерело генерації теплової енергії

Сумарна встановлена теплова потужність котельної $Q_{\text{кот}} = 22,7$ МВт.

Джерелом теплової енергії в системі теплопостачання являються три парові котли ДКВР-6,5/13 №1,2,3 тепловою потужністю $Q_{\text{р}} = 7,57$ МВт.

Приєднане розрахункове теплове навантаження споживачів $Q_{\text{р.нав}} = 9,56$ МВт.

Коефіцієнт використання обладнання

$$k = \frac{Q_{\text{р.нав}}}{Q_{\text{кот}}} = \frac{9,56}{22,7} = 0,42.$$

Затверджений температурний графік роботи котельної на опалювальний період $\Delta t = 95-70$ °С.

В якості палива використовується природний газ.

Система теплопостачання котельної – замкнута, двотрубна. Послуга централізованого відпуску ГВП в системі відсутня.

Для системи теплопостачання характерна робота по якісному методу регулюванню відпуску теплоти, тобто зміні температури теплоносія при відносно постійній його витраті.

На тепловій системі від котельної встановлені два ЦТП з підвищуючими насосами.

На виводі із котельної в зовнішню теплову мережу встановлений вузол технічного обліку теплової енергії. Пристрій обліку знаходиться в робочому стані і використовується для ведення статистики по відпуску теплової енергії.

2.1.2 Мережі транспортування теплової енергії

Транспортування теплоносія споживачам на потреби опалення здійснюється через зовнішні теплові мережі (ЗТМ), які знаходяться на балансі підприємства.

Характеристика теплової мережі:

- теплові мережі мають загальну протяжність 5,49 км в двотрубному численні. Діапазон зміни діаметрів трубопроводів ЗТМ знаходиться в межах від 40 мм до 250 мм (за умовного проходу);
- прокладка теплових мереж підземна в непрохідних каналах;
- основний тип теплової ізоляції трубопроводів – мати мінераловатні на синтетичному сполученні с покривним шаром руберойду;
- теплові вводи споживачів приєднані до ЗТМ котельної по безпосередній схемі;
- нормативні витрати теплоносія для даної теплової мережі складають - 264,02 м³/місяць;
- об'єм теплової мережі – 144,34 м³;
- сумарний об'єм внутрішніх систем тепло споживання – 159,99 м³;
- об'єм системи тепlopостачання – 304,44 м³.

Компенсація теплових розширень здійснюється природніми кутами повороту траси. Глибина залягання осі трубопроводів для підземної прокладки (1,5...2) м.

Матеріальна характеристика зовнішніх теплових мереж опалення котельної приведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Матеріальна характеристика зовнішніх теплових мереж опалення котельної

Умовний діаметр, мм	Протяжність, м	Вид прокладки	Глибина закладення, м	Тип ізоляції	Товщина ізоляції, мм
40	82	підземна	1,5...2	Мін. вата, руберойд	60
50	774,5	підземна			
65	927	підземна			
80	719,5	підземна			
100	606,5	підземна			
125	1004	підземна			
150	834	підземна			
200	957	підземна			
250	40	підземна			
	5944,5				

2.1.3 Споживачі теплової енергії

Споживачами теплової енергії в системі тепlopостачання котельної є житлові будинки, бюджетні організації і заклади, комунальні підприємства.

Серед споживачів теплової енергії на потреби опалення виділяють наступні групи:

- I група – населення (8,07 МВт);
- II група – бюджетні заклади (1,41МВт);
- III група – інші споживачі (0,7 МВт).

На час проведення аудиту котельної тариф на теплову енергію для бюджетних та інших споживачів однаковий.

Загальна кількість споживачів, підключених до централізованої системи теплопостачання котельної, складає 52 одиниці. Дані про споживачів з тепловими лічильниками відсутні.

Перелік споживачів із зазначенням приєднаної розрахункової теплового навантаження на опалення і станом приладів комерційного обліку теплової енергії на вводах абонентів наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Перелік споживачів із зазначенням приєднаної розрахункової теплового навантаження на опалення і станом приладів комерційного обліку теплової енергії на вводах абонентів.

Адреса споживача	Етажність	Будівельний об'єм, м ³	Кількість (номер) теплових вводів	Розрахункове навантаження на опалення, Гкал/год	Елеватор (№ елеватора, Ду сопла)	Наявність пристрою обліку теплової енергії
1	2	3	4	5	6	7
Штаб № 275	2	2490	1	0,047565	№3,Ø11	Відсут.
Штаб № 275	2	2490	1	0,047565		Відсут.
Штаб № 52	1	3088	1	0,061298		Відсут.
Штаб № 53	1	2985	1	0,051531		Відсут.
Клуб 44ГДО	2	13230	1	0,189179		Відсут.
Гвардійська, 28	5	13184	1	0,206486		Відсут.
Гвардійська, 25	5	13095	1	0,297297		Відсут.
Гвардійська, 26	5	12576	1	0,297297		Відсут.
			1	0,100903		Відсут.
			2	0,100903		Відсут.
Гвардійська, 29	5	13184	3	0,100903		Відсут.
Гвардійська, 29	5	13184	1	0,206486		Відсут.

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7
Гвардійська, 22	5	12166	1	0,206514		Відсут.
Гвардійська, 24	5	13095	1	0,297297		Відсут.
Гвард. 26/1 Д/с №8	2	4438	1	0,112432		Відсут.
Гвардійська, 23	5	13095	1	0,297297		Відсут.
Гвард. 5/1 НШ №2	2	4666	1	0,121621		Відсут.
Гвардійська, 15	4	5864	1	0,109885		Відсут.
Гвардійська, 1	3	6839	1	0,131680		Відсут.
Гвардійська, 4	3	6544	1	0,131680		Відсут.
Гвардійська, 9	3	6972	1	0,131680		Відсут.
Гвардійська, 8	3	6972	1	0,131680		Відсут.
Гвардійська, 5	3	6972	1	0,131680		Відсут.
Гвардійська, 6	3	6972	1	0,131680		Відсут.
Гвардійська, 7	3	6972	1	0,131680		Відсут.
Гвардійська, 16	4	5755	1	0,109885		Відсут.
Гвардійська, 13	4	9930	1	0,179511		Відсут.
Гвардійська, 14	4	9930	1	0,179511		Відсут.
Гвардійська, 11	4	10331	1	0,179511		Відсут.
Гвардійська, 12	2	1256	1	0,049316		Відсут.
Гвардійська, 10	3	6773	1	0,131680		Відсут.
Гвардійська, 2	2	3938	1	0,049690		Відсут.
Гвардійська, 3	3	3938	1	0,044041		Відсут.
Штаб № 31	2	4650	1	0,095489		Відсут.
Столова технічна	2	7200	1	0,113478		Відсут.
Штаб № 162	1	1873	1	0,038463		Відсут.
Завполіт. № 3	1	1833	1	0,038668		Відсут.
Штаб № 163	1	2273	1	0,052981		Відсут.
Гурт.1 № 39	2	4424,3	1	0,076620		Відсут.
Гурт.2 № 40	5	9487,1	1	0,221903		Відсут.
Тренажерна	1	4714	1	0,095482		Відсут.
Штаб № 198	1	5432	1	0,112780		Відсут.
БАНЯ № 247	1	1018	1	0,014529		Відсут.
Гвардійська, 31	5	14251	1	0,209795		Відсут.
Гвардійська, 32	5	14251	1	0,206486		Відсут.
Гвардійська, 30	5	14251	1	0,206164		Відсут.
Гвардійська, 33	5	16125	1	0,252500		Відсут.
Гвардійська, 35	5	16125	1	0,252500		Відсут.
Гвардійська, 34	5	16125	1	0,270000		Відсут.
Гвардійська, 36	5	19188	1	0,270000		Відсут.

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7
Гвардійська, 21	5	12166	1	0,206514		Відсут.
КПП № 304	1	357	1	0,007331		Відсут.
Гвардійська, 19	5	12166	1	0,206514		Відсут.
Гвардійська, 18	5	12166	1	0,206514		Відсут.
Гвардійська, 17	4	7003	1	0,159578		Відсут.
Гвардійська, 20	5	12166	1	0,206514		Відсут.

2.1.4 Теплові вводи споживачів

Теплові вводи споживачів приєднані до зовнішньої теплової мережі котельні по безпосередній схемі з застосуванням змішувальних пристроїв - водоструминних елеваторів зважаючи на роботу котельні по температурному графіку $\Delta t=95-70$ °С.

Абонентські теплові вводи споживачів, як правило, не оснащені достатньою кількістю контрольно-вимірювальних приладів (КВП). Часто відсутні гільзи для термометрів і штуцери для манометрів. Із-за цього вести верифікацію теплового та гідравлічного режиму місцевих систем опалення досить важко.

За результатами проведеного енергетичного обстеження в частині аналізу роботи системи теплопостачання котельні можна зробити наступні висновки:

– рекомендації служби наладки підприємства споживачами тепла виконувалися не в повній мірі. Фактичний витрата теплоносія $G_{\text{факт.}} = 345$ т/год проти розрахункового значення $G_{\text{рознр.}} = 328,7$ т/год (по температурному графіку $\Delta t= 95-70$ °С);

– відсутність контролю за станом обладнання на теплових вводах споживачів (теплові вводи відносяться до ведення споживачів), відсутність у них кваліфікованого персоналу для обслуговування, призводить до роботи внутрішніх систем опалення в не розрахунковому режимі, що в результаті відображається у збільшенні витрати теплоносія і збільшеним втрат напору в теплових мережах;

– відсутність засобів обліку тепла на теплових вводах споживачів призводить до відсутності економічної зацікавленості споживача економити теплову енергію;

– відсутність робіт по гідропневматичній промивці систем теплового споживання, що призводить до збільшення гідравлічного опору внутрішніх систем і в ряді випадків до не прогріву найбільш віддалених від теплового вводу стояків систем опалення. Проектом було передбачено елеваторне приєднання споживачів за залежною схемою. Однак із-за того, що споживачі тепла розглянутої зони теплопостачання в своїй більшості старої забудови, внутрішні системи опалення експлуатуються понад 40 років та мають великий гідравлічний опір (елеватор може працювати при опорі місцевої системи не більше 1,5 м вод. ст.), мають місце недогриви стояків, найбільш віддалених від теплового вводу. При збільшенні гідравлічного опору внутрішньої системи теплового споживання різко зростає необхідний наявний напір на тепловому вводі, підвищення якого у багатьох випадках не вдається досягти через розлагодження всієї зовнішньої системи теплопостачання. Виходячи з цього на деяких елеваторних вузлах демонтовані або заглушене підмішування. Тепловіддача нагрівальних приладів у таких будівлях вкрай низька;

– має місце перегрів споживачів під час надання послуги опалення в теплі дні опалювального періоду, внаслідок відсутності вузлів регулювання теплового потоку з погодної корекцією на теплових вводах абонентів;

– понаднормативні витоки частково припадають на організовані зливи з зворотного трубопроводу місцевих систем опалення з метою забезпечення циркуляції теплоносія в системі опалення, що вказує на розлагодження системи і порушення гідравлічної збалансованості централізованої системи теплопостачання, а також несанкціонованому використанні мережевої води на господарсько-побутові потреби;

– розвідні трубопроводи теплових мереж, прокладені в каналах, схильні до дії ґрунтових вод, розташованих близько до поверхні землі.

Більшість недоліків, виявлених під час проведення обстеження Підприємства є характерними для вітчизняних систем централізованого теплопостачання.

З метою усунення зазначених вище недоліків системи теплопостачання та підвищення її техніко-економічних показників необхідно провести і впровадити наступні заходи:

– модернізація абонентських теплових вводів є ключовим заходом щодо підвищення енергоефективності системи теплопостачання котельні. Рекомендується виконати модернізацію теплових вводів всіх споживачів теплової енергії, а саме, оснащення їх вузлами обліку теплової енергії з автоматичною передачею даних. Обчислювач лічильника обладнаний пристроєм для передачі даних через GSM зв'язок у форматі GPRS. Інформація формується обчислювачем у форматі таблиць Excel. Документування на сервері відбувається також у вигляді електронних таблиць. При передачі даних чотири рази на добу річні експлуатаційні витрати по одному лічильнику складуть близько (20...25) грн/міс.;

– ремонт арматури вузлів вводу тепла з встановленням дросельних діафрагм з центральним отвором розрахункового діаметра (згідно «Відомості звужуючих пристроїв споживачів» заснованої на даних гідравлічного розрахунку системи теплопостачання);

– проведення комплексної наладки системи теплопостачання по всіх без винятку ділянках системи теплопостачання (генерація - транспорт - споживання теплової енергії).

Проведення робіт по налагодженню теплового та гідравлічного режиму роботи системи теплопостачання дозволить досягти таких переваг:

- зменшення витрат мережної води в теплових мережах;
- зменшення витрат електроенергії на перекачування теплоносія;
- підвищення гідравлічної стійкості системи теплопостачання;
- поліпшення якості надання послуг абонентам, які підключених до теплової мережі.

Таким чином, при розрегульованій системі теплопостачання, температура мережної води в зворотному трубопроводі, як один з основних показників режиму відпуску та споживання теплової енергії в системі теплопостачання в основному перевищує розрахункові значення, тоді як в подавальному трубопроводі практично у всіх інтервалах опалювального сезону характеризується зниженими значеннями щодо прийнятого температурного графіка центрального якісного регулювання відпуску теплової енергії. Слід зазначити, що втрати напору по тепловій мережі визначаються квадратичною залежністю від витрати мережної води [13]

$$\left(\frac{G_{\phi}}{G_p}\right)^2 = \frac{\Delta H_{\phi}}{\Delta H_p},$$

де G_{ϕ} , G_p – фактична та розрахункова витрата води в тепловій мережі відповідно, кг/с;

ΔH_{ϕ} , ΔH_p – фактичний та розрахунковий перепад тиску в подавальному та зворотному трубопроводі теплової мережі відповідно, Па.

Тобто, при збільшенні фактичного витрати мережевої води в 2 рази відносно розрахункового значення втрати напору по тепловій мережі збільшуються в 4 рази, що призводить до неприпустимо малих наявних натисків на теплових вузлах найбільш віддалених споживачів і, отже, до недостатнього теплопостачання цих споживачів.

Головним заходом, який може бути запропоновано для оптимізації системи теплопостачання, є налагодження гідравлічного і теплового режимів системи теплопостачання. Технічна сутність цього заходу полягає в розподілі потоку в системі теплопостачання виходячи з розрахункових (тобто відповідних приєданого теплового навантаження та обраним температурному графіку) витрат мережної води для кожної системи теплового споживання. Це досягається установкою на вводах у системи теплового споживання відповідних дроселюючих і змішувальних пристроїв, розрахунок яких проводиться виходячи

з розрахункового перепаду тисків на кожному тепловому вводі, який розраховується виходячи з гідравлічного і теплового розрахунку всієї системи теплопостачання.

Склад, структура, характеристики, стан основного обладнання котельної та трубопроводів теплових мереж, в нашому випадку, дозволяють розраховувати на забезпечення ефективної роботи всієї системи Котельня - Споживачі. Таким чином, технічно і економічно обґрунтованим представляється розвиток системи теплопостачання від котельні за рахунок поліпшення її якісних показників - перепадів тиску, збільшення перепаду температур (теплопередачі), що неможливо без кардинального скорочення витрат теплоносія в системах теплового споживання 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 вводах споживачів;
- поліпшення температурного режиму роботи системи теплопостачання, тобто використання в більшій мірі температурного потенціалу теплоносія;
- для котельні - витримування параметрів режиму теплопостачання на рівні, регламентованих ПТЕ теплових установок і мереж.

Економічну ефективність робіт по оптимізації режиму роботи системи теплопостачання можливо досягти скороченням витрат палива за рахунок ліквідації перегріву систем теплового споживання, скорочення витрат електроенергії на перекачування теплоносія за рахунок зниження питомої витрати мережної води, скорочення капітальних витрат на розвиток системи у випадку приєднання нових споживачів, оскільки створюється технічна можливість приєднання без додаткових капіталовкладень в магістральні мережі і джерело теплоти.

2.1.5 Двоставочний тариф

Існуюча в даний час система розрахунків між постачальниками та споживачами (насамперед населенням) теплової енергії за одноставковим

тарифом є рудиментом «витратної» економіки і 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, що забезпечують його нормальне функціонування, створюючи проблеми, пов'язані з оподаткуванням і викликаючи необхідність залучення кредитних коштів. Положення посилюється при установці споживачем приладів обліку теплової енергії, частка яких постійно зростає. Після установки теплових лічильників протягом міжопалювального періоду (в Україні - 6 місяців і більше) кошти від споживачів або взагалі не надходять (при відсутності централізованого гарячого водопостачання), або надходження становлять не більше (25...30) % від середньомісячного значення. Таке положення часто приводить до використання кредитних ресурсів в період підготовки до зими і, в результаті, здорожує послуги теплопостачання.

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

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

Оплата по першій частині тарифу повинна компенсувати умовно-постійну частину витрат на виробництво, транспортування та розподіл теплової енергії і забезпечувати рентабельність господарської діяльності теплопостачальної організації; по другій - умовно-змінну частину витрат, яка залежить від фактично спожитої теплової енергії.

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

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

2.2 Визначення ефективності котлів

Від ефективності роботи котельного обладнання залежить ефективність роботи котельної. Всі котли на котельній працюють по режимним картам (див. рис. 2.1).

На момент обстеження котельної в роботі знаходився водогрійний котел ДКВР-6,5/13 №1. При цьому проводились заміри складу відхідних газів з котлів за допомогою газоаналізатору TESTO 330-2LL. По результатам вимірів по методиці Равіча [14] розрахований фактичний ККД котла. Результати вимірів та розрахунків зведено в таблицю 2.3.



РЕЖИМНАЯ КАРТА
работы котлоагрегата типа ДКВР – 6,5 / 13, стая. № 1 установленного
на котельной КП "Жилсервис - Авиат" МГСЗО г. Мелитополь ул. Гвардейская, 38

№	Наименование параметра	Обознач.	Размерность	Нагрузка в %				
				53,8	69,2	84,6	100,0	
Основные показатели								
1	Паропроизводительность по прибору	$D_{пл}$	т/ч	3,5	4,5	5,5	6,5	
2	Паропроизводительность действительная	$D_{дл}$	т/ч	3,3	4,3	5,3	6,2	
3	Давление пара в барабане котла	$P_б$	кгс/см ²	9,0	9,0	9,0	9,0	
4	Температура питательной воды	до экономайзера	$t_{пв}^I$	°C	102	102	102	102
		после экономайзера.	$t_{пв}^I$	°C	150	150	150	150
5	Давление питательной воды	$P_{пв}$	кгс/см ²	10,0	10,0	10,0	10,0	
6	Расход продувочной воды	$G_{пр.}$	т/ч	0,20	0,26	0,31	0,37	
Топливо								
7	Расход газа по прибору	V_r	м ³ /ч	255	330	405	480	
8	Давление газа перед котлом	P_k	кгс/см ²	0,05	0,05	0,05	0,05	
9	Давление топлива на горелках	P_T^I	кгс/м ²	40	60	80	110	
10	Количество работающих горелок	n	шт.	2	2	2	2	
Воздух								
11	Давление воздуха после вентилятора	$P_{вв}$	кгс/м ²	15	20	30	40	
12	Давление воздуха перед горелками	$P_{п}$	кгс/м ²	10	15	25	35	
13	Температура воздуха для горения	$t_{хв}$	°C	26	26	26	26	
Контрольные параметры								
14	Разрежение в топке	S_T	кгс/м ²	-3,5	-3,5	-4,0	-5,0	
15	Температура уходящих газов	за котлом	$t_{ух.г}^k$	°C	218	223	235	246
		перед дымососом	$t_{дым.}$	°C	115	121	133	148
16	Состав уходящих газов перед дымососом	3-хатомные газы	RO_2^{II}	%	8,7	8,9	8,6	8,8
		кислород	O_2^{II}	%	5,5	5,2	5,7	5,3
		окись углерода	CO^{II}	%	0,0020	0,0012	0,0015	0,0016
17	Коэффициент избытка воздуха перед дымососом	α_k		1,32	1,29	1,33	1,31	
Технико – экономические показатели								
18	Потери тепла с уходящими газами	q_2	%	4,76	4,98	5,75	6,42	
19	Потери тепла от химнедожега	q_3	%	0,008	0,005	0,006	0,006	
20	Потери тепла в окружающую среду	q_5	%	4,47	3,47	2,84	2,41	
21	К.П.Д. котла	$\eta^{пр}$	%	90,8	91,5	91,4	91,2	
22	Теплопроизводительность котла	$Q_{пр}^k$	Гкал/час	1,89	2,44	2,98	3,52	
23	Удельный расход условного топлива на 1 Гкал выработанного тепла	V_y^y	кг у.т./Гкал	157,3	157,4	158,0	158,5	
Экологические показатели								
24	Удельные выбросы относительно теплопроизводительности	оксида углерода	$B_{уст}^{COI}$	г/Гкал	39,543	23,075	29,838	31,089
		оксидов азота	$B_{уст}^{NOxII}$	г/Гкал	97,275	85,146	94,607	108,345
25	Теплота сгорания газа	Q_n^p	ккал/кг	8130	8130	8130	8130	

СОСТАВИЛ: ЧП Петряник Е.Д.



2011 г.

-23-

Рисунок 2.1 – Режимная карта котла ДКВР-6,5-13

Таблиця 2.3 – Результати замірів складу відхідних газів котельного агрегату ДКВР-6,5/13 №1

Параметр	Значення
O ₂ , %	16,2
CO, %	11
CO ₂ , %	2,72
Температура відхідних газів t _г , °C	113,2
Температура холодного повітря t _в , °C	20,9
Зміна об'єму сухих продуктів горіння порівняно з с теоретичним h, ppm	48
Коефіцієнт надлишку повітря α	4,38
Втрати тепла від хімічної неповноти згорання q ₃ , %	0,01
Втрати тепла з відхідними газами q ₂ , %	13,5
Номінальна теплопродуктивність, МВт	7,57
Фактична теплопродуктивність, МВт	4,01
Номінальні втрати тепла в навколишнє середовище, q _{5 ном} , %	2,38
Втрати тепла в навколишнє середовище q ₅ , %	2,71
ККД тепла фактичний, %	83,78
ККД котла по режимній карті, %	90,8

Порівняння фактичного ККД котла та ККД по режимній карті графічно представлено на рисунку 2.2.

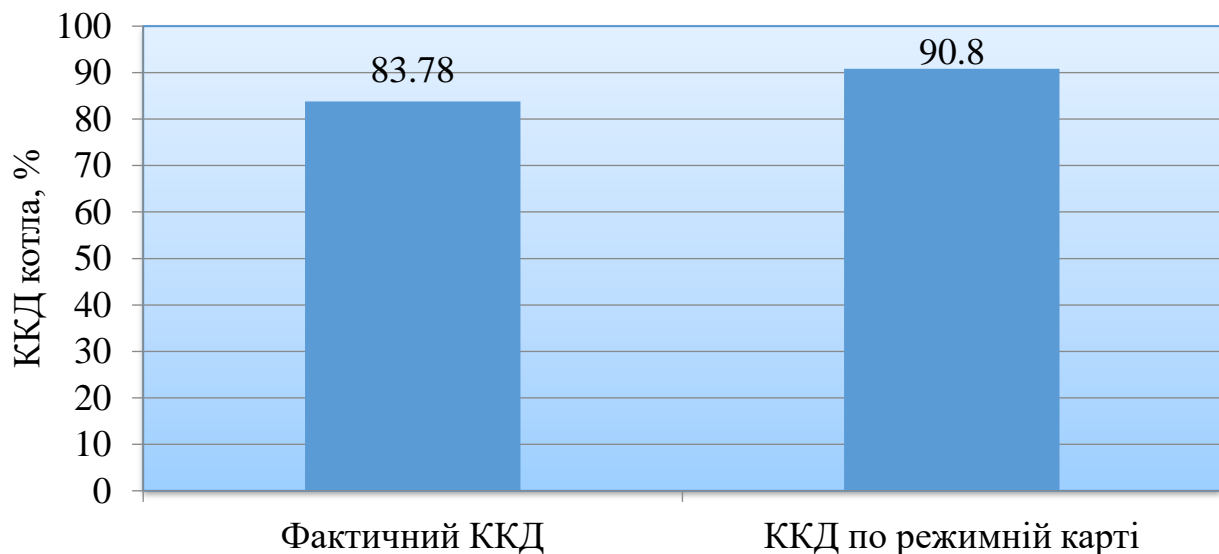


Рисунок 2.2 – Порівняння фактичного ККД котла та ККД по режимній карті

Аналізуючи таблицю 2.3 видно, що розраховані значення ККД по зворотному балансу нижче, ніж по режимній карті котла. Основною причиною нижчого КПД у порівнянні з режимною картою є те, що котел працює з високим коефіцієнтом надлишку повітря. Це призвело до збільшення втрат з відхідними газами – 13,5 % (режимна карта – 4,76 %). При цьому, економайзер котла майже не виконує своїх функцій. Також є зауваження до режимної карти, яка не забезпечує ефективність роботи котла.

Котел ДКВР-6,5/13 працює дуже погано. Фактичний ККД котла 83,78 %. Зважаючи на це є необхідним розглянути питання про заміну парового котла ДКВР-6,5/13 на сучасний жаротрубний водогрійний котел.

2.3 Аналіз основних показників роботи системи теплового постачання і ефективності регулювання відпуску теплової енергії

Показники роботи системи тепlopостачання котельної (за даними Підприємства) із зазначенням джерела цих даних приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Показники роботи системи тепlopостачання котельної (за даними Підприємства) за опалювальний період 2017-2018 рр.

Найменування параметру	Значення	Джерело даних
Паливо, тис. м ³	1919,1	Дані витратомірів газу
Виробництво теплової енергії, всього, ГДж	60348,57	Сума відпущеної теплової енергії та втрат на власні потреби
Власні потреби, ГДж	1388,6	Нормована величина
Відпуск теплової енергії, всього, ГДж	16378,0	Дані теплового лічильника
Втрати теплової енергії, всього, ГДж	58960,8	
нормативні з витоками, ГДж;	644,4	Нормована величина

Продовження таблиці 2.4

Найменування параметру	Значення	Джерело даних
нормативні з зовнішніх мереж опалення, ГДж	5742	Нормована величина
Корисний відпуск теплової енергії на потреби опалення, ГДж	52571,9	Дані лічильників, розрахунки по нормам
населенню, ГДж	44339	
бюджетному сектору, ГДж	7832,52	
іншим споживачам (відомчі і госпрозрахункові організації), ГДж	400,7	

Ці дані в звітах ТОВ "Мелітопольські теплові мережі" наводяться за календарний рік, в роботі вони перераховані в цифри за опалювальний період 2017-2018 р. р., так як саме за цей період аналізувалася робота підприємства в проведеному аудиті.

Як видно з наведеної таблиці, з шести основних параметрів (паливо, вироблення теплоенергії, відпустку з котельні, власні потреби, втрат теплової енергії з витоками, втрати теплової енергії з зовнішніх мереж опалення) тільки два (паливо і відпустку з котельні) повністю засновані на показаннях лічильників. Але при цьому всі показники, пов'язані з виробленням і відпуском теплоти, починається, фактично, від показань теплового лічильника: вироблення теплової енергії, наприклад, визначається шляхом підсумовування показань теплового лічильника та нормованого значення втрат на власні потреби. Дані витратоміра газу використовуються тільки для розрахунків з газопостачальною організацією і для визначення питомої витрати палива на вироблення 1 ГДж теплоти, значення якого належним чином не аналізуються, про що буде сказано нижче.

Баланс теплоти котельні у опалювальному періоді 2017-2018 роки представлений у вигляді діаграми на рисунку 2.3, де можна побачити цифри, якими оперують у звітах про роботу котельні, і їх джерело.

Така система звітності (або подібна їй) є звичною для багатьох теплопостачальних організацій України, але вона має суттєвий недолік: відсутність стимулів для енергозбереження у теплопостачальній організації. На практиці різні невеликі відхилення від ефективної роботи котлів, від температурного графіка, а також високі теплові втрати в зовнішніх теплових мережах без проблем згладжуються за рахунок завищених норм витрат теплоти на опалення (для тих будинків, де немає теплових лічильників), а також досить високою нормою витрати теплоти на власні потреби. У такій ситуації котельні приділяють увагу енергозбереженню майже не мають переваг порівняно з тими, на яких цьому увага не приділяється. Найчастіше основним завданням є усунення причин для скарг населення і виконання програм енергозбереження, які спускають згори.

Методи створення важелів для стимулювання енергозберігаючої поведінки працівників теплопостачальних організацій не входять у коло питань, розв'язуваних у даній роботі, але все ж можна запропонувати технічно здійсненну схему, яка буде служити базою для детального аналізу роботи котельні та усієї системи теплопостачання. Наявні в аналізованій системі теплопостачання прилади обліку дозволяють визначати фактичні значення п'яти перерахованих параметрів з задовільною точністю, якої буде достатньо для бачення реальної картини і визначення пріоритетних областей енергозбереження. Схематично прилади обліку, місця їх розташування представлені на рисунку 2.4.

Як відомо, найбільш достовірними методами в енергетичному аудиті є методи, що базуються на показаннях вимірників, у разі потреби доповнюються деякими допущеннями (так зване часткове вимірювання). Якщо значення деяких витрат теплоти не вимірюються, але можуть бути визначені на підставі балансів, то такі дані мають таку ж точність, як і вимірювані величини.

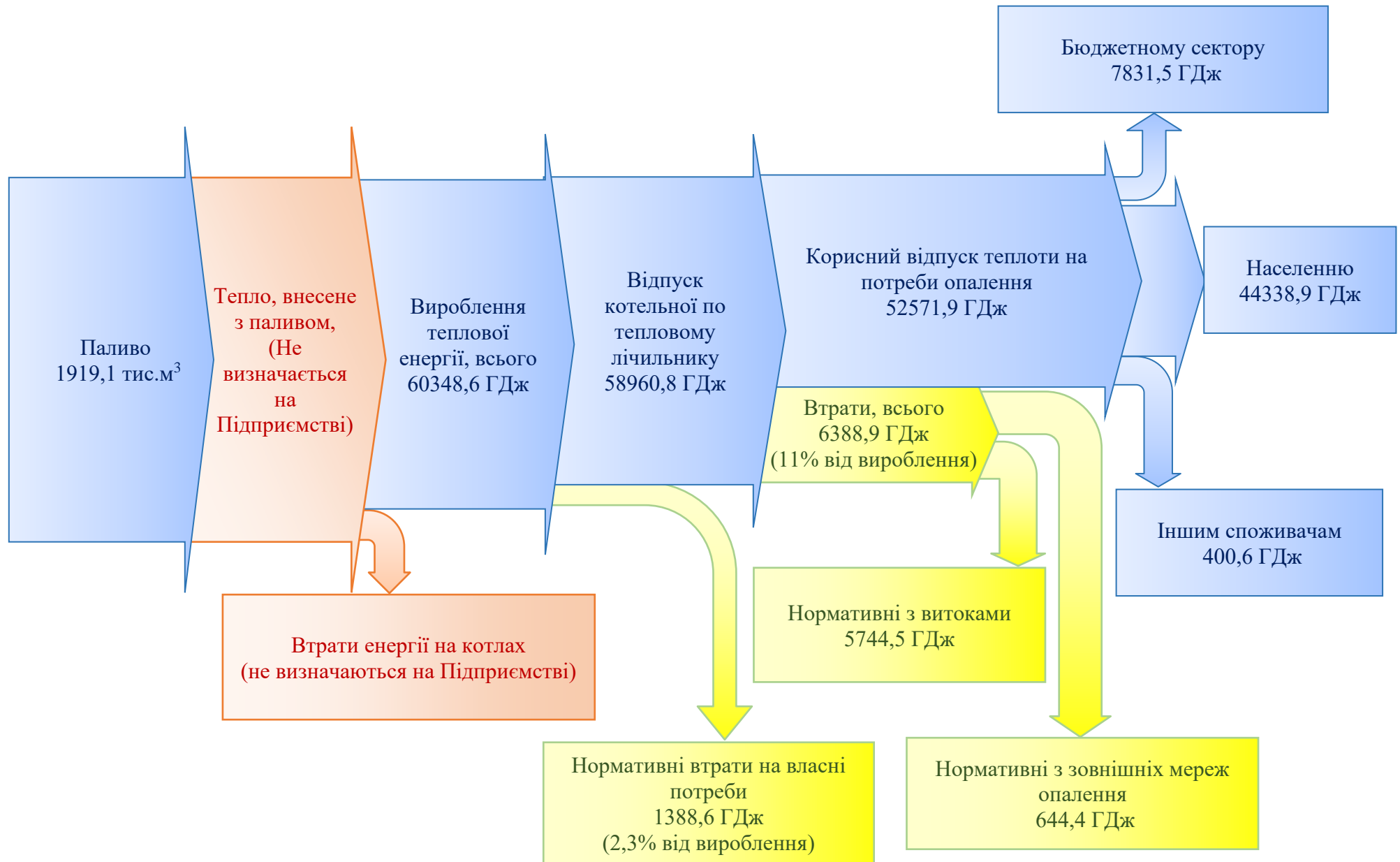
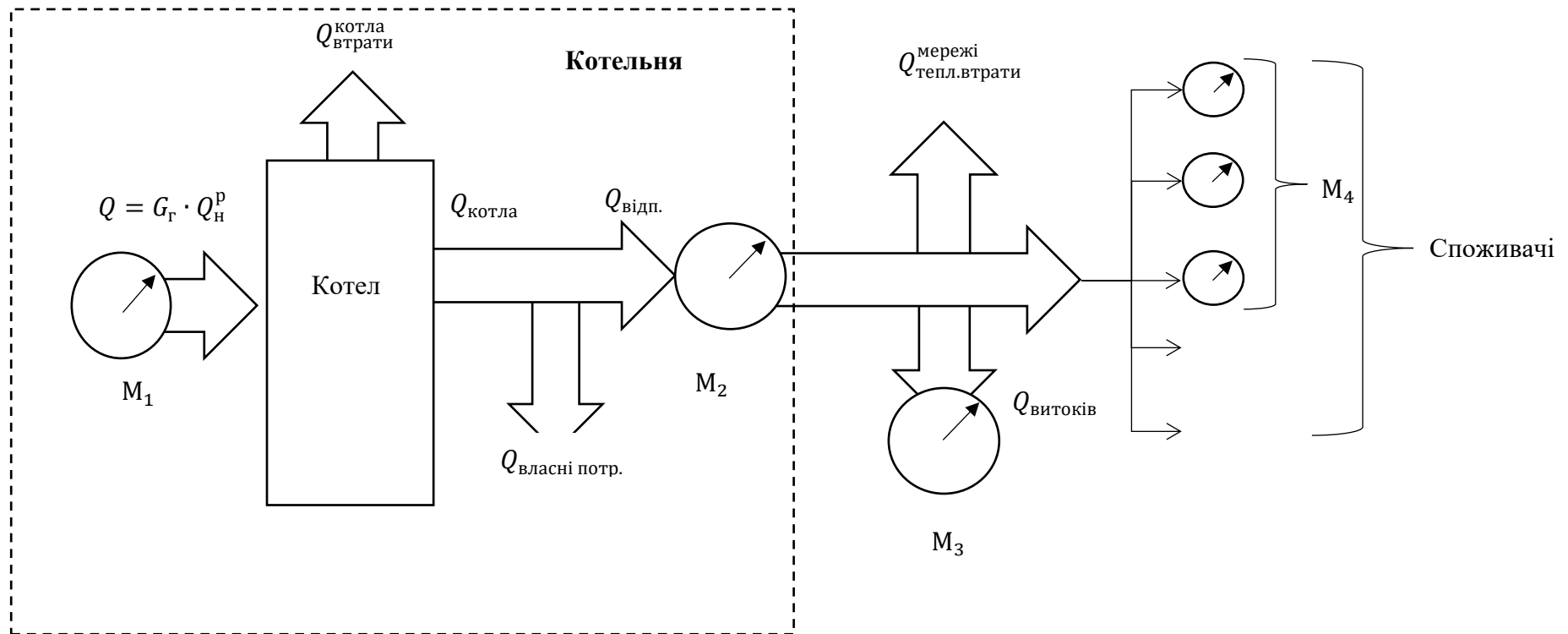


Рисунок 2.3 – Баланс теплоти котельної в опалювальному періоді 2017-2018 році по даним підприємства



- M_1 – витратомір природного газу;
 M_2 – тепловий лічильник (на виході з котельної);
 M_3 – витратомір підживлюючої води;
 M_4 – споживачі с тепловими лічильниками.

Рисунок 2.4 – Схема розташування пристроїв обліку.

Приклад таких балансів наведений нижче.

Тепло, що вноситься с паливом, Вт

$$Q_{\text{котла}} = G_{\text{Г}} \cdot Q_{\text{Н}}^{\text{р}} - Q_{\text{втрат котл.}}, \quad (2.1)$$

де $G_{\text{Г}}$ – витрата природного газу, м³/с;

$Q_{\text{Н}}^{\text{р}}$ – нижча теплотворна здатність природного газу, кДж/м³;

$Q_{\text{втрат котл.}}$ - втрати енергії палива на котлах, Вт.

Відпуск теплової енергії, Вт

$$Q_{\text{відп.}} = Q_{\text{котла}} - Q_{\text{вл.потр.}}, \quad (2.2)$$

де $Q_{\text{вл.потр.}}$ - втрати теплоти на власні потреби, Вт.

Тепло, втрачене в витоками, Вт

$$Q_{\text{виток.}} = G_{\text{підж.}} \cdot (t_{\text{зв}} - t_{\text{сир.в.}}), \quad (2.3)$$

де $t_{\text{зв}}$ – температура води в зворотному трубопроводі, °С;

$t_{\text{сир.в.}}$ – температура сирі води.

Витрата сирі води на підживлення мережі, кг/с

$$G_{\text{підж.}} = G_{\text{под.}} - G_{\text{зв.}}, \quad (2.4)$$

де $G_{\text{под.}}$ - витрата води в подавальному трубопроводі, кг/с;

$G_{\text{зв.}}$ – температура води в зворотному трубопроводі, кг/с.

Корисний відпуск теплової енергії, Вт

$$Q_{\text{корисн.}} = Q_{\text{відп.}} - Q_{\text{втрати тепл.мер.}}, \quad (2.5)$$

де $Q_{\text{втрати тепл.мер.}}$ – втрати теплової мережі, Вт.

З іншої сторони

$$Q_{\text{корисн.}} = Q_{\text{без ліч.}} + Q_{\text{з ліч.}}, \quad (2.6)$$

де $Q_{\text{без ліч.}}$ – кількість теплоти, яку отримали споживачі без теплових лічильників, Вт;

$Q_{\text{з ліч.}}$ – кількість теплоти, що отримали споживачі з лічильниками, Вт.

Останній із приведених балансів запишемо у наступному вигляді

$$Q_{\text{корисн.}} = \frac{Q_{\text{з ліч.}}}{k_{\text{з ліч.}}}, \quad (2.7)$$

де $k_{\text{з ліч.}}$ – доля опалювального навантаження будівель з тепловими лічильниками в сумарному опалювальному навантаженні по всіх будівлях (як з лічильниками, так і без них).

В гідравлічно налагодженій системі заміна балансу (2.6) виразом (2.7) не вносила б 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, наведеним балансом (2.7) можна користуватися з задовільною ступенем достовірності. Проаналізуємо наведені баланси.

В балансі (2.1) G_T і Q_H^P відомі з високою точністю, так як на них базується комерційний облік газу в котельні. Втрати котла визначаються з режимної карти або з періодичним замірами, але значення повинно відображати реальну роботу котла. Цей баланс дозволяє дізнатися $Q_{\text{котла}}$.

В балансі (2.2) $Q_{\text{відп.}}$ заміряється лічильником теплової енергії, і з урахуванням знайденого за результатами вимірів $Q_{\text{котла}}$ ми можемо знайти значення $Q_{\text{вл.потр.}}$.

Баланси (2.3) і (2.4) дозволяють знайти значення $Q_{\text{виток.}}$, так як на котельні, якщо $G_{\text{підж.}}$ вимірюється не завжди, то інформація про $G_{\text{под.}}$ і $G_{\text{зв.}}$ завжди є.

Баланс (2.5) дозволяє визначати фактичні втрати у зовнішніх теплових мережах, т. к. $Q_{\text{відп.}}$ і $Q_{\text{виток.}}$ нам вже відомі, а $Q_{\text{корисн.}}$ ми можемо знайти з балансу (2.7).

Наведений аналіз дозволяє організувати систему енергетичного менеджменту (зокрема систему контролю і планування) на теплопостачальних організаціях, яка дасть можливість не тільки виявляти збільшення втрат, але і бачити результати всіх енергозберігаючих заходів.

Аналіз системи зручно проводити на основі регресійного аналізу.

Регресійний аналіз досліджує наступні моменти:

- базові і змінні навантаження;
- графіки регресійного аналізу;
- аналіз регресійної інформації.

Базові навантаження і змінні коефіцієнти. Прийом регресійного аналізу дозволяє нам отримувати відношення між витратою енергії і змінною величиною, від якої цей витрата залежить (напр. виробництвом), і визначати передісторію споживання енергії в термінах «основних» і «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 необхідна для того, щоб завод продовжував працювати. Підрахувавши це, ми визначаємо «поточні втрати», які характеризують використання енергії і можуть вказувати на потенційну економію.

Змінне навантаження - це кількість енергії, необхідної для кожної додаткової одиниці змінної величини. Це покаже нам, скільки енергії буде потрібно для виробництва, наприклад, додаткової тонни продукції. Вони допомагають у визначенні середніх витрат виробництва», а також утворюють базу для обчислення заощаджень щодо користувачів енергії з змінними навантаженнями.

Регресійний аналіз. Насправді, фактичне споживання енергії ніколи не буде таким же, як і теоретичне. Тому ми і повинні використовувати систему контрольньо-вимірювальних приладів.

Першою стадією у системі є аналіз передісторії (зібраних за попередні періоди часу даних) для визначення стандартних (чи середніх) рівнів споживання енергії.

Це допомагає застосувати математичний прийом лінійного регресійного аналізу.

Регресійний аналіз (графік до аналізу). Нижче наведено графік (див. рис. 2.5), 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 близько прямиї.

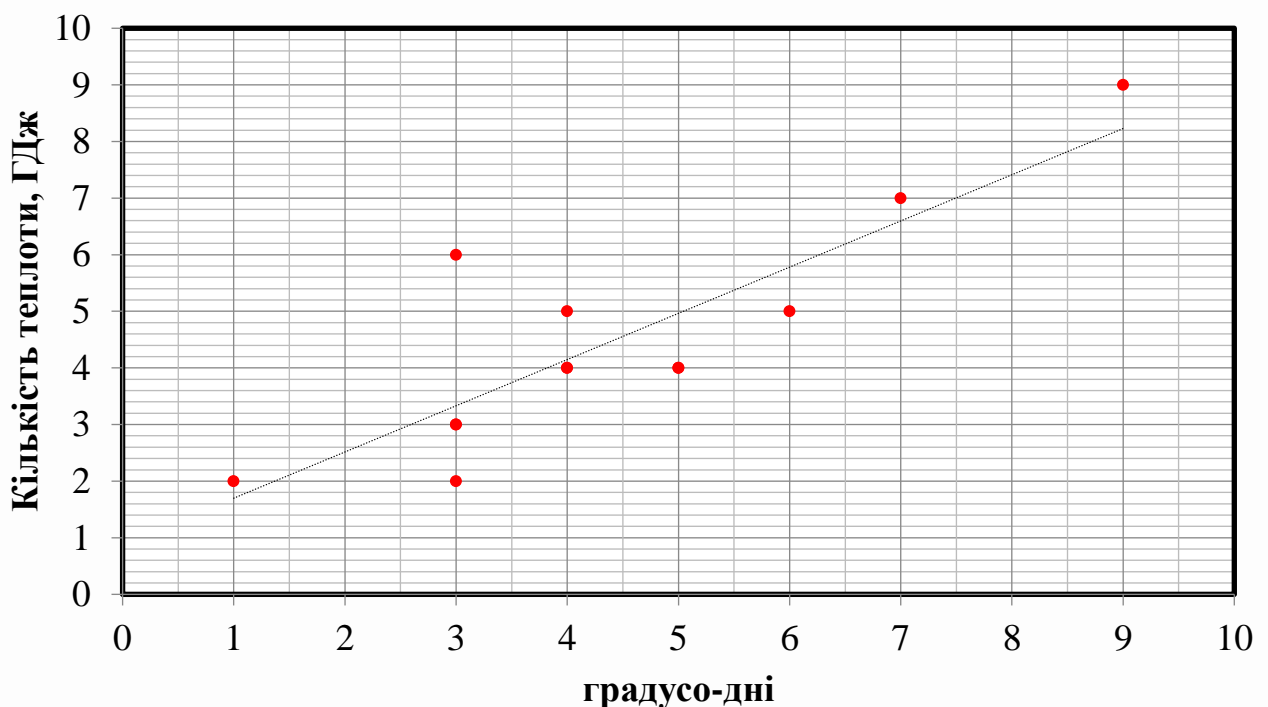


Рисунок 2.5 – Фактичні данні та стандартна пряма

Цей рисунок показує, як ми можемо розташовувати ряд базових даних на розсіяному графіку, з якого ми і отримаємо відповідну пряму. Важливо відзначити, що, як прийнято в системі КВП, контрольована енергія виражена на

графіку компонентом осі Y , тоді як змінна величина виражена компонентом осі X . З метою аналізу технологія регресії використовують також фактор « n », який характеризує кількість наборів даних. У даному випадку $n = 10$, оскільки у нас є 10 наборів даних.

Аналіз точок на осях X та Y . Математичний прийом, використаний для самої відповідної лінії у вищезазначених даних, відомий як «метод найменших квадратів». Це дає інформацію про:

- базової навантаженні « c »;
- змінному коефіцієнті (градієнті) « m »;
- коефіцієнт кореляції « R ».

Зображуючи саму лінію, ми можемо застосувати вищезазначену інформацію для отримання лінії з рівнянням $Y = mX + c$.

В деяких системах співвідношення визначається показником R^2 . В такому випадку $R^2 = 0$ вказує на відсутність зв'язку між Y і X , в той час, як $R^2 = 1,0$ вказує на його присутність.

Інформація, яка визначається при регресійному аналізі. Застосувавши прийом регресійного аналізу на ряді даних, ми визначаємо наступну інформацію:

- форму самої «відповідної» прямий;
- базову навантаження (напр., споживання без виробництва);
- змінне навантаження (наприклад, яку кількість додаткової енергії необхідно на кожну одиницю додаткового споживання);
- якість даних;
- коефіцієнт кореляції (наприклад, наскільки близько до самої «відповідної» прямий знаходяться дані);
- аналіз даних (наприклад, якість даних краще або гірше середнього для кожного тижня, місяця тощо).

Для аналізу ми можемо записати такі залежності:

- залежність кількості використаного газу від кількості градусо-днів (в залежності коефіцієнт кореляції (розкид точок) характеризує якість регулювання котлом, тобто, наскільки кількість використаного газу відповідає необхідному

споживання за даних погодних умовах; змінний коефіцієнт m повинен відповідати приєднаному навантаженню котельні віднесеному до одних градусо-дня);

– залежність виробленої теплової енергії від кількості використаного газу (змінний коефіцієнт m повинен відповідати ККД котла).

– залежність виробленої теплової енергії від кількості градусо-днів (аналогічно першій залежності, але враховує ККД котла).

– залежність відпустки з котельні від виробленої теплової енергії (характеризує втрати на власні потреби).

– залежність відпуску з котельні від кількості градусо-днів (характеризує якість регулювання і суму втрат котла і котельні).

– залежність корисного відпуску теплової енергії від відпустки з котельні (характеризує теплові втрати у зовнішніх теплових мережах).

– залежність корисного відпуску теплової енергії від кількості градусо-днів (характеризує ефективність системи в цілому).

Аналіз роботи котельні та системи тепlopостачання проведемо по даним за січень 2018 р.

Розрахуємо коефіцієнт опалення для першого дня січня

$$k_{\text{оп.}} = \frac{(t_{\text{вн}} - t_3)}{(t_{\text{вн}} - t_{3,\text{р.}})},$$

де $t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $t_{\text{вн}} = 18^\circ\text{C}$ [15];

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

$t_{3,\text{р.}}$ – зовнішня розрахункова температура повітря, для міста Мелітополь

$t_{3,\text{р.}} = -21^\circ\text{C}$ [15].

Тоді

$$k_{\text{оп.}} = \frac{18 - 1,5}{18 - (-21)} = 0,41.$$

Розрахункова температура теплоносія в подавальному трубопроводі $t_{1 \text{ розр.}}$, °C згідно температурного графіку при температурі навколишнього середовища +1,5 °C

$$t_{1 \text{ розр.}} = t_{\text{вн}} + 0,5 \cdot (t_1 + t_2 - 2 \cdot t_{\text{вн}}) \cdot k_{\text{оп}}^{0,8} + 0,5 \cdot (t_1 - t_2) \cdot k_{\text{оп}},$$

де t_1 – температура води в подавальному трубопроводі згідно температурного графіку, °C;

t_2 – температура води в зворотному трубопроводі згідно температурного графіку, °C.

Тоді

$$\begin{aligned} t_{1 \text{ розр.}} &= 18 + 0,5 \cdot (95 + 70 - 2 \cdot 18) \cdot 0,41^{0,8} + \\ &+ 0,5 \cdot (95 - 70) \cdot 0,41 = 54,92. \end{aligned}$$

Розрахункова температура теплоносія в зворотному трубопроводі $t_{2 \text{ розр.}}$, °C згідно температурного графіку для температури навколишнього середовища +1,5 °C

$$\begin{aligned} t_{2 \text{ розр.}} &= t_{\text{вн}} + 0,5 \cdot (t_1 + t_2 - 2 \cdot t_{\text{вн}}) \cdot k_{\text{оп}}^{0,8} - 0,5 \cdot (t_1 - t_2) \cdot k_{\text{оп}} = \\ &= 18 + 0,5 \cdot (95 + 70 - 2 \cdot 18) \cdot 0,41^{0,8} - 0,5 \cdot (95 - 70) \cdot 0,41 = \\ &= 44,61. \end{aligned}$$

Проведемо аналогічний розрахунок для кожного дня січня та зведемо дані в таблицю 2.5.

В таблиці 2.6 представлені дані про фактичний відпуск теплоти на витрату природного газу.

На основі даних в таблицях 2.5 та 2.6 побудуємо графіки залежності відпуску теплоти від кількості градусо-днів та споживання природного газу від кількості градусо-днів.

Таблиця 2.5 – Подобові фактичні значення температур в прямому і зворотному трубопроводах і розрахункові (по температурному графіку $\Delta T = 95-70^{\circ} \text{C}$) для січня 2018 р.

Дата	Температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$	Градусо-дні	Фактична температура подачі, $^{\circ}\text{C}$	Фактична температура в зворотному трубопроводі..., $^{\circ}\text{C}$	Коефіцієнт опалення	Температура подачі розрахункова, $^{\circ}\text{C}$	Темпер. подачі в зворот. трубопроводі, $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8
01.01.2018	1,5	16,5	55	44	0,41	54,92	44,61
02.01.2018	1,2	16,8	51	40	0,42	55,47	44,97
03.01.2018	1,6	16,4	53	48	0,41	54,73	44,48
04.01.2018	2,6	15,4	51	41	0,39	52,87	43,24
05.01.2018	1,3	16,7	50	41	0,42	55,29	44,85
06.01.2018	1,8	16,2	50	41	0,41	54,36	44,24
07.01.2018	4,6	13,4	47	39	0,34	49,08	40,70
08.01.2018	2,7	15,3	52	42	0,38	52,68	43,12
09.01.2018	2,7	15,3	51	41	0,38	52,68	43,12
10.01.2018	4,4	13,6	50	41	0,34	49,46	40,96
11.01.2018	5,2	12,8	51	41	0,32	47,92	39,92
12.01.2018	4	14	52	42	0,35	50,22	41,47
13.01.2018	1,9	16,1	56	44	0,40	54,18	44,11
14.01.2018	-1,9	19,9	56	42	0,50	61,12	48,68
15.01.2018	-0,7	18,7	51	41	0,47	58,95	47,26

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8
16.01.2018	5,7	12,3	52	44	0,31	46,95	39,27
17.01.2018	0,8	17,2	58	47	0,43	56,21	45,46
18.01.2018	4,3	13,7	51	41	0,34	49,65	41,09
19.01.2018	0,3	17,7	60	47	0,44	57,13	46,06
20.01.2018	-3,5	21,5	66	51	0,54	63,97	50,53
21.01.2018	-5,4	23,4	66	51	0,59	67,32	52,69
22.01.2018	-0,4	18,4	64	53	0,46	58,41	46,91
23.01.2018	-6,1	24,1	72	53	0,60	68,54	53,47
24.01.2018	-11,4	29,4	76	57	0,74	77,61	59,23
25.01.2018	-11,9	29,9	75	56	0,75	78,45	59,76
26.01.2018	-9,3	27,3	75	56	0,68	74,05	56,98
27.01.2018	-7,3	25,3	74	55	0,63	70,62	54,80
28.01.2018	-5	23	72	53	0,58	66,62	52,24
29.01.2018	-10,7	28,7	75	55	0,72	76,42	58,49
30.01.2018	-15,1	33,1	81	59	0,83	83,78	63,09
31.01.2018	-15,1	33,1	80	58	0,83	83,78	63,09
Середнє	-1,85	19,85	60,42	47,23	0,50	60,76	48,35

Таблиця 2.6 – Значення відпущеної теплоти по тепловому лічильнику та фактичної витрати природного газу на опалення

Дата	Фактичний відпуск, ГДж/добу	Фактична витрата газу, м ³ /добу
1	2	3
01.01.2018	368,72	11436
02.01.2018	299,17	10151
03.01.2018	333,11	10591
04.01.2018	294,56	10040
05.01.2018	365,79	11709

Продовження таблиці 2.6

1	2	3
06.01.2018	294,98	9638
07.01.2018	255,17	8648
08.01.2018	341,49	11398
09.01.2018	292,46	9557
10.01.2018	298,33	9572
11.01.2018	319,28	10644
12.01.2018	321,37	10402
13.01.2018	337,71	11312
14.01.2018	380,87	12869
15.01.2018	312,99	10091
16.01.2018	330,59	10533
17.01.2018	383,80	12195
18.01.2018	316,35	10283
19.01.2018	428,64	13605
20.01.2018	497,77	16669
21.01.2018	498,61	16405
22.01.2018	482,27	15760
23.01.2018	564,81	18243
24.01.2018	625,99	20281
25.01.2018	622,22	20169
26.01.2018	615,09	19985
27.01.2018	608,39	18857
28.01.2018	553,92	18381
29.01.2018	634,37	15666
30.01.2018	717,33	15003
31.01.2018	726,97	14086
Середнє	443	13299,00
Сума	13423,1	414179

Залежність відпуску теплоти (по тепловому лічильнику на котельній) від кількості градусо-днів представлена на рисунку 2.6.

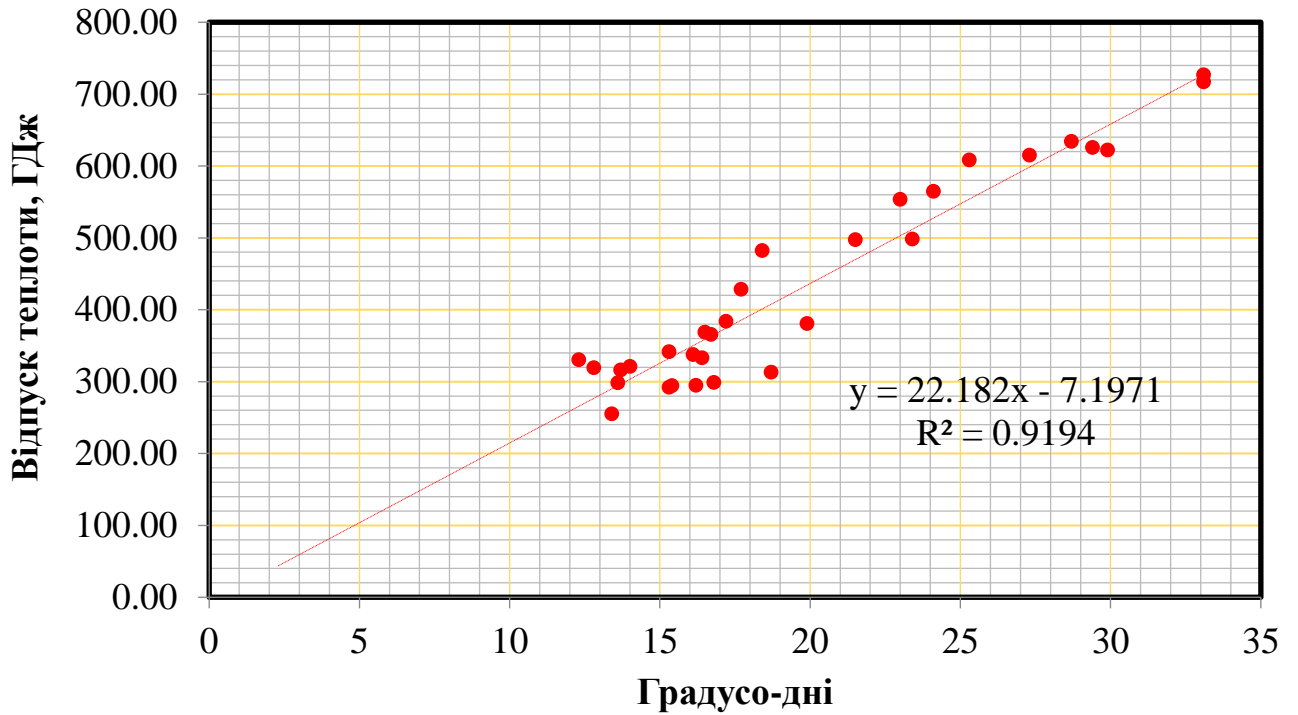


Рисунок 2.6 – Залежність відпуску теплоти від кількості градусо-днів

Залежність фактичної витрати газу від числа градусо-днів представлена на рисунку 2.7.

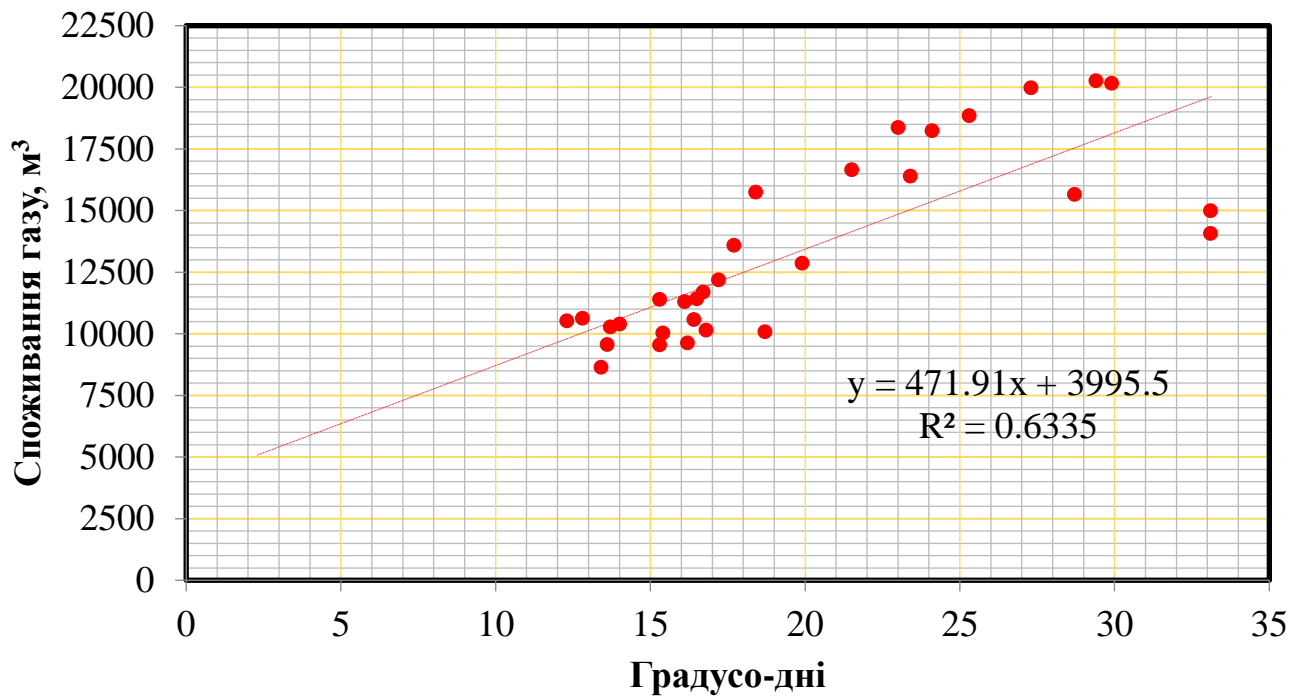


Рисунок 2.7 – Залежність використаного природного газу від кількості градусо-днів

Побудовані залежності дозволяють визначити якість регулювання та адекватність представлених даних підприємством.

Порівнюючи ці два малюнка, бачимо, що обидва вони вказують на те, що фактично теплоти було відпущено менше, ніж повинно бути за температурним графіком. Але з іншого боку, на графіку залежності витраченого газу від кількості градусо-днів практично всі точки лежать набагато нижче розрахункової лінії і коефіцієнт кореляції порівняно низький 0,63, що вказує або на погане регулювання, або на неуважність при знятті показань лічильника газу.

На рисунках 2.8 - 2.10 представлено порівняння фактичних і розрахункових температур прямого і зворотного трубопроводів. Хоча помітні невідповідності між добовими значеннями фактичних і розрахункових температур, в середньому за місяць ці температури майже збігаються.



Рисунок 2.8– Зміна фактичної температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводі

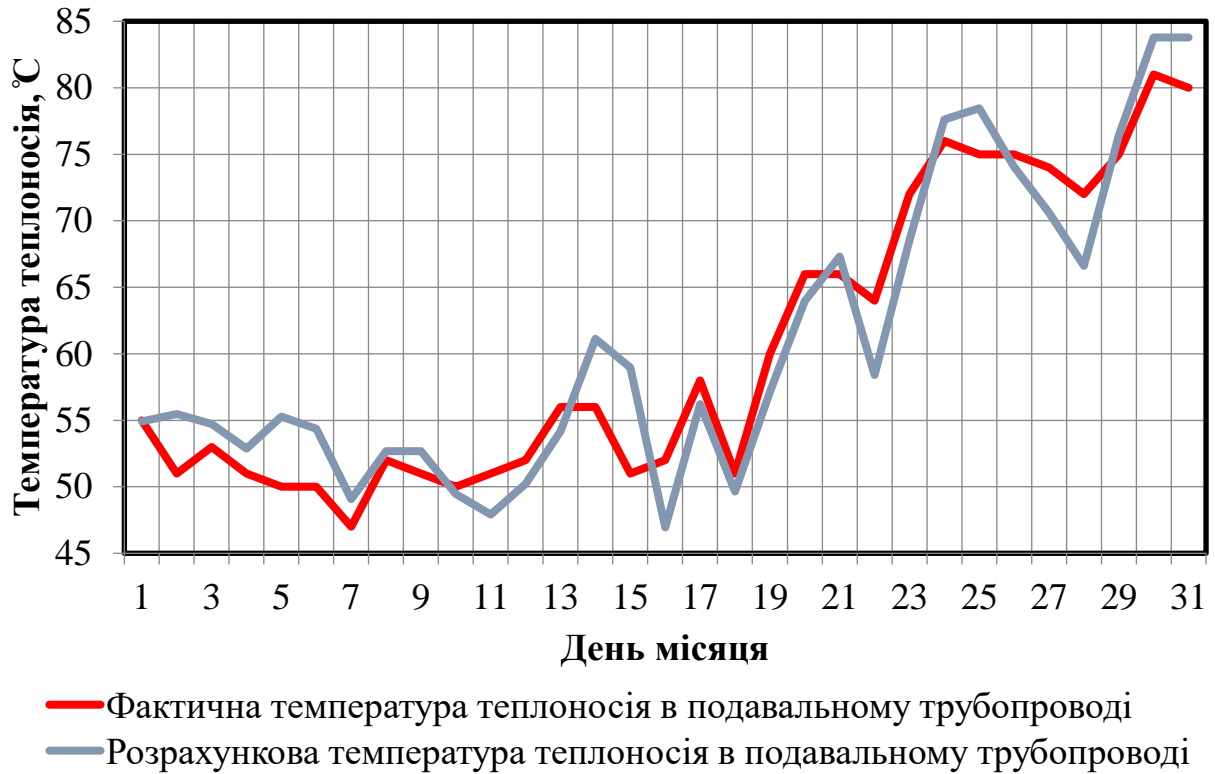


Рисунок 2.9 – Зміна фактичної та розрахункової температури теплоносія по дням місяця в подавальному трубопроводі



Рисунок 2.10 – Зміна фактичної та розрахункової температури теплоносія в зворотному трубопроводі

По результатам аналізу можна зробити наступні висновки:

1. Показники роботи у звітах котельні ґрунтуються на нормативних даних за винятком кількості спожитого газу та відпуску теплоти, але навіть ці дві величини в достатній мірі не зіставляються.

2. Низьке значення коефіцієнта регресії залежності споживання газу від градусо-днів вказує або на погане регулювання, або на неуважність при знятті показань лічильника газу.

3. Проведений аналіз показує, що фактичний відпуск теплоти котельні відхиляється від розрахункового в меншу сторону.

4. Таким чином, на котельні мають місце періодичні відхилення від температурного графіка. Більш точне регулювання дозволить уникнути перевитрати енергії. В цілому, за рік економія по газу при здійсненні функцій енергетичного менеджменту складе не менше 1 %.

5. В цілому, існуюча на підприємстві система обліку задовільна, але відсутність теплових лічильників у споживачів не дозволяє проаналізувати весь ланцюг від виробництва теплоти до її кінцевого споживання.

6. Наявна кількість приладів обліку дозволяє впровадити систему енергетичного менеджменту (систему контролю і планування) для безперервного аналізу потоків теплоти.

7. Наведено залежності, які можуть бути використані при впровадженні системи КВП для всеосяжного аналізу показників роботи котельної.

2.4 Заходи щодо економії паливо-енергетичних ресурсів

2.4.1 Впровадження енергетичного менеджменту

Енергетичний менеджмент – це постійно діюча на котельні система, метою функціонування якої є послідовне зниження рівня енергоспоживання до того мінімального значення, яке необхідне для виробництва (надання послуг).

Мета функціонування енергетичного менеджменту – послідовне зниження споживання енергоресурсів до того мінімального рівня, який необхідний для

здійснення виробничої діяльності котельної з дотриманням всіх необхідних умов ведення даної діяльності.

Результат дії енергетичного менеджменту – зменшення енерговитрат котельні за рік (або інший період).

Одним з найбільш ефективних способів функціонування системи енергетичного менеджменту є впровадження система контролю і планування.

Існує п'ять рівнів системи контролю:

- перший рівень - тільки сплата щомісячних рахунків .
- другий рівень - щомісячні показання лічильників звіряються з рахунками.
- третій рівень - Щомісячні показання зіставляються з обсягом виробленої продукції і визначається питоме енергоспоживання.
- четвертий рівень - система щотижневого контролю, заснована на установці додаткових лічильників.
- п'ятий рівень - система щотижневого контролю, заснована на використанні додаткових лічильників і цільових планових показників, які залежать від обсягу виробленої продукції.

Можна приблизно оцінити, наскільки котельня піклується про економію енергії, якщо подивимося, як здійснюється контроль використання енергії. Можна виділити п'ять рівнів контролю в порядку зростання турботи про економію. На 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 здійснюється спроба зіставляти місячні показання лічильників з обсягом виробництва. На четвертому рівні котельня усвідомлює переваги більш регулярного зняття показань лічильників і встановлює додаткові лічильники для вироблення норм споживання енергії в кожному відділенні або на кожній ділянці на основі обсягу виробництва в даному відділенні або на даній ділянці. На п'ятому рівні котельня переходить до системи КіП.

Система контролю і планування (КіП) містить п'ять основних пунктів. Вони включають наступні:

- контроль споживання енергії та води за допомогою системи додаткових лічильників для виділених зон або окремих одиниць обладнання. Подібний контроль здійснюється так званими "центрами обліку енергії" (ЦУЕ). Визначення рівнів ефективності кожного ЦУЕ шляхом пов'язання споживання енергії з мірою виробництва в певній зоні або на певному обладнанні, що і являє собою "планування" (досягнення планових показників). Встановлення регулярної системи звітності (у більшості випадків щотижневої), яка дозволяє визначити ефективність кожного ЦУЕ і виявити коливання в термінах фінансового доходу або збитку;

- створення груп у відділеннях, які проводять регулярні зустрічі для обговорення шляхів поліпшення ефективності і виконання намічених заходів;

- створення регулярно діючого механізму зворотного зв'язку щодо ефективності на всіх рівнях котельні, що створює більшу інформованість працівників і їх мотивацію для подальшого вдосконалення ефективності енергоспоживання.

Аналізуючи те, як здійснюється контроль за споживанням енергоресурсів на котельні, можна зробити висновок, що на цієї котельні здійснюється другий рівень з перерахованих вище. У такій ситуації досягнення хороших результатів щодо енергозбереження важко.

Пропонуємо перейти до п'ятого рівня контролю – системи контролю і планування.

Для цього можна використовувати лише наявні вимірники, яких в перший час буде досить:

- вимірювання споживання газу;
- вимірювання споживання електроенергії;
- вимірювання відпуску теплоти (наявний вимірник теплової енергії обов'язково повинен бути повірений);
- вимірювання витрати підживлювальної води;

– частина споживачів обслуговуваного району оснащені приладами обліку.

Для того щоб, аналізувати зібрану інформацію необхідно виділити одного або двох людей у вільний від інших обов'язків час. Виділити їм комп'ютери, навчити їх основам регресійного аналізу. Придбати програмне забезпечення для аналізу виробництва, відпуску та споживання теплової енергії на основі регресійного аналізу (вартістю близько 100000 грн.). На початковому етапі можна обійтися без придбання програмного забезпечення, а використати можливості Microsoft Office Excel.

Як приклад роботи системи енергетичного менеджменту, і аналізу які можна отримати при використанні методики контролю і планування можна розглядати пункт 2.3 даної роботи.

За даними котельні за опалювальний період 2017-2018 років витрати енергоресурсів на котельні по склали: природного газу – 1863,060 тис. м³/о. п., електричної енергії 817,965 тис. кВт·год/о. п.

Впровадження енергетичного менеджменту на котельні з використанням системи контролю і планування дозволить досягти економії витрат на природний газ 1 %. Економія електричної енергії, що досягається при використанні енергетичного менеджменту 1 %.

Економія за опалювальний період складе:

- природний газ, тис. м³/о.п.

$$G_{\text{ек}} = G_{\text{річн}} \cdot 1 \% = 1863,06 \cdot 0,01 = 18,63,$$

- електрична енергія, тис. кВт·год/о. п.

$$N_{\text{ек}} = N_{\text{річн}} \cdot 1 \% = 817,965 \cdot 0,01 = 8,17.$$

Орієнтуючись на вартість природного газу для категорії населення за опалювальний період 2017-2018 році $Z_{\text{газу}} = 6960$ грн. за 1000 м^3 , економія грошових коштів на природний газ складе, грн/о.п.

$$E_1 = G_{\text{ек}} \cdot Z_{\text{газу}} = 18,63 \cdot 6960 = 129664,8$$

При вартості електроенергії $Z_{\text{ел.ен}} = 1,5098$ грн./кВт·год економія грошових коштів на електроенергію складе грн/о.п.

$$E_2 = N_{\text{ек}} \cdot Z_{\text{ел.ен.}} = 8,17 \cdot 1000 \cdot 1,5098 = 12335 .$$

Сумарна економія від впровадження енергетичного менеджменту, грн/о.п.

$$E_{\Sigma} = E_1 + E_2 = 129664,8 + 12335 = 141999,8.$$

Термін окупності заходу, років

$$T = \frac{K}{E_{\Sigma}},$$

де K – капітальні витрати на впровадження заходу, грн.;

E_{Σ} - економія грошових коштів за рахунок впровадження заходу, грн.

Тоді

$$T = \frac{100000}{141999,8} = 0,72.$$

На початковому етапі можна почати впровадження заходу без витрат. Система енергетичного менеджменту повинна будуватися не на одній окремій котельні, а на базі всього підприємства. В такому випадку набагато менше витрат необхідно для її створення і функціонування.

2.4.2 Налагодження теплового та гідравлічного режиму роботи теплової мережі

Підключена потужність споживачів до котельні по укрупненим показниками становить 9,57 МВт. Підключена потужність за підвищеними показниками вже враховує теплові втрати в мережі. На тепловій мережі присутні два ЦТП тепловою потужністю: 4,98 МВт (при температурному графіку $\Delta t = 95-70$ °С, витрата води 171,3 т/год) і 3,08 МВт (при температурному графіку $t = 95-70$ °С, витрата води 109,14 т/год). На ЦТП встановлено насоси К-90-35. Насоси працюють за додатковою схемою, збільшуючи напір води. Варто відзначити, що продуктивність підвищувальних насосів значно менше витрати мережевої води яку вони повинні перекачати

На тепловій мережі проводиться заміна труб.

Споживання електричної енергії насоси на ЦТП, дуже значно і доходить до 20 % споживання електричної енергії котельні так насоси на ЦТП 1 і ЦТП 2 споживали по замірам 26,95 кВт.

Пропонується провести наладку теплового та гідравлічного режиму теплової мережі.

Це дозволить визначити оптимальні витрати і параметри теплоносія на кожному споживачеві і відмовитися від роботи насосів на ЦТП. Зменшення споживання електричної енергії за перекачку мережної води тільки трьома мережевими насосами протягом опалювального періоду становитиме, кВт·год/о.п.

$$N_{\text{спож}} = N_{\text{дв}} \cdot 2 \cdot 24 \cdot n_{\text{о.п.}}$$

де $N_{\text{дв}}$ – споживання електричної енергії двигуном насосу, кВт;

$n_{\text{о.п.}}$ – тривалість опалювального періоду у місті Мелітополь, $n_{\text{о.п.}} = 170$ днів [15].

Тоді

$$N_{\text{спож}} = 26,95 \cdot 2 \cdot 24 \cdot 170 = 219912.$$

При вартості електричної енергії 1,5098 грн. з ПДВ, економія коштів складе, грн

$$E = N_{\text{спож}} \cdot Z_{\text{ел.ен.}} = 219912 \cdot 1,5098 = 332023$$

Витрати на впровадження заходу визначаються вартістю налагодження гідравлічного режиму теплової мережі (3 етапи) становитиме $K=120000$ грн.

Підприємство має свою групу налагодження теплових мереж та може виконати цю роботу самостійно.

Термін окупності заходу, о.п

$$T = \frac{120000}{332023} = 0,36.$$

Таким чином, затрачені кошти окупляться трохи більше ніж за два місяці.

2.4.3 Заміна мережного насосу

Підключена потужність споживачів до котельні за підвищеними показниками становить $Q_{\text{підк}}=9,56$ МВт. Підключена потужність за підвищеними показниками вже враховує теплові втрати в мережі. Зараз котельня працює по температурному графіку $\Delta t = 95-70$ °С. Розрахункова витрата мережної води становить, т/год

$$G_{\text{мер.розр.}} = \frac{Q_{\text{підк}}}{C \cdot (t_1 - t_2)},$$

де C – теплоємність води, кДж/(кг·°С).

Тоді

$$G_{\text{мер.розр.}} = \frac{9,56}{4,19 \cdot (95 - 70)} \cdot 10^{-3} = 328,7.$$

Витрата мережної води в мережу за витратоміром на 26.11.2017 р. становить $G_{\text{факт}} = 345$ т/год.

На котельні постійно працює мережевий насос Д-500-63. Тиск до засувки і після засувки не вимірюється, тиск на вході в теплообмінник з манометрів 0,43 МПа (4,4 кгс/см²), на виході 0,44 МПа (4,5 кгс/см²). Швидше за все манометр на вході в теплообмінник занижує тиск мережної води.

Фактичні гідравлічні втрати напору в мережі 24 м. Припускаємо, що втрати напору води на теплообміннику не менш 0,098 МПа (1кгс/см²).

Фактичне споживання електричної енергії мережним насосом становить $N_{\text{спож.1}} = 67,05$ кВт. Насос працює постійно на протязі опалювального періоду.

Пропонується провести заміну мережних насосів на насос Д500-366 (980об/мін).

Так, насос Д-500-366 - при витраті води $G=330$ т/год, створює напір $H = 35$ м. Споживана потужність, кВт

$$N_{\text{спож.2}} = \frac{N_{\text{дв.2}}}{\eta} = \frac{35}{0,92} = 38,04.$$

Цього достатньо для нормальної роботи котельні і мережі.

Зменшення споживання електричної енергії на перекачку мережної води протягом опалювального періоду становитиме, кВт·год/о.п.

$$\begin{aligned} \Delta N &= (N_{\text{спож.1}} - N_{\text{спож.2}}) \cdot 24 \cdot n_{\text{о.п.}} = \\ &= (67,05 - 38,04) \cdot 24 \cdot 170 = 118360,8. \end{aligned}$$

При вартості електричної енергії $Z_{\text{ел.ен}} = 1,5098$ грн./кВт·год з ПДВ, економія коштів складе, грн./о.п.

$$E = \Delta N \cdot Z_{\text{ел.ен.}} = 118360,8 \cdot 1,5098 = 178701.$$

Витрати на впровадження заходу - новий насос вартістю $K=75000$ грн.
Термін окупності заходу, років

$$T = \frac{K}{E} = \frac{75000}{178701} = 0,42.$$

2.4.4 Заміна робочих коліс мережного насосу

Рекомендується розглянути наступний захід при неможливості заміни мережного насоса Д-500-63 на новий насос.

Зараз мережний насос Д-500-63 задавлений засувкою. Яка втрата розвиваючого напору відбувається на запірній арматурі визначити без встановлених манометрів неможливо.

Фактичне споживання електричної енергії мережним насосом становить $N_{\text{факт}} = 67,05$ кВт. Насос працює постійно на протязі опалювального періоду. Існує можливість, що заміряна споживана потужність може бути занижена. Характеристика насосу Д-500-63 представлена на рисунку 2.11.

Пропонується розглянути можливість заміни робочого колеса насоса Д-500-63.

Так, насос Д500-63 за характеристикою зі стандартним робочим колесом при витраті води $G=330$ т/год, створює напір 68 м. При робочому колесі обрізки А при тій же витраті, напір складе 58 м. При робочому колесі обрізки Б при тій же витраті, напір складе 48 м.

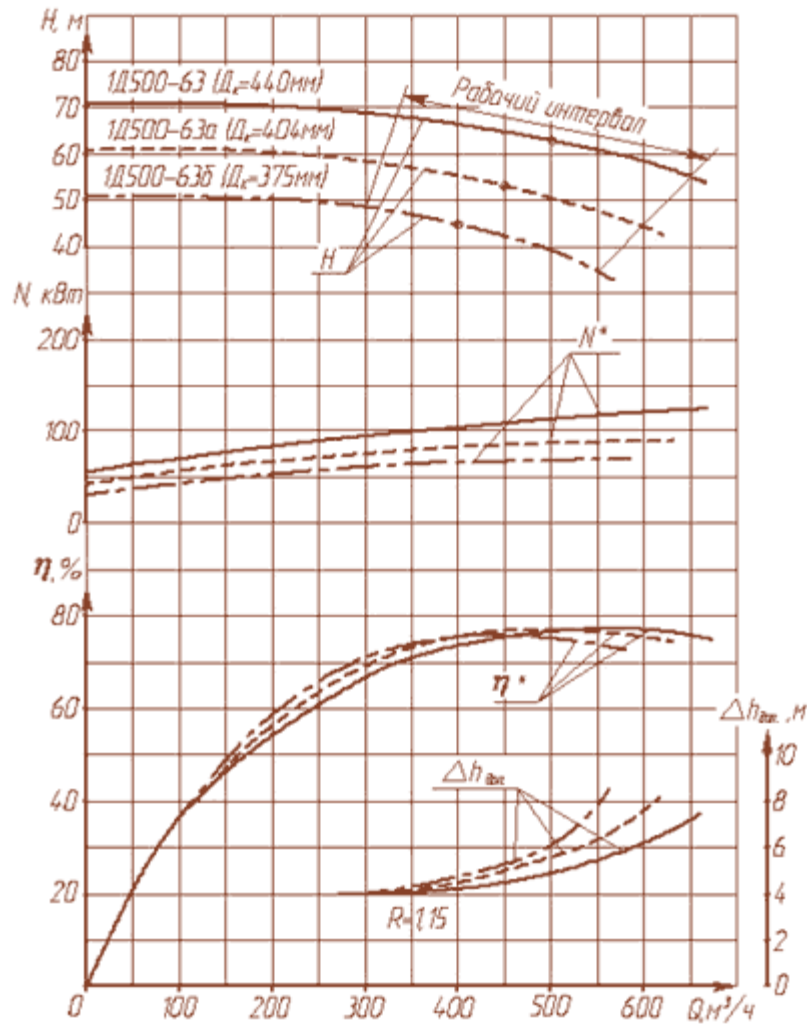


Рисунок 2.11 – Характеристика насосу Д500-63

Якщо робоче колесо мережного насоса не обрізки Б, то вважається можливим провести заміну робочого колеса на робоче колесо обрізки Б. Очікувана економія електричної енергії $N_{\text{факт}} - N_{\text{розр}}$ при заміні буде не менш 5кВт.

Зменшення споживання електричної енергії за перекачку мережної води протягом опалювального періоду становитиме, кВт·год/о.п.

$$\Delta N = (N_{\text{факт}} - N_{\text{розр}}) \cdot 24 \cdot n_{\text{о.п.}} = 5 \cdot 24 \cdot 170 = 20400.$$

При вартості електричної енергії $Z_{\text{ел.ен}} = 1,5098$ грн. з ПДВ, економія коштів складе:

$$E = \Delta N \cdot Z_{\text{ел.ен.}} = 20400 \cdot 1,5098 = 30799.$$

Витрати на впровадження заходу – обрізка робочого колеса. Вартість роботи $K = 15000$ грн.

Термін окупності заходу, років

$$T = \frac{K}{E} = \frac{15000}{30799} = 0,49.$$

Таким чином, витрачені кошти окупляться приблизно за три місяці.

2.4.5 Заміна живильного насосу

На котельні постійно працює живильний насос ЦНСГ-60-198. Насос призначений для живлення парових котлів водою. Робочий тиск пари не перевищує $6,5 \text{ кгс/см}^2$, максимальна паропроductивність котлів ДКВР-6,5-13 $6,5 \text{ т/година}$. Одночасно може працювати два парових котла ДКВР-6,5-13.

Живильний насос ЦНСГ-60-198 працює постійно протягом опалювального періоду, насос має розвантажувальну лінію.

Фактичне споживання електричної енергії живильним насосом становить $N_{\text{факт}} = 41,91 \text{ кВт}$.

Пропонується провести заміну живильного насоса на насос Lowara15SV15.

Так, насос Lowara15SV15 при витраті води (8...24) т/год, створює напір (118...210) м. Встановлений електродвигун насоса має потужність 15 кВт. Припускаємо, що споживана насосом потужність буде не більше 14 кВт. Цього достатньо для нормальної роботи котельні і мережі.

Зменшення споживання електричної енергії при використанні нового живильного насоса протягом опалювального періоду становитиме, кВт·год/о.п.

$$\Delta N = (N_{\text{факт}} - N_{\text{розра}}) \cdot 24 \cdot n_{\text{о.п.}}$$

де $N_{\text{факт}}$ - фактичне споживання електричної енергії живильним насосом ЦНСГ-60-198;

$N_{\text{розра}}$ - розрахункове споживання електричної енергії живильним насосом Lowara15SV15;

$n_{\text{о.п.}}$ – період опалювального періоду.

Тоді

$$\Delta N = (41,91 - 14) \cdot 24 \cdot 170 = 113872,8.$$

При вартості електричної енергії $Z_{\text{ел.ен.}}=1,5098$ грн./кВт·год з ПДВ, економія коштів складе, грн/о.п.

$$E = \Delta N \cdot Z_{\text{ел.ен.}} = 113872,8 \cdot 1,5098 = 171925.$$

Витрати на впровадження заходу - новий живильний насос Lowara15SV15 вартістю $K = 150000$ грн.

Термін окупності заходу, років

$$T = \frac{K}{E} = \frac{150000}{171925} = 0,87.$$

По розрахункам видно, що вкладені в енергозберігаючий захід кошти будуть приносити прибуток вже в кінці опалювального періоду.

2.4.6 Заміна котлів ДКВР-6,5-13 на нові котли

Парові котли ДКВР-6,5-13 працюють для потреб теплового постачання.

Підключена теплова потужність споживачів до котельної за завищеними показниками складає 9,57 МВт.

За опалювальний період 2017-2018 р. котли спожили 1863060 м³ природного газу. Ефективність роботи котлів по замірам складає 83,78 %.

Котли ДКВР-6,5-13 обладнані водяними економайзерами, які практично не виконують свою функцію. Один з котлів переведений у водогрійний режим, але в використання так і не був введений.

Котли ДКВР6,5-13 є застарілими котлами з низькою ефективністю спалювання палива.

Пропонується провести заміну котлів ДКВР-6,5-13 на нові котли КОЛВІ-4500.

Необхідно встановити два котли. Жаротрубний котел КОЛВІ-4500 має теплову потужність 4500 кВт. Коефіцієнт корисної дії цього котла за даними виробника 92 %.

У разі заміни котлів ДКВР-6,5-13 на сучасні котли КОЛВІ-4500 є можливість отримати економію природного газу за рахунок збільшення коефіцієнту корисної дії котлів.

Вироблена кількість теплової енергії на котлах ДКВР-6,5-13 зі спожитого природного газу котельною за опалювальний період 2017-2018 р. по середньому коефіцієнту корисної дії котлів по замірам (83,78 %), ГДж

$$Q_{\text{річн.}}^1 = G_{\text{г.річн.}}^1 \cdot Q_{\text{р}}^{\text{н}} \cdot \eta_{\text{к}}^1,$$

де $G_{\text{г.річн.}}^1$ – річне споживання природного газу при використанні котлів ДКВР-6,5-13, м³;

$Q_{\text{р}}^{\text{н}}$ – нижча теплотворна здатність природного газу, КДж/м³;

$\eta_{\text{к}}^1$ – ККД котла ДКВР-6,5-13.

Тоді

$$Q_{\text{річн.}}^1 = 1863060 \cdot 32600 \cdot 0,8378 \cdot 10^{-6} = 50884,4.$$

Витрата природного газу на вироблення тієї ж самої кількості тепла на нових котлах КОЛВІ-4500, м³/о.п.

$$G_{\text{г.річн.}}^2 = \frac{Q_{\text{річн.}}^1}{Q_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{к}}^2}$$

де $\eta_{\text{к}}^2$ – ККД котла КОЛВІ-4500.

Тоді

$$G_{\text{г.річн.}}^2 = \frac{50884,4}{32600 \cdot 0,92} \cdot 10^{-6} = 1696599,$$

Економія природнього газу при заміні котлів ДКВР-6,5-13 на котли КОЛВІ-4500, м³

$$\Delta G = G_{\text{г.річн.}}^1 - G_{\text{г.річн.}}^2 = 1863060 - 1696599 = 166461.$$

Економія грошових коштів при встановленні нових котлів, грн./о.п.

$$E = \Delta G \cdot (n_1 \cdot Z_1^{\text{газу}} + n_2 \cdot Z_2^{\text{газу}}) \cdot 1,2,$$

де n_1, n_2 – доля споживання бюджетних організацій та населення відповідно;

$Z_1^{\text{газу}}, Z_2^{\text{газу}}$ – вартість природного газу без ПДВ для бюджетних споживачів та населення, відповідно, грн./тис. м³;

1,2 – коефіцієнт, що враховує ПДВ.

Тоді

$$E = \frac{166461}{1000} \cdot (0,15 \cdot 5568,7 + 0,75 \cdot 1091) \cdot 1,2 = 330303.$$

Капітальні витрати на впровадження заходу - придбання нових котлів вартістю 700000 грн. кожен, витрати на їх встановлення та введення в експлуатацію 100000 грн.

Загальні капітальні витрати $K=1500000$ грн.

Термін окупності заходу, років:

$$T = \frac{K}{E} = \frac{1500000}{330303} = 4,54.$$

2.4.7 Заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі лампи

В даний час в системах внутрішнього і зовнішнього освітлення котельні використовуються лампи розжарювання потужністю 100 Вт. На момент проведення енергетичного аудиту на підприємстві ведеться успішна робота по заміні ламп на люмінесцентні, але з цієї котельні ще є потенціал для заміни ламп розжарювання на більш економічні.

Пропонується провести заміну ламп розжарювання на енергозберігаючі лампи.

Розглядаючи два можливих варіанти заміни ламп: світлодіодні (LED і люмінесцентні лампи ЛЛ), слід взяти до уваги наступні фактори. Хоча світлодіодні лампи мають світловіддачу приблизно в 1,5 рази більше (80...100) лм/Вт проти (60...70) лм/Вт у люмінесцентних), але ціна їх приблизно в 4 рази вище і, таким чином, термін окупності світлодіодних ламп в буде більше, ніж у люмінесцентних. Враховуючи той факт, що котельня працює півроку (близько 12 годин на добу протягом 180 днів на рік для кожної лампи), вважається більш доцільним встановити люмінесцентні лампи, що вимагає менше витрачених коштів і призводить до дуже короткому терміну окупності.

Люмінесцентні лампи відносяться до енергоефективних джерел світла: вони мають більш високу світловіддачу (лампи MAXUS, 4100К - 70 лм/Вт) в порівнянні з лампами розжарювання (10...12) лм / Вт.

В даний час промисловістю випускаються люмінесцентні лампи з цоколями E17, E27 потужністю 20, 21 Вт, що еквівалентно по світловіддачі лампам розжарювання потужністю 100 Вт.

Розрахуємо споживання електричної енергії системою освітлення з лампами розжарювання за опалювальний період, кВт·год/рік

$$P_1 = N_{\text{НОМ}}^{\text{розж}} \cdot n \cdot \tau \cdot k_{\text{п}},$$

де $N_{\text{НОМ}}^{\text{розж}}$ – номінальна потужність однієї лампи розжарювання, Вт;

n – кількість ламп;

τ – період роботи системи освітлення за опалювальний період $\tau = 180 \cdot 12 = 2160$, год;

$k_{\text{п}}$ – коефіцієнт попиту, $k_{\text{п}} = 0,7$.

Тоді

$$P_1 = 100 \cdot 50 \cdot 2160 \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} = 7560.$$

Термін служби лампи розжарювання, років

$$\tau_1 = \frac{\tau_1^{\text{НОМ}}}{\tau} = \frac{1000}{2160} = 0,46,$$

де $\tau_1^{\text{НОМ}}$ – ресурс роботи лампи розжарювання.

Отже, при використанні ламп розжарювання, їх необхідно міняти двічі за опалювальний період.

Витрати на заміну ламп розжарювання, грн/рік

$$Z_1^{\text{зам}} = \frac{n \cdot Z_{\text{л.р.}}}{\tau_1},$$

де $Z_{\text{л.р.}}$ – вартість однієї лампи розжарювання, $Z_{\text{л.р.}} = 6$ грн;

Тоді

$$Z_1^{\text{зам}} = \frac{(50 \cdot 6)}{0,46} = 648.$$

Розрахуємо споживання електричної енергії системою освітлення з люмінесцентними лампами за опалювальний період, кВт·год/рік

$$P_2 = N_{\text{НОМ}}^{\text{ЛЮМ}} \cdot n \cdot \tau \cdot k_{\text{п}} \cdot 1,1,$$

де $N_{\text{НОМ}}^{\text{ЛЮМ}}$ – номінальна потужність люмінесцентної лампи, Вт;

1,1 – коефіцієнт, що враховує споживання пускорегулюючого приладу люмінесцентних ламп.

Тоді

$$P_1 = 21 \cdot 50 \cdot 2160 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} = 1746.$$

Термін служби люмінесцентних ламп, років

$$\tau_1 = \frac{\tau_2^{\text{НОМ}}}{\tau} = \frac{12000}{2160} = 5,56,$$

де $\tau_2^{\text{НОМ}}$ – ресурс роботи люмінесцентної лампи.

Таким чином, встановивши люмінесцентні лампи, протягом більш ніж п'яти років не буде потрібно витрат на їх заміну.

Витрати на заміну ламп розжарювання, грн/рік

$$Z_2^{\text{зам}} = \frac{n \cdot Z_{\text{л.л.}}}{\tau_1},$$

де $Z_{\text{л.л.}}$ – вартість однієї люмінесцентної лампи, $Z_{\text{л.л.}} = 45$ грн;

Тоді

$$Z_2^{\text{зам}} = \frac{(50 \cdot 45)}{5,56} = 405.$$

Економія електричної енергії при встановленні люмінесцентних ламп,
кВт·год/рік

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 7560 - 1746 = 5814.$$

Економія грошових коштів при встановленні люмінесцентних ламп,
грн/рік

$$E = \Delta P \cdot Z_{\text{ел.ен.}} + Z_1^{\text{зам}} = 5814 \cdot 1,5098 + 648 = 9425.$$

При розрахунку економії грошових коштів враховується той факт, що встановивши люмінесцентні лампи протягом більш ніж п'яти років не будуть витрачатись кошти на заміну ламп.

Капітальні витрати на впровадження заходу – придбання люмінесцентних ламп у кількості п'ятдесят одиниць. Отже, капітальні витрати становитимуть, грн.

$$K = n \cdot Z_{\text{л.л.}} = 50 \cdot 45 = 2250.$$

Термін окупності заходу, о.п.

$$T = \frac{K}{E} = \frac{2250}{9425} = 0,24.$$

2.5 Висновки по розробленим енергозберігаючим заходам

Зведемо результати розроблених енергозберігаючих заходів в таблицю 2.7.

Представимо строк окупності енергозберігаючих заходів графічно на рисунку 2.12.

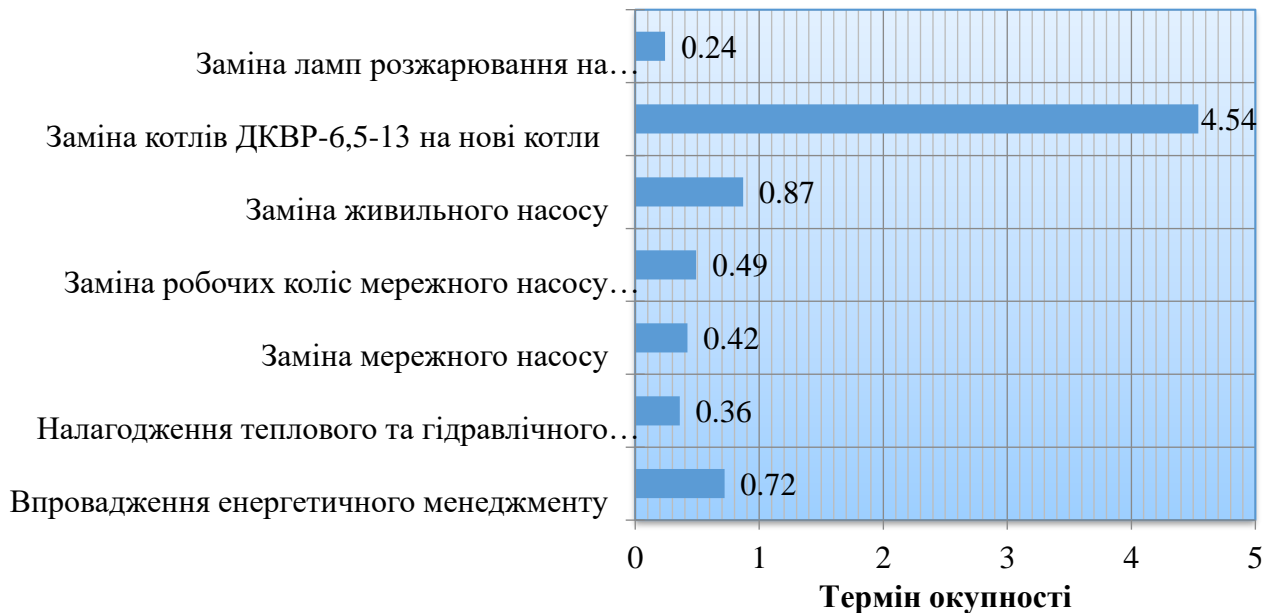


Рисунок 2.12 – Термін окупності енергозберігаючих заходів

На рисунку 2.12 видно, що термін окупності більшості енергозберігаючих заходів не перевищують один опалювальний період. Найдовший термін окупності має захід по заміні котлів ДКВР-6,5-13 на нові котли КОЛВІ-4500 – 4,54 опалювальні періоди. Також термін окупності більше року має захід по впровадженню енергетичного менеджменту – 1,36 о.п.

Низьке значення терміну окупності визначає економічну ефективність енергозберігаючого заходу. Отже, можна зробити висновок, що більшість енергозберігаючих заходів є просто необхідними для раціонального використання палива та електричної енергії.

Таблиця 2.7 – Енергозберігаючі заходи

	Енергозберігаючий захід	Економія енергетичних ресурсів		Капітальні витрати, грн	Економія за опалювальний період, грн/о.п.	Строк окупності, оп.п.
		Природний газ, м ³ /о.п	Ел. ен., кВт·год/о.п			
1	Налагодження теплового та гідравлічного режиму теплової мережі	-	219912	120000	332023	0,36
2	Заміна мережного насосу	-	118360	75000	178701	0,42
3	Заміна робочих коліс мережного насосу Д-500-63	-	20400	15000	30799	0,49
4	Впровадження енергетичного менеджменту	18630	8170	100000	141999,8	0,72
5	Заміна живильного насосу	-	113872	150000	171925	0,87
6	Заміна котлів ДКВР-6,5-13 на нові котли	166461	-	1500000	330302	4,54
7	Заміна ламп розжарювання на люмінесцентні лампи	-	5814	2250	8777	0,24

З таблиці 2.7 видно, що найбільш капіталовитратним є енергозберігаючий захід по заміні котлів ДКВР-6,5-13 загальною вартістю 1,5 млн. грн. До найменш капіталовитратних можна віднести впровадження енергетичного менеджменту, заміну робочого колеса мережного насоса та заміну ламп розжарювання на енергозберігаючі лампи. Капітальні витрати цих заходів не перевищують 50 тис. гривень.

Найбільшу економію грошових коштів можна досягти у заходах по заміні котлів ДКВР-6,5-13 на нові котли КОЛВІ-4500 та налагодженні теплового та гідравлічного режиму теплової мережі. Але капітальні витрати на ці заходи відносяться до категорії середньовитратних та високовитратних.

Підприємство має право вирішувати які з запропонованих заходів будуть впроваджені. Заходи по енергозбереженню можна впроваджувати поступово за рахунок отримання економії від вже впроваджених заходів. Таким чином поступове впровадження заходів дозволить підвищити енергетичну ефективність котельної та знизити питомі витрати паливо-енергетичних ресурсів на вироблення одиниці теплоти.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Котельня, передбачена для отримання гарячої води для опалення та гарячого водопостачання населення. В котельні встановлено котли, які працюють на природному газі.

При виробництві теплової енергії мають місце шкідливі виробничі фактори, які мають прямий або непрямий вплив на умови праці робітників. До числа цих факторів у котельній відносяться: теплові випромінювання, різні шуми та вібрація, наявність частин, що обертаються насосних установок, можливі витіки газу у приміщення котельні.

Джерелами теплового випромінювань є обмурування котла, нагріте до високої температури, неізольовані або погано ізольовані ділянки паропроводу також можуть представляти собою небезпечні зони теплового випромінювання. Під впливом теплового випромінювання у людини спостерігається різке почастішання серцебиття, підвищення максимального і зниження мінімального артеріального тиску, почастішання дихання, підвищення температури тіла і посилення потовиділення.

Під час технологічного процесу вироблення теплоти в навколишнє середовище котельні можуть виділятися шкідливі газоподібні речовини.

У повітря робочої зони потрапляють такі газоподібні речовини: CO, SO₂, NO₂ і ін. Оксид вуглецю (II) є продуктом неповного згоряння палива. CO надходить в організм людини через дихальні шляхи. Через утворення карбоксигемоглобіну різко знижується здатність крові переносити кисень до тканин, може наступити кисневе голодування. Головним чином, це впливає на функції центральної нервової системи.. Оцінка факторів виробничого середовища і трудового процесу наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Оцінка факторів виробничого середовища і трудового процесу

Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДК)	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови, характер праці			Тривалість дії фактору за зміну, %
			I ступінь	II ступінь	III ступінь	
Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ I клас небезпеки II клас небезпеки III клас небезпеки:	10	7,99				85
SO ₂	2	2,4	1,2		-	85
NO ₂					-	
IV клас небезпеки: CO	20	22	1,1		-	85
Кремнію діоксид кристалічний при вмісті в пилю від 2 % до 10 %	4	24,79			6,2	85
Вібрація, дБ	92	96				100
Шум, дБ	70	88		3		100
Мікроклімат у приміщенні: - температура повітря, °C	18-27	31,5		4,5	-	85
- швидкість руху повітря, $\frac{m}{c}$	0,2-0,4	0,3			-	85
- відносна вологість повітря, %	60	54		-	-	85
- інфрачерво не випромінювання, $\frac{Вт}{m^2}$	100	1000		900	-	85
Важкість і напруженість праці	Категорія важкості – середньої важкості Па. Напруженість праці – помірно напружена.					

Сірчаний ангідрид має подразливу дію. При контакті з біологічними органами він викликає запальну реакцію, причому в першу чергу страждають органи дихання, шкіра і слизові оболонки очей. Діоксид азоту потрапляє в організм через дихальні шляхи і утворює в крові метгемоглобін. У робітників може виникнути кашель, задуха. У важких випадках може розвинутися набряк легень. Спостерігаються також головні болі, серцева слабкість.

Умови і характер праці відносяться до III класу 3 ступеня. Робоче місце має в наявності: 2 фактора I ступеня, 4 фактора II ступеня, 1 фактор III ступеня. За показниками робоче місце слід вважати з несприятливими умовами праці.

Робота обладнання створює в котельному залі шум і вібрацію, які перевищують гранично-допустимі значення 70 дБ - для шуму і 92 дБ - для вібрації. Ці фактори негативно впливають на людину, що знаходиться поблизу даного устаткування, а також негативно впливають на опорно-руховий апарат і слух людини. Незважаючи на ефективну теплоізоляцію котлів, трубопроводів пари і газоходів, в приміщенні виділяється надлишкове тепло, що створює в теплий період року в залі котельного цеху підвищену температуру (до 31,5 °С) і ускладнює віддачу тепла людським тілом при фізичній роботі в даному приміщенні.

3.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Від розглянутих вище потенційно шкідливих факторів виробничого середовища в котельному цеху можуть бути вжиті наступні заходи захисту.

Для захисту від теплових випромінювань і створення необхідних умов праці застосовують: теплову ізоляцію котлів, трубопроводів пари і газоходів; загальну природну припливну вентиляцію і локальну механічну витяжну вентиляцію з використанням вентиляторів; спецодяг та інші засоби індивідуального захисту; встановлюють раціональний режим праці та відпочинку та ін.

Одним з основних заходів щодо запобігання можливого отруєння оксидом вуглецю (II), сірчистим ангідридом, діоксидом азоту та іншими газами є своєчасне виявлення місць їхнього виділення і скупчення. Необхідною умовою, щоб їх концентрація у повітрі була нижче гранично припустимої концентрації є герметизація газових об'єктів, газозахисної апаратури для ізолювання органів дихання людини від навколишнього середовища.

Для зниження рівня шуму передбачено звукоізолювані кожухи на електродвигунах, насосів.

Для усунення вібрації передбачено: віброізоляція віброуючих пристроїв і устаткування; установка обладнання на амортизаторах; установка обладнання на самостійних фундаментах; віброізоляція майданчиків для обслуговування обладнання.

3.3 Виробнича санітарія

Використовуючи дані таблиці 3.1 можна зробити висновок, що швидкість руху повітря і відносна вологість в приміщенні знаходяться в межах норми, інфрачервоне випромінювання перевищує норму в 10 разів, а фактична температура повітря перевищує нормативну на 4,5 °С.

Для виведення теплонадлишків, тобто підтримання припустимої температури повітря і підтримання гранично припустимих концентрацій речовин у повітрі робочої зони використовується загальна природна та локальна механічна витяжна вентиляція.

При механічній вентиляції використовуються вентилятори, а при природній вентиляції повітря переміщується внаслідок різниці тисків зовнішнього і внутрішнього повітря. Для посилення видалення повітря з приміщень на шахті встановлюється дефлектор.

Приміщення цеху повинно бути освітлено таким чином, щоб забезпечити якісний монтаж котла, а при експлуатації, можливість правильної роботи.

Розряд зорової роботи IVa. Найменша освітленість при газорозрядних лампах і загальному освітленні складає 200 лк.

Згідно СНіПу II-4-79 «Природне і штучне освітлення» характеристику зорових робіт операторів котельні можна характеризувати як загальне спостереження за перебігом виробничого процесу з постійним перебуванням, що відповідає VIIa розряду. Для такої характеристики табличне значення коефіцієнта природної освітленості 0,2 %. На котельні також використовується штучне освітлення газорозрядними лампами високого тиску типу ДРЛ. Освітлювальні прилади в залежності від розташування обладнання знаходяться на різній висоті.

Розрахунок природного освітлення.

Нормативне значення коефіцієнта природного освітлення:

$$E_n = E_t \cdot t \cdot c,$$

де E_t - табличне значення коефіцієнта природної освітленості, $E_t = 0,2 \%$;
 t - коефіцієнт світлового клімату рівний 0,9 (для Запоріжжя пояс світлового клімату - IV);

c - коефіцієнт сонячності клімату, $c = 0,7$.

$$E_n = 0,2 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,126.$$

Розрахунковий коефіцієнт природної освітленості

$$E_p = \frac{100 \cdot S_0 \cdot \tau_0 \cdot r_1}{\eta_0 \cdot K_{зд} \cdot K_3 \cdot S_{п}},$$

де S_0 - площа світових проймів (вікон), 105 м^2 ;

$S_{п}$ - площа підлоги приміщення, 875 м^2 ;

η_0 - світлова характеристика вікна 23, приймається згідно до таблиці 26 СНіПу II-4-79;

r_1 - коефіцієнт, який враховує вплив світла, що відбивається. При двохсторонньому освітленні приймаємо рівним 1,5;

$\kappa_{зд}$ - коефіцієнт, що враховує затемнення вікон будівлями, що стоять навпроти. Приймаємо рівним 1, оскільки навпроти не має будівель.

κ_3 – коефіцієнт запасу. Приймаємо рівним 1,2;

τ_0 - загальний коефіцієнт світло проникнення.

Загальний коефіцієнт світло проникнення

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5$$

де $\tau_1 = 0,55$ - коефіцієнт світопропускання матеріалу;

$\tau_2 = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує втрати світла в рамах;

$\tau_3 = 1$ – коефіцієнт, який враховує трати світла в конструкціях;

$\tau_4 = 1$ – коефіцієнт, який враховує трати світла в сонцезахисних пристроях;

$\tau_5 = 1$ – коефіцієнт, який враховує трати світла в захисної сітці;

$$\tau_0 = 0,55 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,495.$$

Тоді

$$E_p = \frac{100 \cdot 105 \cdot 0,495 \cdot 1,5}{23 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 875} = 0,32.$$

Оскільки розрахункове значення коефіцієнта освітленості більше нормативного, то можна зробити висновок, що в приміщенні котельні забезпечується необхідна освітленість.

3.4 Електробезпека

Згідно Правил будови електроустановок приміщення котельного цеху можна віднести до сухих - приміщення, у яких відносна вологість повітря не перевищує 60 %, пильних - приміщення, у яких виділяється технологічний пил у кількості, достатньої для того, щоб він проникав під кожухи електрообладнання і осідав на проводах.

Всі випадки ураження людини струмом в результаті удару електричним струмом, тобто проходження струму через людину, є наслідком його дотику не менше ніж до двох точок електричного кола, між якими існує деяка напруга. Небезпека такого дотику оцінюється значенням струму, що проходить через тіло людини, або напругою, під якою опинилася людина, (напругою дотику), і залежить від ряду чинників: схеми включення людини в електричний ланцюг, напруги мережі, схеми самої мережі, режиму нейтралі мережі, ступеня ізоляції струмоведучих частин від землі, значення ємності струмоведучих частин щодо землі.

Зазначена небезпека не однозначна: в одних випадках включення людини в електроланцюг буде супроводжуватися проходженням через нього малих струмів і виявиться безпечним, в інших струми можуть досягати великих значень, здатних викликати смертельне ураження людини.

Мережі змінного струму бувають однофазними і багатофазними. У промисловості застосовують переважно трифазні мережі.

Котельня оснащена різноманітним електроустаткуванням: щити управління процесом вироблення та транспортування гарячої води, електродвигуни, циркуляційні і підживлюючі насоси, електроінструменти та інше.

З урахуванням середовища в приміщенні котельні його можна віднести до особливо небезпечного приміщенню по ураженню електричним струмом. Тут присутні наступні фактори: підвищена температура повітря

31,5 °C; струмопровідні підлоги; можливість одночасного дотику до металевих конструкцій електроустаткування і металевих конструкцій.

Живлення цих машин здійснюється від електромережі напругою 220 В і 380 В, яка є небезпечною для життя. При експлуатації електрообладнання в цеху може статися замикання на корпус. Дотик до такого устаткування є небезпечним. Тому необхідно передбачити відповідні засоби захисту від електричного струму.

В якості засобів захисту обладнання застосовуються захисне занулення, блокуванням апаратів для запобігання помилкових операцій, автоматичне захисне відключення, ізоляція струмоведучих частин та їх закриття, заземленням корпусів електрообладнання та елементів установок, які можуть опинитися під напругою.

В якості засобів індивідуального захисту від ураження електричним струмом в електромережах з напругою до 1000 В використовують: діелектричні рукавиці, інструмент з ізольованими ручками, вказівники напруги, діелектричні галоші, гумові килимки, ізолюючі підставки.

У мережі з заземленою нейтраллю напругою до 1000 В захисне заземлення неефективне, тому що струм глухого замикання на землю залежить від опору заземлення і зі зменшенням останнього струм зростає.

3.5 Пожежна безпека

Основними джерелами пожежної небезпеки в цеху є: технічні мастила, природній газ, кисень, відкритий вогонь при проведенні вогневих робіт, несправність електрообладнання та електроустановок, неізольовані поверхні трубопроводів пари і обладнання, аварії при експлуатації котлів, допоміжного обладнання з викидом іскор, вогню.

На котельні застосовуються матеріали, рідини і гази, здатні до горіння або які можуть утворювати вибухонебезпечні суміші.

Характеристика деяких матеріалів за пожеженебезпечністю та вибухонебезпечністю наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Характеристика матеріалів за пожеженебезпечністю та вибухонебезпечністю

Найменування	Температура самозаймання, °С	Температура спалаху, °С	Концентраційні межі вибуховості, %		Примітка
			НКМВ	ВКМВ	
Масло машинне	380	65	-	-	Горюча рідина
Оксид вуглецю	-	-	12,5	8	Горючий газ
Природний газ	630	-	2,5	15,4	Горючий газ
Руберойд	400	-	-	-	Горюча речовина

Виробничі приміщення і склади з вибухової, вибухопожежної та пожежної небезпеки поділяються на категорії: А, Б, В, Г, Д.

Метою встановлення категорій приміщень є розробка і проведення заходів, що знижують небезпеку виробництва, приведення всього обладнання відповідно до вимог для даної категорії.

Згідно ПБЕ приміщення та установки підрозділяються на пожеженебезпечні і вибухонебезпечні зони. Пожеженебезпечні зони поділяються на класи зон: П- I, П- II, П- II А, П- III. Вибухонебезпечні зони поділяються на такі класи зон: В- I, В- I А, В- I Б, В- I Г, В- II, В- II А.

Примітка. Категорія Г - вогнетривкі речовини в гарячому і розпеченому стані; виділення променевого тепла, іскор та полум'я; речовини, що

спалюються в якості палива. Категорія Д - вогнетривкі речовини і матеріали в холодному стані.

У котельні можливі пожежі 1-4 класу небезпеки. Для їх гасіння в котельні застосовуються первинні засоби гасіння пожеж, розміщені на пожежних щитах.

На пожежному щиті є: 1 вогнегасник типу ОП-5 або вуглекислотний типу ОУ для гасіння електромашин, 2 повітряно-пінні вогнегасники загального призначення типу ОВП-10 або ОВП-5 для гасіння інших пожеж, 1 лопата штикова, 1 відро конусне, сокира, брукхт ЛПТ. Встановлюється ящик з піском, об'ємом 1 м³. На території котельні існує пожежний гідрант.

Евакуаційні шляхи та виходи повинні постійно утримуватися вільними і в разі пожежі забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, що знаходяться в будівлях і приміщеннях.

Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівлі або приміщення. При наявності людей у приміщенні двері евакуаційних виходів можуть замикатися лише на внутрішні затвори. У виробничих приміщеннях, якщо площа перевищує 150 м², евакуаційні виходи повинні бути забезпечені світловими приладами з написом "Вихід" білого кольору на зеленому фоні. У кожному приміщенні, де перебувають люди, повинні бути вивішені плани евакуації в разі аварійних ситуацій.

ВИСНОВКИ

Котельня по вул. Гвардійській, 40/1 працює для надання послуг опалення. Встановлена потужність котельної 22,7 МВт. Гаряче водопостачання відсутнє. Основним споживачем є категорія населення – 85 %, бюджетні організації та інші споживачі – 15 %. Основними необхідними ресурсами для вироблення теплової енергії є природний газ, електрична енергія та питна вода.

На котельній добре влаштований технічний облік споживання природного газу, електричної енергії та води. Існуюча кількість приладів обліку дозволяє впровадити систему енергетичного менеджменту для неперервного аналізу потоків теплоти по всьому ланцюгу від вироблення теплоти до її кінцевого споживання, та для оперативного виявлення і усунення всіх виникаючих втрат і відхилень від оптимальних режимів.

Регулювання відпуску теплової енергії в мережу відбувається якісним способом за температурним графіком 95/70 °С. На основі даних підприємства був проведений регресійний аналіз відпуску теплової енергії та порівняні фактичні температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах. Аналіз показав, що фактичний відпуск теплоти котельної відхиляється від розрахункового в меншу сторону. На котельній мають місце відхилення від температурного графіку. Більш точне регулювання дозволить уникнути перевитрат теплової енергії.

Генерація теплової енергії відбувається на парових котлах ДКВР-6,5-13. Перегріта пара після пароперегрівача потрапляє на пароводяний теплообмінник де нагріває мережеву воду. По результатам розрахунків котел ДКВР-6,5-13 працював незадовільно. Водяний економайзер котла майже не виконує своїх функцій. Коефіцієнт корисної дії котла склав 83,76%. На підставі цього розглянуте питання про заміну котлів ДКВР-6,5-13 на сучасні жаротрубні котли КОЛВІ-4500.

В даний час в системах внутрішнього і зовнішнього освітлення котельні використовуються лампи розжарювання потужністю 100 Вт. На момент проведення енергетичного аудиту на підприємстві ведеться успішна робота по

заміні ламп на люмінесцентні, але з цієї котельні ще є потенціал для заміни ламп розжарювання на більш економні.

Розроблені заходи щодо збереження ПЕР по величині капіталовкладень можна розділити на маловитратні, середньовитратні, високовитратні.

До маловитратних можна віднести:

- впровадження енергетичного менеджменту;
- заміна робочих коліс мережного насосу;
- заміна ламп розжарювання на люмінесцентні лампи;

До середньовитратних можна віднести:

- заміна мережного насосу;
- налагодження теплового та гідравлічного режиму теплової мережі;
- заміна живильного насосу;

До високовитратних заходів відноситься заміна парових котлів на сучасні жаротрубні котли.

Варто відмітити, що з урахуванням росту тарифів на газ та електричну енергію економія грошових коштів від впровадження заходів по збереженню ПЕР буде зростати, а термін окупності знижуватись.

У розділі охорони праці були розглянуті заходи з техніки безпеки, складено технологічну карту умов праці оператора котла та виконано розрахунок освітлення робочої зони оператора котла.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Прокопенко В. В., Закладний О.М. Энергетичний аудит. –Київ: Освіта України, 2008. 201 с.
2. ДСТУ 4713:2007 Энергетичний аудит промислових підприємств. – Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 74 с.
3. Краткий физико-технический справочник т.3, под общей редакцией К. П. Яковлева. - Москва: Государственное издательство физико-технической литературы, 1962. 206 с.
4. Е. Я. Соколов Теплофикация и тепловые сети.- Москва. Энергоиздат, 1982. 73 с.
5. Є. М. Крючков. Проектування систем теплопостачання. Навчально-методичний посібник.- Запоріжжя, 2010. 283с
6. П. М. Єнін, Н.А. Швачко. Теплопостачання. – Київ. Кондор, 2007р.
7. Иванов В.А. Тепловые расчеты водяных систем теплоснабжения: Учеб. Пособие. Саратов, 1992. 73 с.
8. Алпатов Б.П. Разработка критериев и метода комплексной оценки эффективности систем теплоснабжения жилых массивов по степени их централизации: Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.23.03. - Воронеж, 1998. 16 с.
9. Борисов Б.Г. Отопление промышленных предприятий : Текст лекций по курсу «Источники и системы теплоснабжения промпредприятий» / Под ред. В.Н.Папушкина. Москва : Изд-во МЭИ, 1992. 51с.
10. Энергетический менеджмент / А. А. Праховник, А. И. Соловей др..- Киев:ИЭЭ НТУУ «КПИ», 2001. 122 с.
11. Бердышев Н. Ю. Энергосбережение в зданиях и сооружениях. ЗГИА.-2004.54с.
12. Энергоаудит промышленных и коммунальных предприятий. Варнавский Б.П. Колесников А.И. Учебное пособие.- Ассоциация энергоменеджеров, М., 1999 г.

13. Повышение энергетической эффективности вентиляционно-отопительных систем (принципы энергоаудита). И.Р. Щекин. Харьков., «Форт», 2003.
14. Учебное пособие по энергетическому обследованию коммунального хозяйства и промышленных предприятий Колесников А.И. Федоров М.Н. Московский институт коммунального хозяйства и строительства (МИКХиС). М. 1997г.
15. Энергоаудит. Пособие для слушателей образовательных курсов по энергетическому менеджменту. Государственный комитет Украины по энергосбережению.
16. "Методика проведения энергетических обследований предприятий и организаций" (утверждена начальником Главгосэнергонадзора РФ Б.П. Варнавским 23.12.98 г.) Авторский состав: А.Афонин, Н.Коваль, А.Сторожков, В.Шароухова
17. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию. Под ред. Н.К.Громова, Е.П.Шубина. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
18. Инструкция по эксплуатации тепловых сетей. М.:Энергия, 1972.
19. Рекомендации по определению технико-экономических показателей котельных. Серия Ж-5-26. ГПИ Сантехпроект.
20. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыжичев М.Г. Хрестоматия энергосбережения. Справочное издание в 2-х книгах. Книга 2. Под ред. Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2005.-768с.
21. Манюк А. И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Справочник.. 1988 г.
22. Зеркалов Д.В. Експлуатація котельних установок: Довідник. Київ : Техніка, 1992. 144 с.
23. Роддатіс К.Ф., Полтарецький А.Н. Довідник по котельним установкам малої продуктивності. Москва : Вища школа, 1989. 487 с.
24. Борщов Д.Я. Пристрій і експлуатація опалювальних котелень малої потужності: навч. посібник. Москва : Будвидав, 1982. 360 с.

25. Ліберман Н. Б., Нянковская М. Т. Довідник з проектування котельних установок систем централізованого теплопостачання (Загальні питання проектування та основне обладнання). Москва : Енергія, 1979. 224 с.
26. Гідравлічний розрахунок котельних агрегатів: Нормативний метод / Під ред. В. А. Локшіна. Москва : Енергія, 1978. 255 с.
27. Павлов І.І., Федоров М.М. Котельні установки і теплові мережі. 2-е вид., Перероб. і доп. Москва : Стройиздат, 1977. 304 с.
28. Панін В.І. Котельні установки малої та середньої потужності. 4-е изд, перероб. і доп. Москва : Стройиздат, 1975. 382 с.
29. Васильєв А.В., Антропов Г.В., Баженов А.І. Підвищення надійності водогрійних котлів. *Промислова енергетика*. 1998. № 7. С. 28 - 32
30. Степанов Д.В., Ткаченко С.І., Боднар Л.А. Залежності для теплових розрахунків котлів малої потужності . *Енергетика енергомеханіки*. 2006. № 2. С. 31-40.
31. Степанов Д.В., Боднар Л.А. Критерії оцінки ефективності теплообміну для котлів малої потужності. *Енергетика та електротехніка*. 2008. № 4. С.1-7.
32. Упрощенная методика теплотехнических расчетов. Пятое издание. М. Б. Равич. – Ленинград: «Наука», 1966.- 414с.
33. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010. Будівельна кліматологія. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010.
34. О. М. Алабовський, М. Ф. Боженко, Ю. В. Проектування котелень промислових підприємств. – Київ: «Вища школа», 1992. - 206с.
35. К. В. Тихомиров, Э. С. Сергеенко. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. – Москва: Стройиздат, 1991. – 480с.
36. Безпека технологічних процесів та обладнання. Навчальний посібник / Укл. В.К. Тарасов. – Запоріжжя, 2005. – 117с.
37. СНиП 11-4-79. Естественное и искусственное освещение.
38. Кнорринг Г.М. Справочная книга по проектированию электрического оборудования. – Л.: Энергия, 1976. – 391с.

39. ДСН 3.3.6.0370-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвучу та інфразвучу.

40. СНиП 11-12-77. Защита от шума.

41. «Норми безоплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам житлово-комунального господарства» від 10.12.2015 року.