

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

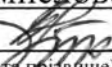
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ**

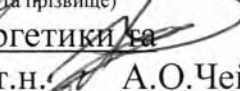
Кваліфікаційна робота
другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення енергетичної ефективності системи теплопостачання
«Запоріжвогнетрив»

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)

Кочин Дмитро Сергійович
(ініціали та прізвище)

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

Рецензент зав.кафедри теплоенергетики та
гідроенергетики, професор, д.т.н.  А.О.Чейлитко
(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

«01» грудня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Кочину Дмитру Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Підвищення енергетичної ефективності системи тепlopостачання «Запоріжвогнетрив»

керівник роботи Банах Віктор Аркадійович д.т. н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

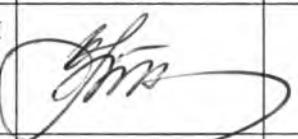

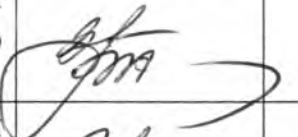



2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020р.

3 Вихідні дані до роботи Теплоносій в системі опалення - вода, з температурою в подавальному трубопроводі 95 °С, та в зворотному 70 °С. Паливо - природний газ. Система тепlopостачання замкнута, 4-х трубна. Прокладка трубопроводів - повітряна, теплова ізоляція - мінеральна вата.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз об'єкта дослідження. Збір даних та їх аналіз. 2. Розробка заходів з підвищення енергетичної ефективності системи тепlopостачання ПАТ «Запоріжвогнетрив». 3. Розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Теплові навантаження споживачів 2. Результати тепловізійного обстеження котельні 3. Споживання паливно – енергетичних ресурсів. 4. Аналіз об'ємів відпуску теплової енергії залежно від температури зовнішнього повітря 5. Математичний аналіз показників роботи котельні. 6. Технічні показники перспективних котелень

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 розділ	Банах В.А., професор кафедри промислового та цивільного будівництва		
2 розділ	Банах В.А., професор кафедри промислового та цивільного будівництва		
Охорона праці	Банах В.А., професор кафедри промислового та цивільного будівництва		

5 Дата видачі завдання 1 червня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Аналіз об'єкта дослідження. Збір даних та їх аналіз.	1.06.2020- 1.08.2020
2	Розробка заходів з підвищення енергетичної ефективності системи тепlopостачання ПАТ «Запоріжвогнетрив»	1.08.2020-1.10.2020
3	Розробка заходів з охорони праці і техніка безпеки	1.10.2020- 1.11.2020
4	Розробка графічного матеріалу	1.11.2020-1.12.2020

Студент

(підпис)

Д.С. Кочин

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

(підпис)

В.А. Банах

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

Ю.М. Каюков

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Кочин Д.С. Підвищення енергетичної ефективності системи теплопостачання «Запоріжвогнетрив».

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

Виконано аналіз літературних джерел, які стосуються нагріву котельного обладнання. Розраховані теплові навантаження споживачів ПАТ «Запоріжвогнетрив» з найбільшим відсотком використання палива. Виконано тепловізійне обстеження котлів, яке виявило зони локального підвищення температури на поверхні обмурування котлів. Виконано математичний та графічний аналіз показників роботи котельні, розглянуто існуючу систему теплопостачання ПАТ «Запоріжвогнетрив», а також опрацьовано декілька варіантів перспективного розвитку системи теплопостачання.

Ключові слова: котельня, система теплопостачання, енергетичні ресурси, енергоефективність, енергоспоживання.

ABSTRACT

Kochin D. Improving the energy efficiency of the heat supply system "Zaporizhvognitrv".

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

The analysis of literature sources concerning heating of the boiler equipment is executed. The heat loads of consumers of PJSC "Zaporizhvognitrv" with the highest percentage of fuel use are calculated. Thermal imaging inspection of boilers was performed, which revealed areas of local temperature rise on the surface of boiler

boilers. Mathematical and graphic analysis of boiler house performance indicators was performed, the existing heat supply system of PJSC "Zaporizhvognetriv" was considered, and several options for long-term development of the heat supply system were worked out.

Key words: boiler house, heat supply system, energy resources, energy efficiency, energy consumption audit.

АННОТАЦИЯ

Кочин Д.С. Повышение энергетической эффективности системы теплоснабжения «Запорожогнеупор».

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

Выполнен анализ литературных источников, касающихся работы котельного оборудования. Рассчитаны тепловые нагрузки потребителей ОАО «Запорожогнеупор» с наибольшим процентом использования топлива. Выполнено тепловизионное обследование котлов, которое выявило зоны локального повышения температуры на поверхности обмуровки котлов. Составлен математический и графический анализ показателей работы котельной, рассмотрена существующая система теплоснабжения ОАО «Запорожогнеупор», а также проработано несколько вариантов перспективного развития системы теплоснабжения.

Ключевые слова: котельная, система теплоснабжения, энергетические ресурсы, энергоэффективность, энергопотребление.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1 Загальні відомості про підприємство	9
1.3 Аналіз ефективності системи теплопостачання	17
1.4 Тепловізійне обстеження обладнання котельні.....	18
1.5 Аналіз втрат теплової енергії у мережах.....	22
1.6 Прогнозування питомих втрат	24
2 ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»	26
2.1 Розрахунок питомих витрат палива	26
2.2 Графічний та математичний аналіз показників роботи котельні	35
2.2.1 Графічний аналіз показників роботи котельні	35
2.3 Математичний аналіз показників роботи котельні	37
2.4 Аналіз варіантів перспективного розвитку системи теплопостачання.....	43
2.5 Оптимізація існуючої схеми теплопостачання.....	77
2.6 Укрупненні показники економічної доцільності опрацьованих варіантів.....	80
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	83
3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	83
3.2 Заходи щодо поліпшення умов праці	84
3.3 Виробнича санітарія	86
3.4 Електробезпека.....	88
3.5 Пожежна безпека	89
3.6 Розробка внутрішнього водяного пожежогасіння.....	90
ВИСНОВКИ.....	92
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	95

ВСТУП

Актуальність роботи. На розвиток підприємств в нашій країні істотно впливає висока частка енергетичних втрат у витратах виробництва, яка на промислових підприємствах складає в середньому (8-12) % і має постійну тенденцію до зростання в зв'язку з великим моральним і фізичним зносом основного обладнання та значними втратами при транспортуванні енергетичних ресурсів. У зв'язку з цим одною з визначальних умов зниження витрат на промислових підприємствах і підвищення економічної ефективності виробництва є раціональне використання енергетичних ресурсів. Разом з цим, енергозберігаючий шлях розвитку економіки можливий тільки при формуванні та подальшій реалізації програм енергозбереження на окремих підприємствах. Питання використання палива теплової енергії та палива залишаються актуальними в даний час.

Оптимально функціонування системи тепlopостачання, стає все більш актуальними в наш час. При цьому доцільно в комплексі розглядати вимоги екологічності та економічності.

Мета роботи і завдання досліджень. Головна мета дослідження полягає у виявленні стану існуючої системи тепlopостачання, а також опрацьованих декількох варіантів її перспективного розвитку. Основними завданнями дослідження є:

- розробка питань, що до теплотехнічного обладнання та оцінки його ефективності, прогнозування питомих витрат ПЕР;
- аналіз втрат теплової енергії; виявлення об'єктів підприємства, які потребують оптимізації та підвищення ефективності використання ресурсів;
- опрацювання питання про доцільність децентралізації системи тепlopостачання ПАТ «Запоріжвогнетрив».

Об'єкт дослідження. Теплові процеси, що відбуваються при транспортуванні теплоносія.

Предмет дослідження: вплив температури зовнішнього повітря на споживання теплової енергії, та природного газу .

Методи дослідження. Використано числовий, розрахунково – дослідницький метод, поєднуючи нормативних характеристик, заснованих на результатах дослідження і експлуатаційних даних, виконано тепловізійне обстеження теплообмінного обладнання.

Наукова новизна отриманих результатів. Отримано залежність, щодо використання відпуску теплової енергії при зниженні температури зовнішнього повітря, та залежність питомих витрат палива від обсягу теплової енергії, при зростанні відпуску теплоти.

Практичне значення одержаних результатів. На основі розробленого математичного аналізу запропоновано енергоефективний режим роботи котельні на ПАТ «Запоріжвогнетрив».

Визначений раціональний режим котельної установки, що дозволить з економити близько 2400 тис.грн. на рік.

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. Загальний обсяг складає 98 сторінок, 53 таблиці, 16 рисунків, список посилань з 43 джерел.

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про підприємство

Публічне акціонерне товариство «Запоріжвогнетрив» - одне з найбільших підприємств в Україні з виробництва вогнетривких виробів і матеріалів високої якості.

Підприємство займається виробництвом та реалізацією вогнетривкої продукції, товарів споживчого призначення, проектуванням, будівництвом та реконструкцією виробничих будівель та споруд, ремонтом, обслуговуванням та експлуатацією промислового обладнання об'єктів промислового призначення об'єктів житлового фонду, інженерних мереж та систем і т.д.

Продукція підприємства, що виправдовує і перевершує очікування споживача, користується попитом не тільки в Україні, а й за кордоном.

Застосування високо чистої імпортової та вітчизняної сировини і наявність сучасного змішувального обладнання, [2] пресів фірми «Лайс - Бюхер» (Німеччина) і високоточних вагових дозаторів дозволяє отримати вироби з високими технічними характеристиками.

На підприємстві розроблена і функціонує «Система менеджменту якості», що визначає відповідність вимогам міжнародного стандарту [17] «ІСО 9001:2000 р. в Німецькій системі сертифікації».

ПАТ «Запоріжвогнетрив» постійно проводять роботи, спрямовані на своєчасне оновлення і вдосконалення техніко-економічної бази підприємства з метою кардинального підвищення якості продукції, забезпечення її конкурентоспроможності на ринку вогнетривів. Технічне переозброєння і реконструкція виробництва, освоєння нових видів продукції, поліпшення якості вогнетривів - це пріоритетні напрямки розвитку ПАТ «Запоріжвогнетрив».

1.2 Загальна характеристика системи теплопостачання

Система теплопостачання ПАТ «Запоріжвогнетрив» територіально поділена на два підрозділи. Всього в системі теплопостачання 3 діючих котельні.

Котельня №3 ПАТ «Запоріжвогнетрив» призначена для теплопостачання теплом та гарячою водою заводу. Для забезпечення якісного та надійного теплопостачання на котельні встановлене високотехнологічне обладнання різного рівня складності.

Загальна встановлена теплова потужність котлів складає 37,80 МВт. В таблиці 1.1 представлені основні данні котлів, які встановлені на котельні.

Таблиця 1.1 – Характеристика встановлених котлів

Тип / марка котла	Вид палива	Паспортна питома витрата палива, кг у. п./ ГДж (кг у. п./ Гкал)	Паспортний ККД, %
КВГМ-10 №1	газ	(155,2) 37,076	92
КВГМ-10 №2	газ	(155,2) 37,076	92
КВГМ-10 №3	газ	(155,2) 37,076	92
Е-1/9 №1	газ	(166) 39,65	86
Е-1/9 №2	газ	(166) 39,65	86
Е-1/9 №3	газ	(166) 39,65	86

В якості палива на котельній використовують природний газ. Подача газу здійснюється з міського газопроводу. Зниження тиску газу до заданої величини здійснюється в окремо розташованому ГРП.

Приготування та відпуск гарячої води здійснюється безпосередньо в котельні.

Теплоносій в системі опалення - гаряча вода, з температурою в подавальному трубопроводі 95 °С, та в зворотному 70 °С.

В якості вторинного джерела теплової енергії на підприємстві використовується технологічний пар.

Система теплопостачання закрита, 4-х трубна. Протяжність теплових мереж, що знаходяться на балансі підприємства, становить близько 19,886 км у однострубічному обчисленні. Прокладка трубопроводів - повітряна, теплова ізоляція - мінеральна вата.

Для підтримки постійного тиску теплоносія в системі заповнення витоків застосовується підживлення системи хімічно деаерованою водою. Хімічне очищення води здійснюється 6-ма фільтрами Д1500. В якості активної речовини використовується катіоніт КУ-2-8. В таблиці 1.2 представлена характеристика вузла ХВП.

Таблиця 1.2 - Характеристика вузла ХВП

Тип марка фільтру	№ та маркування на технологічній схемі	Діаметр фільтру, D, м	Активна речовина
Д1500	№1 ПК	1500	катіоніт КУ-2-8
Д1500	№2 ГЖ	1500	катіоніт КУ-2-8
Д1500	№3 ПК	1500	катіоніт КУ-2-8
Д1500	№4 ПК	1500	катіоніт КУ-2-8
Д1500	№1 ВК	1500	катіоніт КУ-2-8
Д1500	№2 ВК	1500	катіоніт КУ-2-8

Для глибокого видалення корозійно-активних та інертних газів з води використовується деаерація. В таблиці 1.3 представлена характеристика деаераційного обладнання.

Таблиця 1.3 - Характеристика деаераційного обладнання

Тип/марка деаераційного обладнання	Продуктивність G, м ³ /год
ДСА-50	25
ДСВ-50	50

Для покриття пікових витрат гарячої води на території котельні встановлений 1 бак ГВП об'ємом 100 м³. В таблиці 1.4 представлена характеристика встановлених баків на котельні.

Таблиця 1.4 - Характеристика встановлених баків

Об'єм баку V, м ³	Призначення баку	Результати останньої технічної діагностики
100	ГВП	придатний
100	Підживлення	придатний
0,16	Солерозчинник	придатний
6,65	Розчину солі	придатний
1,5	Підживлення Е-1/9	придатний

Для безперервного підводу в топку котла повітря, необхідного для нормального згоряння палива, та відводу продуктів згоряння в димову трубу, на котельні встановлено тягодуттєве обладнання. В таблиці 1.5 представлена характеристика встановлених димососів та електричного двигуна.

Таблиця 1.5 - Характеристика встановлених димососів та електричного двигуна

Тип / марка димососа	№ на технологічній схемі котла до якого відноситься	Характеристики димососа			Характеристики електричного двигуна		
		G, м ³ /год	P _н , Па	n, об/хв	Тип / марка електро-двигуна	N, кВт	n, об/хв
ДН-1215	КВГМ-10 №1	26100	154	1000	ТТМ-Filiasi	55	980
ДН-1215	КВГМ-10 №2	26100	154	1000	ТТМ-Filiasi	55	980
ДН-1215	КВГМ-10 №3	26100	154	1000	ТТМ-Filiasi	55	980

На котельній встановлено такі насоси:

- два мережних насоса ЦН-400-105, які призначені для забезпечення циркуляції води в мережі та через котел;

- два рециркуляційні насоса НКУ-150 – для підмішування частини перегрітої води після котлів в трубопровід перед котлом, що забезпечує підтримання температури води перед котлами на рівні 70 °С;

- два підживлюючі насоси К-20-30 – для заповнення витрат мережної води та підтримки постійного тиску в зворотному трубопроводі;

- два насоси робочої рідини К-20-30 – для приготування деаераційної води;

- три насоса сирої води КМ-100-65-180 – для подачі сирої води в котельню;

- три насоса гарячої води КМ-100-200 – для подачі гарячої води.

Перелік насосного обладнання представлено в таблиці 1.6. В таблиці 1.7 - представлена характеристика встановлених вентиляторів, та електродвигунів.

Таблиця 1.6 - Характеристика встановленого насосного обладнання

Тип / марка насоса	Призначення насоса	№	Характеристики насоса			Характеристики електричного двигуна		
			G, м ³ /год	H, м. вод. ст.	n, об / хв	Тип / марка електродвигуна	N, кВт	n, об/хв
ЦН-400-105	Мережевий	45	400	150	1500	4А315М493	200	1415
ЦН-400-105		46	400	150	1500	4А315М493	200	1415
НКУ-150	Рециркуляційний	43	150	35	1450	YA200L493	45	1463
НКУ-150		44	150	35	1450	YA200L493	45	1463
К-20-30	Підживлення	13	20	30	2900	AUP100S2Y2	4	2880
К-20-30		14	20	30	2900	AUP100S2Y2	4	2880
К-20-30	Робочої рідини	20	20	30	2900	AUP100S2Y2	4	2880
К-20-30		21	20	30	2900	AUP100S2Y2	4	2880
КМ-100-65-180	Сирої води	17	100	65	2900	4АМ180М2ЖУ2	19	2900
КМ-100-65-180		18	100	65	2900	4АМ180М2ЖУ2	19	2900
КМ-100-65-180		70	100	65	2900	4АМ180М2ЖУ2	19	2900
КМ-100-65-200	ГВП	10	100	50	2900	4АМ180М2ЖУ2	19	2900
КМ-100-65-200		11	100	50	2900	4АМ180М2ЖУ2	19	2900
КМ-100-65-200		12	100	50	2900	4АМ180М2ЖУ2	19	2900

Таблиця 1.7 - Характеристика встановлених вентиляторів та електродвигунів

Тип / марка вентилятора	№ на технологічній схемі котла до якого відноситься	Характеристики вентилятора			Характеристики електричного двигуна		
		G, м ³ /год	H, Па	n, об/хв	Тип / марка електродвигуна	N, кВт	об/хв
ВДН-10	КВГМ-10 №1	13100	154	1000	4A180M6Y3	18,5	980
ВДН-10	КВГМ-10 №2	13000	164	1000	4A180M6Y3	18,5	980
ВДН-10	КВГМ-10 №3	13000	164	1000	4A180M6Y3	18,5	980

Прилади обліку енергоносіїв та теплової енергії наведенні в таблицях 1.8 - 1.11.

Таблиця 1.8 - Прилади обліку природного газу

Параметр, що вимірюється	Тип / марка первинного приладу	Тип / марка корректора газу	Перелік параметрів, що вимірюються
Загальне споживання по котельні	Дкс-0,6-300 Сапфир 22м-дд Мида, ТСП-1088	СПГ-761	Витрати, тиск, температура

Таблиця 1.9 - Прилади обліку електричної енергії

Параметр, що вимірюється	Тип встановленого приладу обліку	Напруга мережі електроживлення, кВ	Номінальна потужність трансформатора струму, А	Номінальна потужність трансформатора напруги, В
Загальне споживання по котельні	Енергомера 6850М	6,0	100/5	6000/100

Таблиця 1.10 - Прилади обліку холодної води

Параметр, що вимірюється	Тип встановленого приладу обліку	Місце встановлення	Одиниці вимірювання
Загальне споживання по	СИЧ-Узв, ПР150	на вводі	м ³ /год
На потреби вузла ХВП	СИЧ-Узв, ПР150	на вводі	м ³ /год
На підживлення	СИЧ-Узв, ПР150	після	м ³ /год

Таблиця 1.11- Прилади обліку теплової енергії

Параметр, що вимірюється	Тип встановленого приладу обліку	Одиниці вимірювання	Перелік параметрів, що вимірюються
Відпуск теплової енергії котельнею	СИЧ Узв, ПР300, СПТ961	Гкал	Витрати, температура

Характеристика теплового навантаження споживачів (див. рис. 1.1), які прийняті згідно розрахункової схеми теплових мереж підприємства та розраховані при температурі зовнішнього повітря в опалювальний період $t_{30} = -21\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Сумарні теплові навантаження споживачів ПАТ «Запоріжвогнетрив» складають 28489,27 кВт.

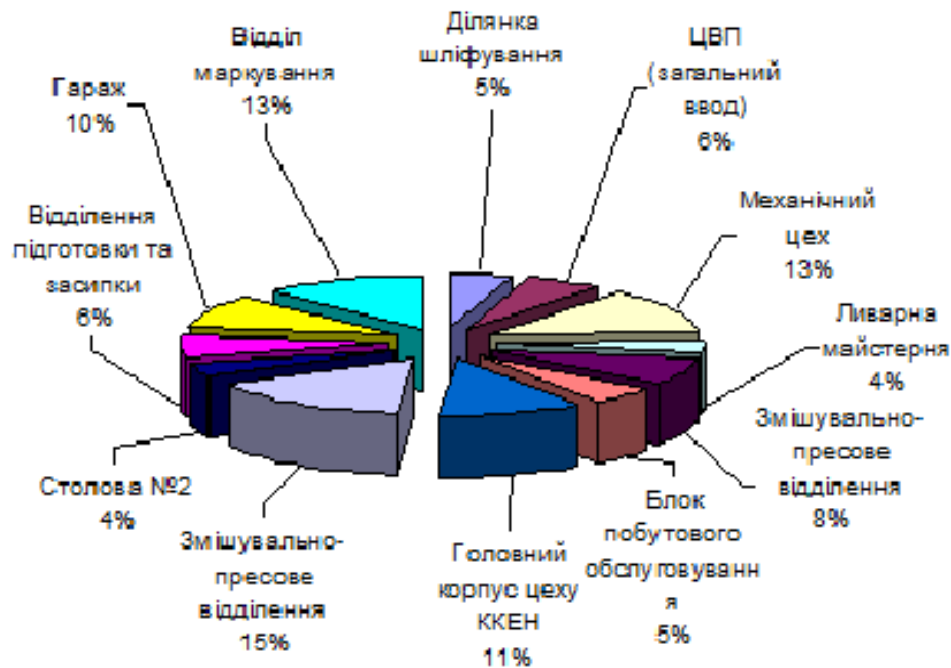


Рисунок 1.1 – Теплові навантаження споживачів

1.3 Аналіз ефективності системи тепlopостачання

1.3.1 Прилади, що були застосовані при виконанні обстеження

Тепловізор Ti10, виробництва Fluke (зав. № Ti10-0805146):

- вимірювання температури від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- точність вимірювання $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ або 5 %;
- режими вимірювання Smooth Auto-Scaling;
- кут зору $23\text{ }^{\circ}\times 17\text{ }^{\circ}$;
- тип датчика - матриця 160×120 в фокальній площині;
- тип об'єктива 20 мм EFL, F/0.8 лінза

- теплова чутливість (NETD) $\leq 0,2$ °C при 30 °C (200мК);
- інфрачервоний спектральний від 7,5 мкм до 14 мкм;

Світловіддалемір лазерний Fluke 42ID, виробництва компанії Fluke №1014040044):

- точність вимірювань до 10 м $\pm 1,5$ мм;
- технологія посилення сигналу від 0,05 м до 1100 м;
- найменша одиниця вимірювання 0,1 мм;
- датчик нахилу, по відношенню до лазерного променя $\pm 0,3$ мм.

1.4 Тепловізійне обстеження обладнання котельні

Тепловізійне обстеження - це сучасний метод неруйнівного контролю. Тепловізійне обстеження проводиться за допомогою тепловізора. Тепловізор - це цифровий фотоапарат, матриця якого вловлює інфрачервоне, тобто теплове випромінювання і перетворює його в зображення, де кожній температурі відповідає свій колір.

Переваги тепловізійних обстежень:

- виявлення дефектів методом неруйнівного контролю;
- достовірність, об'єктивність і точність одержуваних відомостей;
- безпека при проведенні обстеження устаткування;
- не вимагається відключення і демонтаж устаткування;
- великий обсяг виконуваних робіт за одиницю часу;
- можливість визначення дефектів на ранній стадії розвитку;
- запобігання аварій і пошкоджень обладнання
- перехід на ремонт по стану обладнання;
- паспортизація теплової ізоляції;
- контроль якості виконання ремонтних робіт.

Види дефектів, які можуть бути виявлені при проведенні тепловізійного обстеження:

- дефекти механічного обладнання, викликані недостатнім змащенням деталей та вузлів;

- механічні пошкодження деталей та вузлів, що призводять до перегріву та несправностей агрегатів;
- дефекти, викликані порушенням центрування устаткування, що призводять до перегріву деталей та вузлів;
- виявлення деталей та вузлів, які мають знижену або підвищену температуру в порівнянні з робочими механізмами;
- дефекти теплоізоляції трубопроводів;
- місця присосів повітря на котлах;
- дефекти обмурівки котлів.

Тепловізійне обстеження проводиться на працюючому обладнанні.

Температура зовнішнього повітря на час проведення обстеження складала - 2 °С. Температура внутрішнього повітря в котельні складала +18 °С.

Всі термограми оброблені у великій палітрі кольорів, що дозволяє наочно представити розподіл температур на поверхні котлів, насосів, димососів.

Нормативна температура на поверхні котла не повинна перевищувати 45 °С.

В залежності від температури на поверхні об'єкту та температури навколишнього середовища можна визначити частину теплоти, що втрачається за рахунок тільки теплового випромінювання, Вт

$$Q = \varepsilon_n \cdot c_o \cdot F \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (1.1)$$

де ε_n - приведена ступень чорноти тіла;

c_o - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла,
($c_o = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \text{К}^4$);

F - площа поверхні, м².

При температурі поверхні до 45 °С, сумарна теплопередача випромінюванням становить близько 157 Вт/м². При наявності зон із підвищеною температурою до 147,2 °С (котел Е-1/9 №1 термограма IR 005135)

та 135,8 °C (котел КВГМ-10 №1 термограма IR005094) сумарна теплопередача випромінюванням зростає до 1309 Вт/м² (котел Е-1/9 №1) та 1129 Вт/м² (котел КВГМ-10 №1), що в вісім та сім разів відповідно перевищує нормативну кількість променевого теплообміну.

1.4.1 Тепловізійне обстеження котла Е-1/9 №1

Теплова ізоляція котла виконана мінераловатними матами покритими зовні декоративною обшивкою з тонколистової сталі. Результати тепловізійного обстеження котла Е-1/9 №1 представлено на рисунках 1.2 та 1.3

В середньому площа зон із підвищеною температурою (більше 45 °C) складає близько 2 %, що збільшує кількість променевого теплообміну на 1573 Вт.

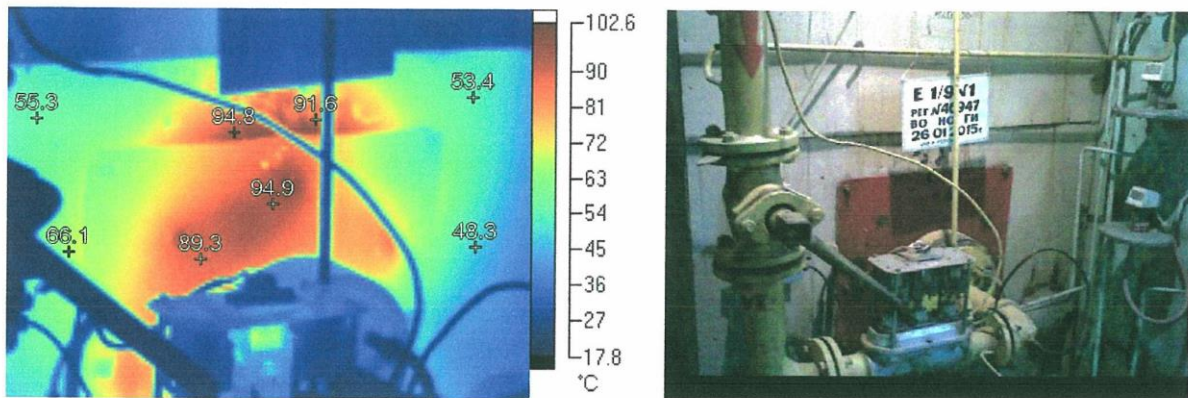


Рисунок 1.2 - Тепловізійне обстеження котла Е-1/9№1

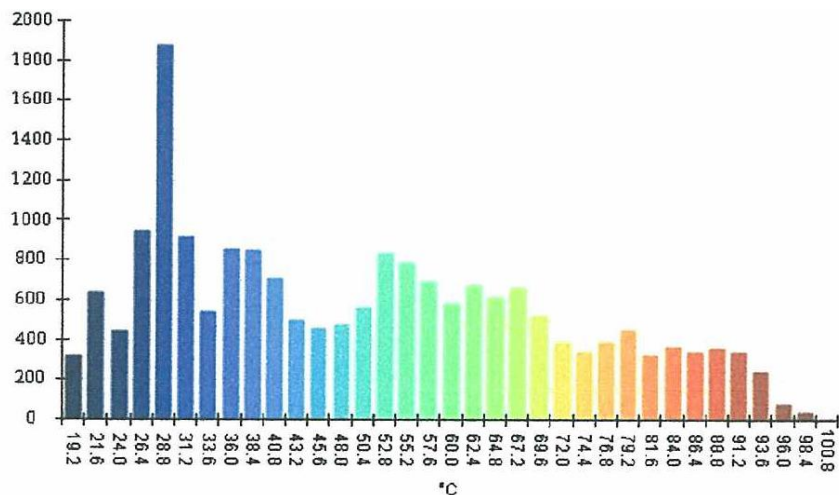


Рисунок 1.3 - Гістограма котла Е-1/9

1.4.2 Тепловізійне обстеження котла КВГМ-10 №1

Обмурівка котла на трубна, полегшена, складається з шару вогнестійкого шамотобетону та штукатурки.

В середньому площа зон із підвищеною температурою більше 45 °С, складає близько 3 %, що збільшує кількість променевого теплообміну на 2543 Вт. Результати тепловізійного обстеження КВ-ГМ-10 №1 представлено на рисунках 1.4 та 1.5

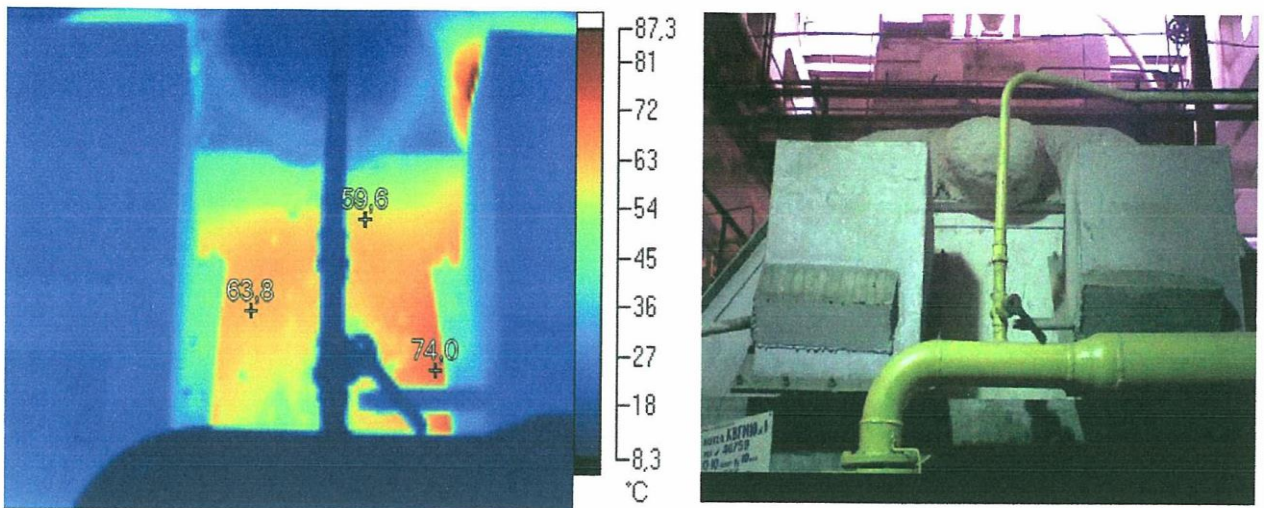


Рисунок 1.4 - Тепловізійне обстеження котла КВ-ГМ-10 №1

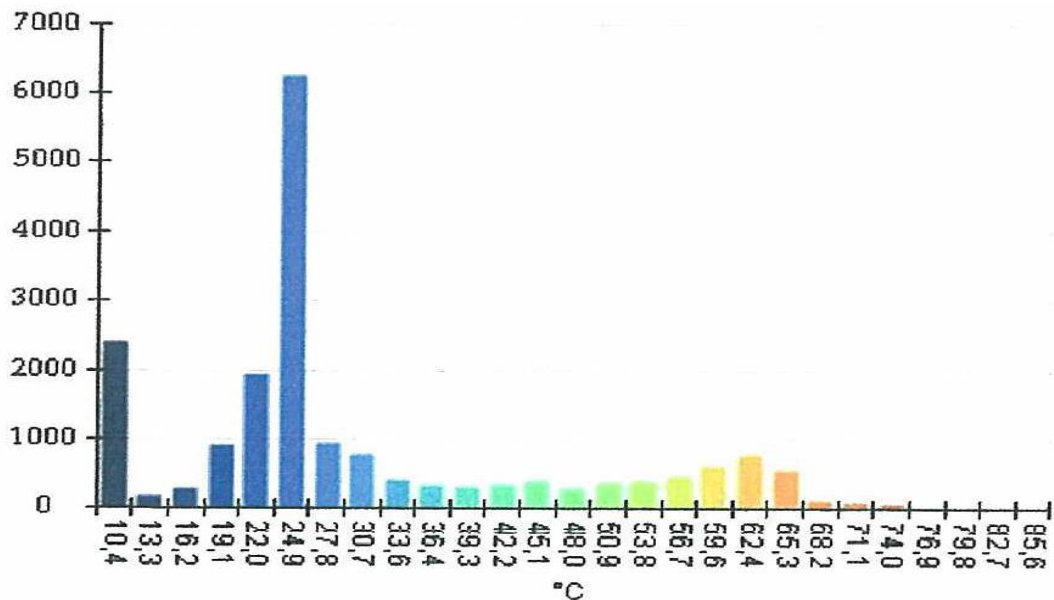


Рисунок 1.5 - Гістограма котла КВ-ГМ-10

Тепловізійне обстеження котлів виявило зони локального підвищення температури на поверхні обмурівки котлів, однак загальний стан обмурівки котлів оцінюється як задовільний. Обстеження газоходу котла також виявило зони з підвищеною температурою.

Обстеження електродвигунів насосного та тягодуттєвого обладнання не виявило місць перегрівання.

1.5 Аналіз втрат теплової енергії у мережах

При транспортуванні теплової енергії від джерела до споживача існують технологічно обґрунтовані втрати теплової енергії.

Згідно другому закону термодинаміки [18] мимовільний процес переносу теплоти у просторі виникає під дією різниці температур та спрямований у сторону зменшення температури, що призводять до втрат теплової енергії через ізоляцію.

Оскільки теплові мережі оснащені компенсаторами, засувками, фланцями, які можуть мати незначні нещільності при значних тисках та температурі теплоносія, виникають втрати теплоти з витоком.

Визначення втрат теплоти є важливою задачею, тому в рамках аналізу проведено розрахунок нормативних втрат теплоти через ізоляцію, з витоком у мережі опалення води й відповідно теплової енергії. Нормативні значення втрат тепла безпосередньо враховують основні фактори, що впливають: на довженну трубопроводу, його діаметр, температури теплоносія та навколишнього середовища. Не враховується тільки фактичний стан ізоляції трубопроводів.

Розрахунок проведено за вимогами [12] СНІП 2.04.14-88 «Теплова ізоляція обладнання та трубопроводів» з урахуванням кліматичних показників міста Запоріжжя.

Розрахунок нормативних втрат теплової енергії з витоком розраховувались

виходячи із вимоги, що середньорічний витік теплоносія з водяних теплових мереж не повинен перевищувати 0,25 % на годину від середньорічного обсягу води в тепловій мережі.

Розрахунок нормативних втрат теплової енергії з витоком по місяцях наведено у Додатку В. Зведені дані по втратах теплової енергії з витоком наведено у Додатку В. У Додатку В наведені зведені дані по втратах теплової енергії за рахунок охолодження води в трубопроводах з витоком.

Структура виробництва теплової енергії ПАТ «Запоріжвогнетрив» представлена на рисунку 1.6. Структура втрат теплової енергії у мережах ПАТ «Запоріжвогнетрив» представлена на рисунку 1.7.

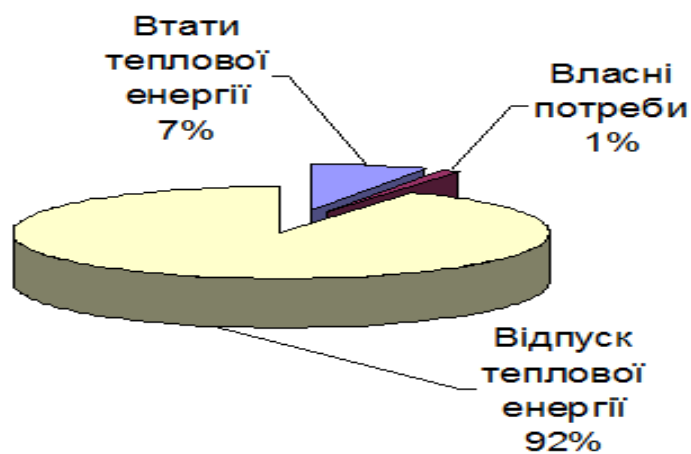


Рисунок 1.6 - Структура виробництва теплової енергії

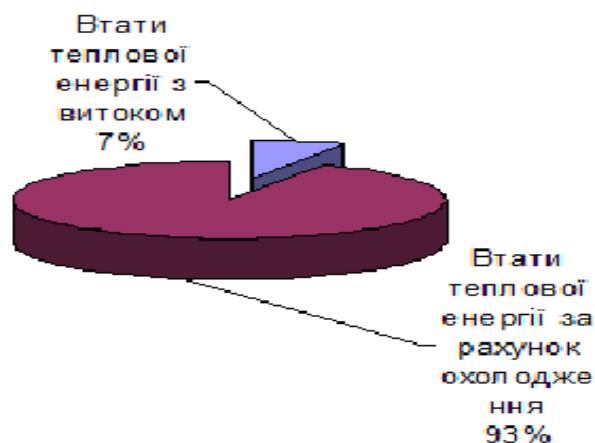


Рисунок 1.7 - Структура втрат теплової енергії

Для виконання вартісної оцінки втрат теплової енергії у мережах,

розрахуємо кількість природного газу, необхідного для виробництва такої кількості теплової енергії. Для розрахунків використовуємо плановий ПВП (Додаток Г), що дорівнює (157,987кг.у.п./Гкал) 37,74кг.у.п/ГДж.

Для виробництва (3397,674 Гкал/рік) 811,67 ГДж/рік (разом втрати теплової енергії за рахунок охолодження та з витоком) необхідно 462728 м³ природного газу з нижчою теплоотою згоряння 8120 ккал/м³.

При вивченні режимів відпуску теплової енергії виявлено, що більшу частину робочого часу котельня працює зі значним недовідпуском тепла. Тому фактичні втрати теплової енергії за рахунок охолодження, що залежать від температур теплоносія теж значно нижче ніж нормативні.

1.6 Прогнозування питомих втрат

Для прогнозування питомих витрат палива та електроенергії був складений баланс котельні.

Загальна кількість теплоти, що виробляється, складається з корисно використаної теплової енергії, втрат теплоти в теплових мережах та витрат теплової енергії на власні потреби котельні.

Корисний відпуск теплової енергії визначено як сума теплоспоживання на потреби опалення та гарячого водопостачання з урахування температури зовнішнього повітря, що фактично склалася за останні 5 років.

Витрати теплової енергії на власні потреби котельні приймаємо на рівні 1 % від виробництва теплової енергії.

Планові виробничі показники за місяцями представлені у таблиці 1.12.

Таблиця 1.12- Планові виробничі показники

Показник	Од.вим.	Рік	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Жовтень	Листопад	Грудень
Виробництво теплової енергії	Гкал	44382,645	9575,281	7810,024	8103,169	682,792	2915,502	5 876,884	9418,99
Витрати теплової енергії на власні потреби котельні	Гкал	443,826	95,753	78,100	81,032	6,828	29,155	58,769	94,19
Відпуск теплової енергії на транспортування	Гкал	43938,818	9479,528	731,924	8022,137	675,964	2886,347	5818,115	9324,80
Втрати теплової енергії в теплових мережах	Гкал	3397,674	741,211	655,462	601,719	69,244	199,055	478,631	652,35
За рахунок охолодження у трубопроводах	Гкал	3143,774	684,052	604,180	553,622	63,496	187,784	446,206	604,43
З вигоком у мережі	Гкал	253,900	57,159	51,282	48,097	5,748	11,271	32,425	47,91
Корисна тепла енергія споживачу	Гкал	40541,145	8738,317	7076,462	7420,418	606,720	Г687,293	5'339,484	8672,45

2 ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

2.1 Розрахунок питомих витрат палива

Питома витрата палива визначається для кожного працюючого котла, встановленого в котельні, за формулою:

$$b_k = b_k^o \cdot K, \quad (2.1)$$

де b_k^o - нормативна паспортна витрата палива для кожного котла при номінальному навантаженні;

K – нормативний коефіцієнт, що враховує допустиме відхилення індивідуальної норми витрат палива від b_k^o визначається за формулою

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.2)$$

де K_1 - нормативний коефіцієнт, що враховує режим роботи котла;

K_2 - нормативний коефіцієнт, що враховує наявність або відсутність хвостових поверхонь нагріву;

K_3 - нормативний коефіцієнт, що враховує період роботи котла від моменту установки чи останнього капітального ремонту.

2.1.2 Коефіцієнт K_1 , що враховує відхилення питомої витрати палива та к.к.д. при режимі, що відрізняється від номінального, визначається за формулою

$$K_1 = \frac{\left(b_k^{\delta p}\right)^{НОМ}}{\left(b_k^{\delta p}\right)^{СП}} . \quad (2.3)$$

Коефіцієнт K_2 , що характеризує зменшення питомої витрати палива (підвищення к.к.д) при наявності виносних чавунних економайзерів.

Коефіцієнт K_3 , що характеризує середньо статичне зниження к.к.д. та підвищення питомої витрати палива котлів різних конструкцій по їх фізичному старінню протягом періоду експлуатації (з моменту установки котла чи останнього капітального ремонту):

- для котлів, що експлуатуються до 5 років

$$K_3 = 1 + K'_3 \cdot t_1 / 100; \quad (2.4)$$

- для котлів, що експлуатуються до 10 років

$$K_3 = 1 + (K'_3 \cdot 5 + K''_3 \cdot (t_1 - 5)) / 100; \quad (2.5)$$

- для котлів, що експлуатуються понад 10 років

$$K_3 = 1 + (K'_3 \cdot 5 + K''_3 \cdot 5 + K'''_3 \cdot (t_1 - 10)) / 100, \quad (2.6)$$

де K'_3 K''_3 K'''_3 - відповідно відносне підвищення норми витрат в % протягом перших 5-ти років експлуатації, від 5 до 10 років експлуатації і понад 10 років експлуатації;

t_1 - кількість років експлуатації.

Величина групової норми витрат палива на відпуск теплоти котельні визначається за формулою

$$b_{2p} = \frac{b_{k1} \cdot Q_{k1} + b_{k2} \cdot Q_{k2} + b_{k3} \cdot Q_{k3} + b_{kn} \cdot Q_{kn}}{(Q_{k1} + Q_{k2} + Q_{k3} + Q_{kn}) \cdot (1 - K_{en} / 100)} \cdot \left(1 - \frac{\Delta B}{B}\right), \quad (2.7)$$

де b_{2p} - групова норма витрат палива на відпуск теплоти, кг.у.п/Гкал;

Q_{k1}, Q_{k2}, Q_{k3} - виробництво теплоти кожним котлом протягом запланованого періоду, Гкал;

K_{en} - нормативна частка витрат теплоти на власні потреби котельні, %;

ΔB - економія палива за рахунок оргтехзаходів, т.у.п;

B - витрати палива за попередній рік, т.у.п.

Розрахунок планової питомої витрати палива наведено в таблиці 2.1. Режимні характеристики котлів наведено у таблиці 2.2. Розрахунок індивідуальної питомої норми витрат палива для кожного встановленого котла наведено у таблиці 2.3. Розрахунок групової норми витрат палива на відпуск теплової енергії у таблиці 2.4.

Таблиця 2.2 – Режимні характеристики котлів

№ котла	Навантаження %	Навантаження Гкал/год (ГДж/год)	к.к.д. котла, %	ПВП котла, кг.у.п./Гкал (кг.у.п./ГДж)	t _{дим. газів} °С	t _{вх газів} °С	t _{вих. газів} °С	G _{кот.} , М ³ /ГОД
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	70	7,07 (29,595)	92,61	154,19 (36,834)	119	44	98	133
1	60	6,07 (25,409)	92,91	153,7 (36,717)	107	44	90	132
1	50	4,9 (50,511)	92,98	153,59 (36,691)	94	44	81	133
1	40	3,79 (15,865)	92,45	154,46 (36,899)	83	43	72	133
1	30	3,06 (12,809)	91,38	156,28 (37,333)	75	43	66	133
1	25	2,53 (10,590)	89,95	158,76 (37,926)	70	43	62	133
1	20	2,14 (8,958)	88,79	160,83 (38,421)	67	43	59	133
2	75	7,54 (31,562)	91,47	156,18 (37,310)	163	63	122	130
2	54	5,36 (22,436)	92,45	154,52 (36,914)	125	595	102	130
2	49	4,91 (20,553)	92,26	154,00 (36,789)	120	84	545	130
2	27	2,73 (11,428)	90,35	158,12 (37,773)	85	53	75	130
3	80	7,44 (31,144)	87,54	163,12 (38,968)	223	61	120	126
3	70	6,61 (27,669)	87,9	162,46 (38,810)	206	61	114	125
3	60	5,63 (23,567)	88,41	161,52 (38,586)	184	61	106	125
3	50	4,64 (19,423)	88,74	160,92 (38,442)	160	61	98	126
3	40	3,78 (15,823)	88,49	161,38 (38,552)	140	61	91	126

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
в котла за режимною картою	кг.у.п/Гкал (кг.у.п/ГДж)	154,77 (36,97)	154,77 (36,97)	154,28 (36,86)	161,44 (38,57)	155,04 (37,04)	154,17 (36,83)	154,28 (36,86)	154,65 (36,94)
Показники	Од.виміру	січень	лютий	березень	квітень	жовтень	листопад	грудень	рік
Котельня № 2									
Загальна кількість виробленого тепла	Гкал (ГДж)	5193,63 (21739,02)	4402,13 (18427,32)	3216,59 (13464,65)	504,654 (2112,48)	1539,614 (6444,82)		4241,446 (17754,69)	19098,058 (79944,47)
Час роботи котла	год	688,81	583,8365	655,11	184,855	313,567		562,526	2988,705
Навантаження	%	75	75	49	27	49		75	
к.к.д котла	%	91,47	91,47	92,26	90,35	92,26		91,47	
K ₂		1	1	1	1	1		1	
K _{3 р.к}		1,0057	1,0057	1,0057	1,0057	1,0057		1,0057	
в котла за режимною картою	кг.у.п/Гкал (кг.у.п/ГДж)	157,07 (37,52)	157,07 (37,52)	154,878 (36,99)	159,021 (37,99)	154,878 (36,99)		157,07 (37,52)	156,576 (37,40)
Котельня № 3									
Загальна кількість виробленого тепла	Гкал (ГДж)						2192,952 (9179,69)		2192,952 (9179,69)
Час роботи котла	год						472,619		472,619
Навантаження	%						50		
к.к.д котла	%						88,74		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
К ₂							1		
К _{3 р.к}							1,0038		
в котла за режимною картою	кг.у.п/Гкал (кг.у.п/ГДж)						161,531 (38,59)		161,531 (38,59)
Котельня № 4									
Загальна кількість виробленого тепла	Гкал (ГДж)	372 (1557,19)	336 (1406,49)		108 (452,09)	142 (594,41)		372 (1557,19)	1330 (5567,38)
Час роботи котла	год	744	672		216	284		744	2660
Навантаження	%	100	100		100	100		100	
к.к.д котла	%	84,3	84,3		84,3	84,3		84,3	
К ₂		1	1		1	1		1	
К _{3 р.к}		1,0088	1,0088		1,0088	1,0088		1,0088	
в котла за режимною картою	кг.у.п/Гкал (кг.у.п/ГДж)	170,79 (40,80)	170,79 (40,80)		170,79 (40,80)	170,79 (40,80)		170,79 (40,80)	170,79 (40,80)
Котельня № 5									
Загальна кількість виробленого тепла	Гкал (ГДж)			372 (1557,19)		25 (104,65)	360 (1506,96)		757 (3168,80)
Час роботи котла	год			744		100	720		1564
Навантаження	%			100		50	100		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
к.к.д котла	%			85,7		76,2	85,7		
K ₂				1		1	1		
K ₃ р.к				1,0088		1,0088	1,0088		
b котла за режимною картою	кг.у.п/Гкал (кг.у.п/ГДж)			168,167 (40,17)		189,15 (45,19)	168,167 (40,17)		168,86 (40,34)

Таблиця 2.4 – Розрахунок групової норми витрат палива на відпуск теплової енергії

Витрата палива за попередній рік по котельні т.у.п	Економія палива за рахунок оргтехзаходів по котельні т.у.п	б _{гр.} без витрат кг.у.п./Гкал (кг.у.п./ГДж)	Відпуск від власних джерел Гкал (ГДж)	Витрати палива на виробництво теплової енергії кг.у.п	Витрати газу на розпал котлів кг.у.п	Сумарні витрати палива на котельні кг.у.п	б _{гр.} кг.у.п./Гкал (кг.у.п./ГДж)
2596904	0	157,987 (37,74)	47388,239 (198367,168)	7486697,799	0	7486697,799	157,987 (37,74)

2.2 Графічний та математичний аналіз показників роботи котельні

2.2.1 Графічний аналіз показників роботи котельні

На рисунках 2.1 та 2.2 побудовано графіки відпуску теплової енергії в залежності від температури зовнішнього повітря за 2014 р. та 2015 р.

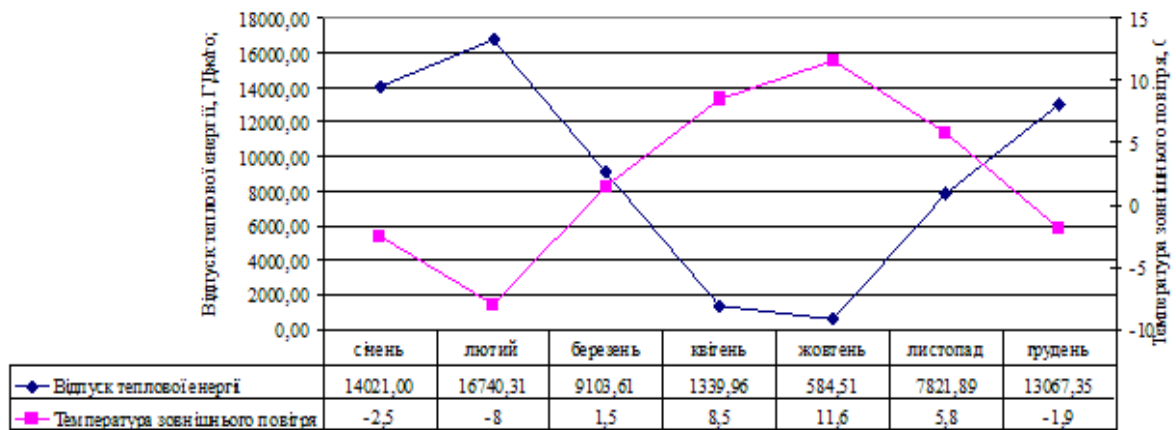


Рисунок 2.1 - Залежність відпуску теплової енергії від температури зовнішнього повітря за 2014 рік

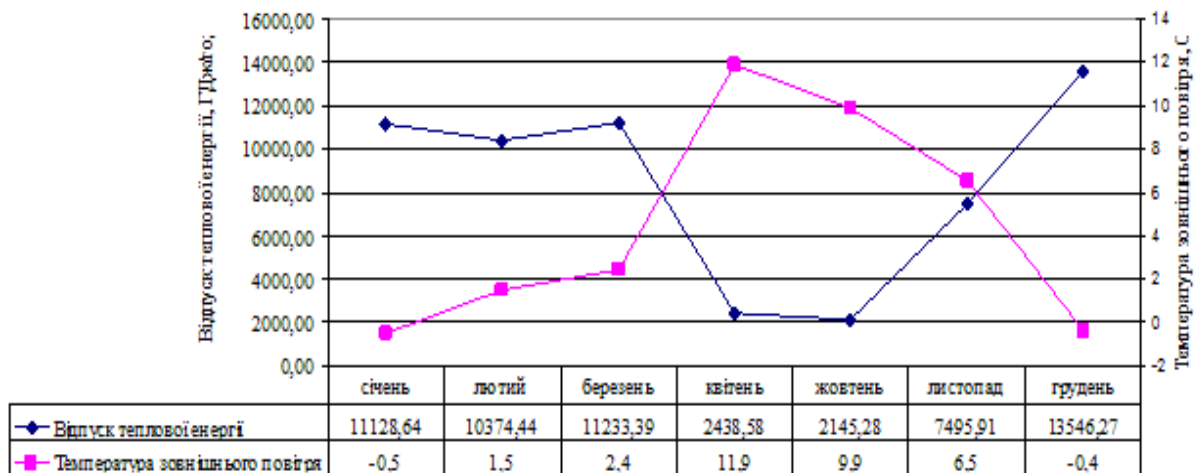


Рисунок 2.2 - Залежність відпуску теплової енергії від температури зовнішнього повітря за 2015 рік

З графіків видно, що зростання виробництва теплової енергії відбувається при зниженні температури зовнішнього повітря, що є цілком природно. Але

результати саме у березні 2015 року порушують загальну тенденцію, що до зростання виробленої теплової енергії більше, ніж того потребувала температура зовнішнього повітря. Що свідчить про не раціональне використання палива. На рисунку 2.3 побудовано графік споживання палива у 2014 та 2015 р.

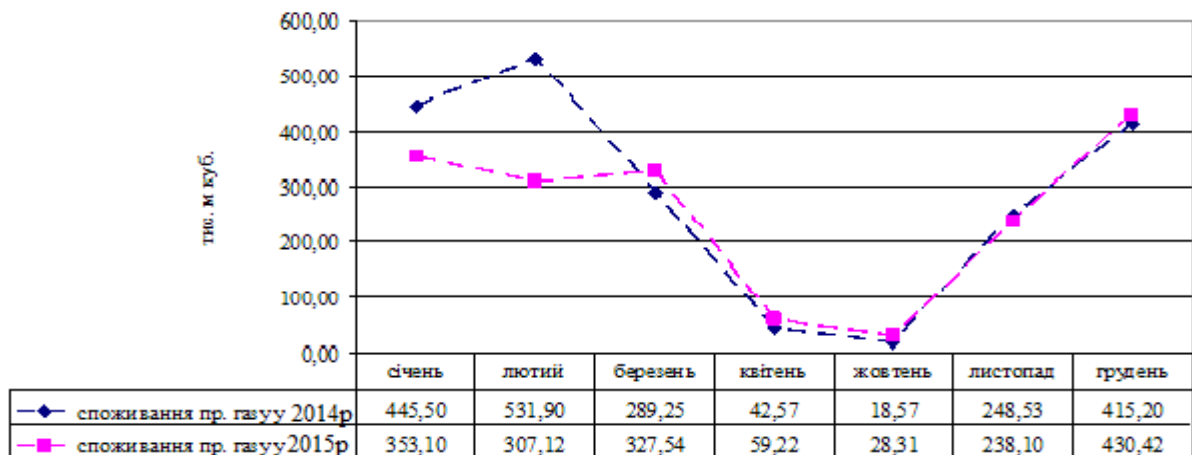


Рисунок 2.3 - Споживання природного газу 2014 та 2015 рік.

З графіку видно що, аналіз споживання природного газу енергоносіїв залишається майже не змінним на протязі двох років. На рисунках 2.4 та 2.5 надано аналіз планового та фактичного відпуску теплової енергії за 2014 та 2015 рік відповідно.

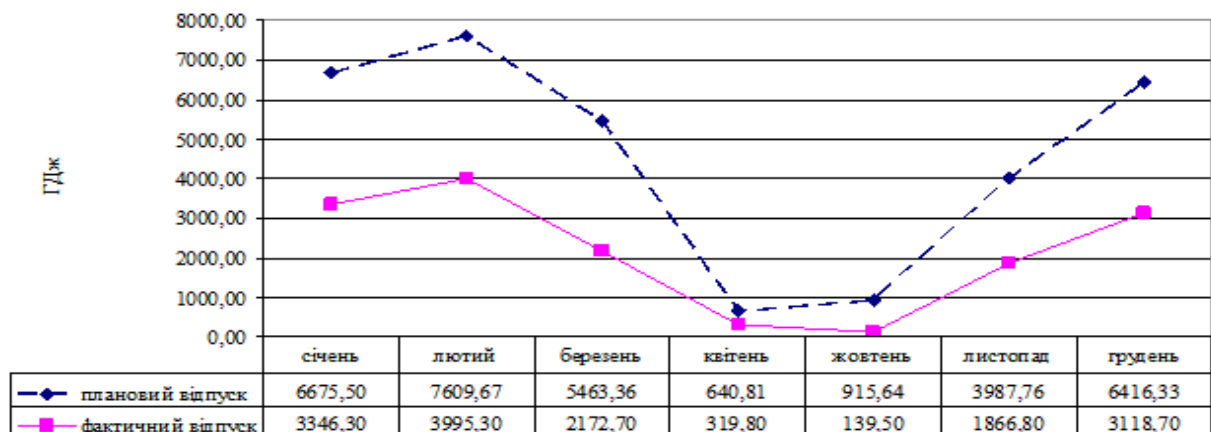


Рисунок 2.4 – Плановий та фактичний відпуск теплової енергії 2014 р.

З графіку видно що, аналіз планового та фактичного відпуску теплової енергії у 2014 р. показує, що невідпуск теплової енергії склав 53 % відповідно, у порівнянні з плановими.

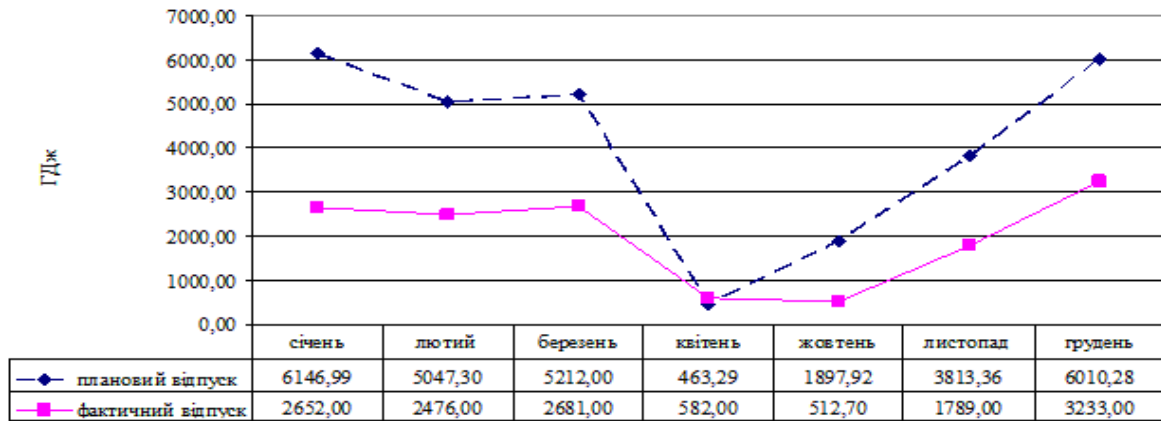


Рисунок 2.5 – Плановий та фактичний відпуск теплової енергії 2015 р.

З графіку видно плановий та фактичний відпуску теплової енергії у 2015 р. який показує, що невідпуск теплової енергії склав 51 % відповідно, у порівнянні з плановими. Цей факт виник внаслідок більш високих фактичних температур зовнішнього повітря.

2.3 Математичний аналіз показників роботи котельні

Виконано математичний аналіз за методом найменших квадратів, суть якого полягає у наступному: функція повинна бути побудована таким чином, щоб сума квадратів відхилень «у» - координат всіх експериментальних точок від «у» - координат графіку функції була б мінімальною.

Отримання регресійної моделі проходило у три етапи:

- підбір виду функції;
- обрахування параметрів функцій;
- визначення довірчого інтервалу.

Під час виконання аналізу використовувались наступні функції:

- $y = a \cdot x + b$ - лінійна функція;

- $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ - квадратична функція;
- $y = a \cdot \ln(x) + b$ - логарифмічна функція;
- $y = a \cdot e^{b \cdot x}$ - експоненціальна функція;
- $y = a \cdot x^b$ - степенева функція.

На рисунку 2.6 та 2.11 побудовано математичний аналіз показників роботи котельні.

Аналіз об'ємів відпуску теплової енергії залежно від температури зовнішнього повітря дивиться рисунок 2.6 та 2.7 підтверджує тенденцію до зростання відпуску при зниженні температури зовнішнього повітря. Викиди за нижні межі довірчого інтервалу можуть свідчити про недостатність відпуску у березні 2014 р. та січні 2015 р., викиди результатів у листопаді 2014 р. та 2015 р. за верхню межу довірчого інтервалу підтверджує висновки, що зроблені у пункті 2.2.

Залежність питомої витрати умовного палива від обсягів відпуску теплової енергії у 2014 р. та 2015 р. не відповідає тенденції збільшення питомої витрати палива при зростанні відпуску (див. рис. 2.8, 2.9). Така тенденція не в повній мірі відображає фактичний стан ефективності використання ПЕР, тому що не може бути враховано нерівномірність використання вторинних ресурсів (пара від технологічних процесів підприємства) на потреби теплопостачання заводу.

На рисунку 2.6 зображено відпуск теплової енергії залежно від температури зовнішнього повітря 2014 р.

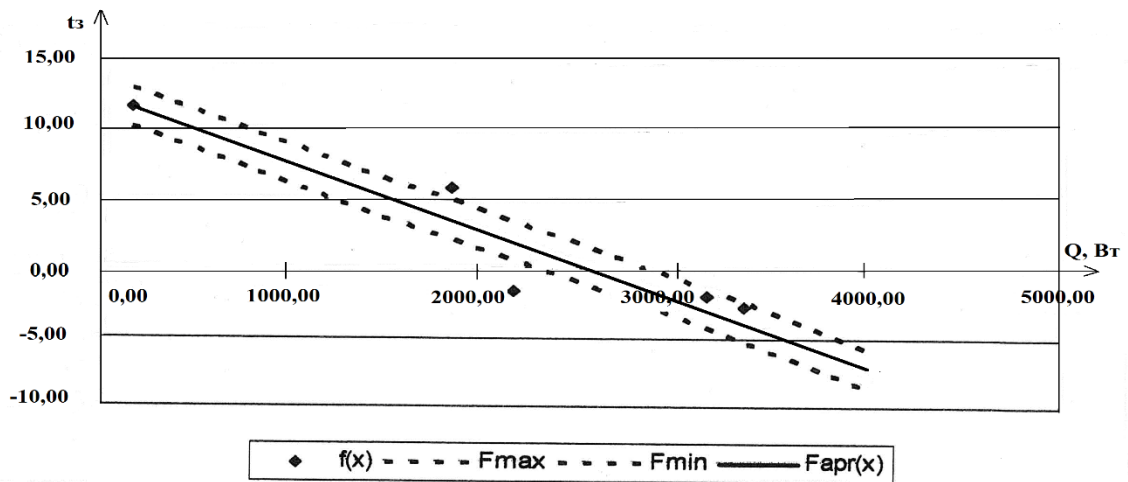


Рисунок 2.6 – Аналіз об'ємів відпуску теплової енергії залежно від температури зовнішнього повітря за 2014 р.

Модель:

- парабола $a + b \cdot x + c \cdot x^2$;
- довірчий інтервал: 1,40732219.

Значення параметрів: $a = -9E - 08$, $b = -0,0045$, $c = 12,229$.

Результати математичного модулювання параболи наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати математичного модулювання параболи

X	f(x)	Fapr(x)	Fapr(x)-f(x)	Fmin	Fmax
139,5	11,60	11,5995	0,00050142	10,19218	13,00682
1866,8	5,80	3,514755	2,2852448	2,107433	4,922077
2172,7	-1,50	2,026994	3,52699372	0,619672	3,434316
3118,7	-1,90	-2,68052	0,78051607	-4,08784	-1,27319
3346,3	-2,80	-3,83715	1,03714513	-5,24447	-2,42982

Викиди з довірчого інтервалу:

- викиди за верхню межу довірчого інтервалу спостерігаються у листопаді 2014 р.;

- викиди за нижню межу довірчого інтервалу спостерігається у березні 2014 р.

На рисунку 2.7 зображено відпуск теплової енергії залежно від температури зовнішнього повітря 2015 р.

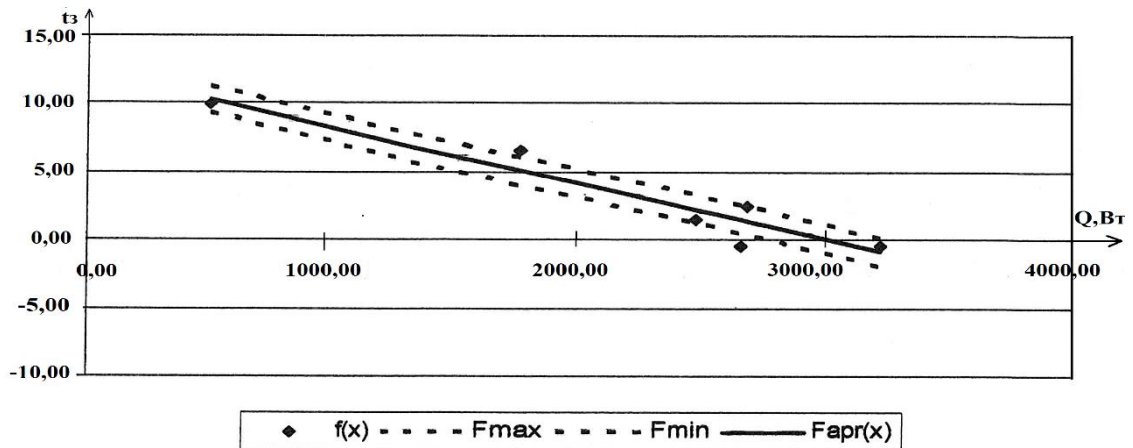


Рисунок 2.7 – Аналіз об'ємів відпуску теплової енергії залежно від температури зовнішнього повітря за 2015 р.

Результати математичного аналізу.

Модель:

- лінійна $y = a \cdot x + b$.
- довірчий інтервал: 1,009238.

Значення параметрів: $a = -0,0041$, $b = 12,393$.

Результати математичного модулювання лінійної функції наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Результати математичного модулювання лінійної функції

X	f(x)	Fapr(x)	Fapr(x)-f(x)	Fmin	Fmax
512,7	9,90	10,29093	0,39093	9,281692	11,30017
1789	6,50	5,0581	1,4419	4,048862	6,067338
2476	1,50	2,2414	0,7414	1,232162	3,250638
2652	-0,50	1,5198	2,0198	0,510562	2,529038
2681	-2,40	1,4009	0,9991	0,391662	2,410138

Викиди з довірчого інтервалу:

- викиди за верхню межу довірчого інтервалу спостерігаються у

листопаді 2015 р.;

- викиди за нижню межу довірчого інтервалу спостерігається березні 2015 р.

На рисунку 2.8 зображено аналіз питомих витрат палива залежно від відпуску теплової енергії за 2014 р.

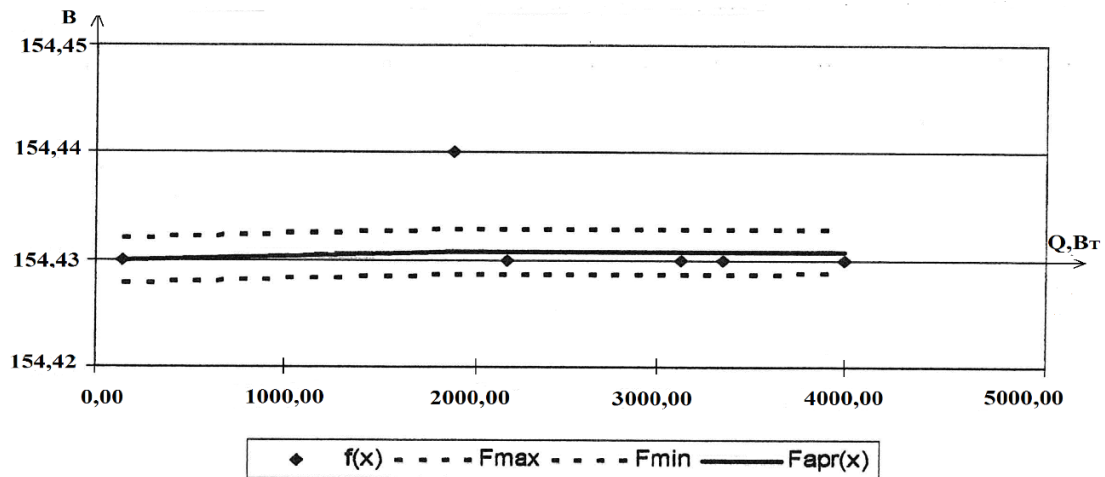


Рисунок 2.8 – Питомі витрати палива залежно від відпуску теплової енергії за 2014 р.

Модель:

- логарифмічна $y = a \cdot \ln(x) + b$;
- довірчий інтервал: 0,00207489.

Значення параметрів: $a = 0,0001$, $b = 154,43$

Результати математичного модулювання логарифмічної функції наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Результати математичного модулювання логарифмічної функції

X	f(x)	Fapр(x)	Fapр(x)-f(x)	Fmin	Fmax
139,5	154,43	154,43	0	154,4279	154,4321
1866,8	154,44	154,4307	0,00925451	154,4287	154,4328
2172,7	154,43	154,4308	0,00076179	154,4287	154,4328
3118,7	154,43	154,4308	0,00079997	154,4287	154,4329
3346,3	154,43	154,4308	0,00080733	154,4287	154,4329

Викиди за верхню межу довірчого інтервалу спостерігаються у листопаді 2014 р.;

На рисунку 2.9 зображено аналіз питомих витрат палива залежно від відпуску теплової енергії за 2015 р.

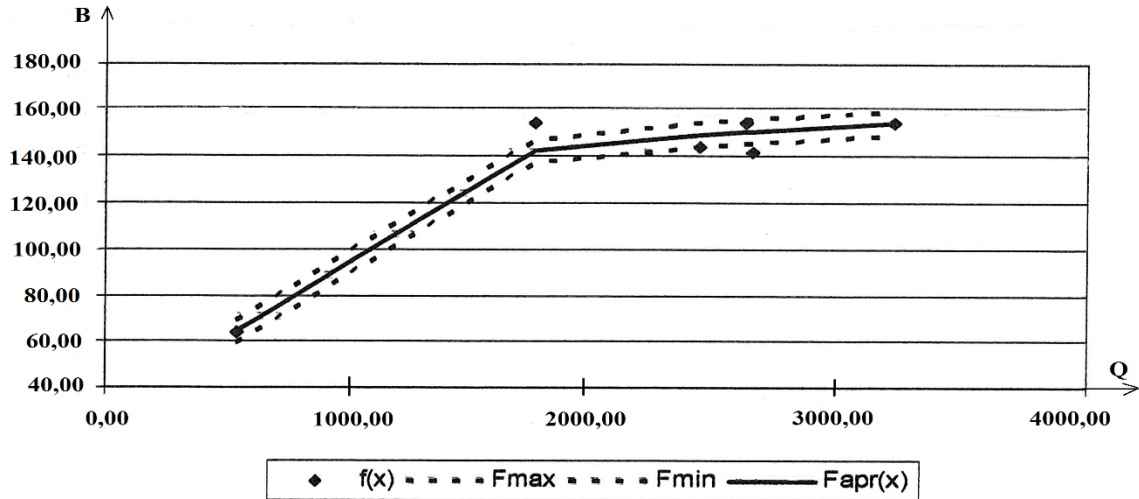


Рисунок 2.9 – Аналіз питомих витрат палива залежно від відпуску теплової енергії за 2015 р.

Модель:

- ступенева $y = b \cdot x^a$;
- довічний інтервал: 5,16743653.

Значення параметрів: $a=0,1108$, $b=64,398$

Результати математичного модулювання ступеневої функції наведено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати математичного модулювання ступеневої функції

X	f(x)	Fapr(x)	Fapr(x)-f(x)	Fmin	Fmax
512,7	64,06	64,398	0,338	59,23056	69,56544
1789	154,39	142,2491	12,1408649	137,0817	147,4166
2476	143,88	149,1969	5,31690217	144,0295	154,3643
2652	154,45	150,6222	3,82780538	145,4548	155,7896
2681	141,72	150,847	9,12697074	145,6795	156,0144

Викиди за верхню межу довірчого інтервалу спостерігаються у листопаді 2015 р. Викиди за нижню межу довірчого інтервалу спостерігається у березні 2015 р.

2.4 Аналіз варіантів перспективного розвитку системи теплопостачання

В даний час теплопостачання здійснюється від однієї котельні. Опис схеми теплопостачання наведено в пункті 1.2. В даному розділі були опрацьовані питання децентралізації існуючої схеми теплопостачання.

2.4.1 Розрахунок радіусів ефективного теплопостачання зони дії джерел теплової енергії

Для аналізу ефективності теплопостачання були задіяні два симплекса: питома матеріальна характеристика μ та питома довжина λ теплової мережі в зоні дії джерела теплоти. В першому випадку питома матеріальна характеристика теплової мережі являє собою відношення матеріальної характеристики, що створює зону дії джерела теплоти, приєднаного до цієї мережі теплового навантаження, $\text{м}^2/\text{Гкал}/\text{год}$ ($\text{м}^2/\text{ГДж}/\text{год}$)

$$\mu = \frac{M}{Q_{\text{сум}}^p}, \quad (2.8)$$

де M – матеріальна характеристика теплової мережі, м^2 ;

$Q_{\text{сум}}^p$ – загальне теплове навантаження у зоні дії теплоти, $\text{Гкал}/\text{год}$ ($\text{ГДж}/\text{год}$).

У другому випадку, це відношення довжини теплової мережі до приєднаного теплового навантаження, $\text{м}^2/\text{Гкал}/\text{год}$ ($\text{м}/\text{ГДж}/\text{год}$)

$$\lambda = \frac{L}{Q_{\text{сум}}^p}, \quad (2.9)$$

де L – загальна довжина трубопроводів теплової мережі, що утворюють зону дії джерела теплоти, м.

Зв'язок питомої матеріальної характеристики μ з питомою довжиною тепломережі λ встановлюється за допомогою середнього діаметру теплової мережі у зоні дії джерела теплоти $d_{сер}$, м

$$\mu = \lambda \cdot d_{сер} . \quad (2.10)$$

Ці два параметри достатньо інформативні, оскільки відображають основне правило побудови системи централізованого тепlopостачання - ця питома матеріальна характеристика завжди менше там, де висока щільність теплового навантаження. А якщо прийняти до уваги, що матеріальна характеристика - це аналог витрат, а приєднане теплове навантаження – це аналог ефектів, то чим менше питома матеріальна характеристика, тим результативніший процес тепlopостачання.

При порівнянні двох систем тепlopостачання, бачимо, що завжди ефективніша та, котра має меншу питому матеріальну характеристику. Відносна матеріальна характеристика дає можливість оцінки втрат теплової енергії при її транспортуванні. Відносна матеріальна характеристика теплових мереж μ - це інтегральний показник ефективності теплової мережі в установленій схемі дії джерела теплоти.

Саме відносна матеріальна характеристика дозволяє нам в даний час побудувати несуперечливий метод порівняння централізованих систем тепlopостачання. Тому для порівняння систем із різними відносними матеріальними характеристиками необхідно привести їх до порівняльного виду, для чого вводимо поняття «момент теплового навантаження» та «оберт теплоти». З точки зору транспортування теплової енергії кожне окреме теплове навантаження характеризується:

- розрахунковим тепловим навантаженням Q , Гкал/год (ГДж/год);
- відстанню від джерела теплоти до точки її приєднання, м.

Добуток цих величин $Z_i = Q_i^p \cdot l_i$, Гкал.м/ч (ГДж.м/Г), моментом теплового навантаження відносно джерела тепlopостачання. Чим більше величина цього моменту, тим більше повинна бути матеріальна характеристика теплопроводу, що об'єднує джерело із точкою приєднання теплового навантаження. Причому матеріальна характеристика зростає у залежності від росту моменту не прямо пропорційно, а у відповідності із відомим степеневим законом $Z_i \rightarrow Q_i^{0,38}$.

Для теплових мереж із кількістю абонентів більше одиниці характерною є величина суми моментів теплових навантажень Z_T , Гкал.м/год (ГДж.м/Г).

$$Z_T = \sum_{i=1}^{i=n} Z_i = \sum_{i=1}^{i=n} (Q_i^p \cdot l_i). \quad (2.11)$$

Ця величина є теоретичним обертом тепла для заданого розташування абонентів відносно джерела тепlopостачання.

Оскільки при розрахунках цього оберту відстань вимірюється за вектором, що з'єднує джерело теплоти з точкою приєднання іншого абоненту, то величина теоретичного оберту не залежить від конфігурації обраної мережі. В той же час вона відображає ту ступінь транзиту теплоти, котра є неминучою при заданому розташуванні абонентів відносно джерела тепlopостачання.

Зв'язки величин оберту тепла з іншими транспортними коефіцієнтами виражалися, як правило, наступними співвідношеннями, м

$$R_{сер} = \frac{Z_m}{Q_{сум}^p} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (Q_i^p \cdot l_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} Q_i^p}. \quad (2.12)$$

Теплове навантаження, Гкал·м/год (ГДж·м/год)

$$Z = l \cdot Q., \quad (2.13)$$

де R - відношення оберту тепла до сумарного розрахункового теплового навантаження усіх абонентів, що характеризує середню віддаленість абонентів від

джерела теплопостачання або відстань від цього джерела до центру теплових навантажень всіх абонентів мережі. Саме це відношення є середнім радіусом теплопостачання.

При цьому радіус теплопостачання (відношення оберту теплоти до сумарного розрахункового теплового навантаження всіх абонентів) структурується в рамках наступних діапазонів:

- внутрішньо кварталні - до 250 м;
- мережі розподільчі – від 250 до 1000 м;
- мережі магістральні - від 1000 до 2500 м;
- мережі транзитні - від 2,5 до 5 км.

Існує ще один спосіб оцінки ефективності теплопостачання - радіус ефективного тепло споживання.

Радіус ефективного споживання - максимальна відстань від абонента до джерела теплоти у системі теплопостачання, при підвищенні якого підключення абонента до даної системи недоцільно завдяки збільшенню сукупних витрат у системі теплопостачання, км

$$R_{ef} = (140/s^{0,4}) \cdot \varphi^{0,4} \cdot (1/B^{0,1}) \cdot (\Delta\tau/\Pi)^{0,15}, \quad (2.14)$$

де s - питома вартість матеріальної характеристики теплової мережі, грн./м²;

B - середнє число абонентів на 1 км²;

$\Delta\tau$ - розрахунковий перепад температур теплоносія у мережі, °С;

Π - тепла щільність району, Гкал/год-км (ГДж/год-км).

2.4.2 Визначення радіусу ефективного теплопостачання зони дії існуючої котельні ПАТ «Запоріжвогнетрив»

Враховуючи заміни існуючої котельні на ряд міні котелень для потреб опалення об'єктів заводу ПАТ «Запоріжвогнетрив» необхідно оцінити існуючу систему теплопостачання.

Для розрахунку питомих матеріальних характеристик визначаємо матеріальну характеристику теплової мережі від існуючої котельні (див. табл. 2.9).

Таблиця 2.9 - Матеріальна характеристика теплової мережі

Діаметр d, мм	Довжина l, м	Матеріальна характеристика M, м ²
15	25	0,375
20	160	3,2
25	121	3,025
32	196	6,272
40	561	22,44
50	931	46,55
65	146	9,49
80	790	63,2
100	1614	161,4
125	84	10,5
150	327	49,05
200	2187	437,4
250	2043	510,75
350	342	119,7
400	416	166,4
Всього	9943	1609,752

За формулами 2.8 розрахована питома матеріальна характеристика μ м²/Гкал/год, (м²/ГДж/год)

$$\mu = \frac{1609,752}{26,335} = 61,126 \text{ (14,602)}.$$

За формулою 2.9 розрахована питома довжина теплової мережі λ , м²/Гкал/год, (м²/ГДж/год)

$$\lambda = \frac{9943}{26,335} = 377,558 \text{ (90,195)}.$$

За формулою 2.10 розраховуємо діаметр теплової мережі у зоні дії джерела теплоти, мм

$$d_{cp} = \frac{61,126}{377,558} \cdot 1000 = 162.$$

Для визначення значення теоретичного оберту тепла (Z_T) та середнього радіусу теплопостачання ($R_{сер}$) використовуємо перелік об'єктів системи теплопостачання, їх теплове навантаження на опалення (Q_i) та довжину вектору (l_i), абоненти наведені в таблиці 2.10. Кожен вектор має індивідуальну довжину та напрям від джерела до абонента. Кожен абонент має індивідуальну характеристику теплового навантаження.

Таблиця 2.10 – Вихідні данні для розрахунку середнього радіусу теплопостачання від існуючої котельні

№ об'єкту	Найменування об'єкту	Теплове навантаження Q_i , Гкал/год (ГДж/год)	Довжина вектору, м	Теоретичний оберт тепла Z_T , Гкал/год (ГДж/год)
1	2	3	4	5
1	Ділянка шліфування	0,780 (3,265)		0,0 (0,0)
2	Приміщення КПП	0,012 (0,050)	228,8	2,7 (11,493)
3	Майстерні КПП	0,004 (0,016)	278,8	1,0 (4,186)
4	Відділення гарячих головок	0,012 (0,050)	303,0	3,6 (15,070)
5	Лабораторія КПП	0,018 (0,075)	313,6	5,6 (23,442)
6	Силосний склад глинозему	0,018 (0,075)	356,0	6,4 (26,790)
7	Котельня №2	0,012 (0,050)	378,8	4,5 (18,837)
8	Змішувальне відділення	0,444 (1,859)	409,1	181,6 (760,178)
9	Контора обжигового цеху	0,024 (0,100)	440,9	10,6 (44,372)
10	Котельня №1	0,012 (0,050)	492,4	5,9 (24,697)
11	Тимчасові будівлі та споруди	0,024 (0,100)	648,4	15,6 (65,302)
12	Відділення обертових печей №1,2	0,012 (0,050)	515,1	6,2 (25,953)
	Відділення обертових печей №1,2	0,012 (0,050)	575,7,	6,9 (28,883)
13	ЦВГІ (загальний ввід)	0,960 (4,018)	565,1	542,5 (2270,905)

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5
14	Головний розподільчий пристрій	0,072 (0,301)	643,9	46,4 (194,230)
15	Вимірювальна камера №2	0,002 (8,372·10 ⁻³)	678,7	1,2 (5,682)
16	Матеріальний склад ОКСа	0,006 (0,025)	852,9	5,1 (21,348)
17	Матеріальний Склад заводу	0,060 (0,251)	709,0	42,5 (177,905)
18	Механічний цех (ввод №1)	2,040 (8,539)	810,5	1653,5 (6921,551)
19	Механічний цех (ввод №2)	0,192 (0,803)	818,1	157,1 (657,621)
20	Лабораторія автоматизації	0,048 (0,201)	865,1	41,5 (173,719)
21	Лабораторія 311	0,010 (0,042)	859,0	8,8 (36,837)
22	Здоровпункт	0,036 (0,151)	896,9	32,3 (134,789)
23	Гараж здоровпункту	0,006 (0,025)	881,7	5,3 (22,186)
24	Ремонтно-механічний цех	0,124 (0,519)	777,2	96,4 (403,530)
25	Прохідна №3	0,002 (8,372·10 ⁻³)	895,4	2,1 (5,682)
26	Вимірювальна камера №1	0,006 (0,025)	934,8	5,6 (23,441)
27	Столярна майстерня	0,036 (0,150)	952,9	34,3 (143,579)
28	Газорятувальна станція	0,026 (0,109)	987,8	25,5 (106,743)
29	Ливарна майстерня	0,636 (2,662)	1027,2	653,3 (2734,714)
30	Склад матеріалів	0,030 (0,126)	931,7	28,0 (117,208)
31	НПАчор.мет	0,222 (0,929)	901,4	200,1 (837,619)
32	Склад ОГМ	0,003 (0,013)	965,1	2,9 (12,1394)
33	Побуткомбінат	0,108 (0,452)	1040,8	112,4 (470,506)
34	Заводоуправління	0,090 (0,377)	1054,4	94,9 (397,251)
35	Будка зв'язку	0,001 (4,186·10 ⁻³)	1031,7	0,6 (2,511)
36	РСЦ	0,126 (0,527)	990,8	124,8 (522,413)
37	Кулінарія	0,012 (0,050)	1010,5	12,1 (50,651)
38	АТС	0,012 (0,050)	969,6	11,6 (48,557)
39	Побутові приміщення	0,330 (1,381)	931,7	307,5 (1287,195)
40	Центральна прохідна	0,030 (0,126)	1102,9	33,1 (138,556)
41	Автоваги	0,004 (0,017)	0	0,0 (0,0)
42	Відділ збуту	0,032 (0,134)	1109,0	35,9 (150,277)
43	Відділення дроблення хроміту	0,090 (0,377)	1010,5	90,9 (380,507)
44	ГСС№3	0,005 (0,021)	0	0,0 (0,0)
45	Маркетингова служба	0,018 (0,075)	1110,5	20,0 (83,72)

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5
46	Торговий кіоск	0,006 (0,025)	1128,7	6,8 (28,465)
47	Склад готової продукції (ввод №1)	0,002 (8,372·10 ⁻³)	1086,3	2,6 (10,884)
48	Головний корпус ЦМІ (ввод №1)	0,180 (0,753)	1060,5	190,9 (799,107)
49	Тимчасова зарядна станція	0,024 (0,100)	1137,8	27,3 (114,278)
50	Раздаточна молока	0,004 (0,016)	965,1	3,5 (14,651)
51	Гараж тимчасовий	0,005 (0,021)	0	0,0 (0,0)
52	Склад готової продукції (в вод №2)	0,005 (0,021)	933,2	4,2 (17,581)
53	Головний корпус ЦМІ (в вод №2)	0,102 (0,427)	902,9	92,1 (385,531)
54	Сушильно помольне відділення (ввод №1)	0,024 (0,100)	703,0	16,9 (70,743)
55	Глинорізи	0,006 (0,025)	646,9	3,9 (16,325)
56	Змішувально-пресове відділення (діл. №3)	0,630 (2,637)	739,3	465,8 (1949,839)
57	Змішувально-пресове відділення (діл. №3)	0,028 (0,117)	722,7	20,2 (84,557)
58	Змішувально-пресове відділення (в вод №2)	0,162 (0,678)	768,1	124,4 (520,738)
59	Відділення ручного формування	0,348 (1,457)	787,8	274,2 (1147,801)
60	Змішувально-пресове відділення (діл. №2)	2,064 (8,640)	825,7	1704,2 (7133,781)
61	Змішувально-пресове відділення (діл. №1)	1,260 (5,274)	731,7	922,0 (3859,492)
62	4-і кільцева піч	0,288 (1,206)	0	0,0 (0,0)
63	Блок побутового обслуговування	0,786 (3,290)	999,9	785,9 (3289,777)
64	Тепловозне депо (ввод №1)	0,264 (1,105)	359,1	94,8 (396,833)
65	Тепловозне депо (ввод №2)	0,138 (0,578)		0,0 (0,0)
66	Приміщення колійників	0,006 (0,025)	306,0	1,8 (7,535)
67	З/д станція	0,006 (0,025)	283,3	1,7 (7,116)
68	Стрілковий пост №1	0,002 (8,372·10 ⁻³)	254,5	0,5 (2,093)
69	ЗСУ (ввод №2)	0,006 (0,025)	592,4	3,3 (13,814)
70	Головний корпус цеху ККЕН	1,788 (7,485)	674,2	1205,4 (5045,804)
71	Контора транспортного цеху	0,192 (0,804)	648,4	124,5 (521,157)
72	Склад ПММ	0,084 (0,352)	725,7	61,0 (255,346)
73	Контора складу ПММ	0,004 (0,017)	759,0	3,2 (13,395)
74	Відділення збагачення хроміту	0,054 (0,226)	859,0	46,4 (194,230)

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5
75	Компресорна №1	0,168 (0,703)	0	0,0 (0,0)
76	Помольне відділення хроміту та магnezіту	0,108 (0,452)	868,1	93,8 (392,647)
77	Змішувально-пресове відділення (розширення)	2,556 (10,699)	949,9	2428,0 (10163,608)
78	Насосно-акумуляторне відділення	0,006 (0,025)	0	0,0 (0,0)
79	Компресорна №2	0,096 (0,402)	836,3	80,3 (336,136)
80	Пральня спецодягу	0,054 (0,226)	875,7	47,3 (197,998)
81	Вхід в каб. тоннель №1	0,001 (4,186·10 ⁻³)	0	0,0 (0,0)
82	БНС	0,198 (0,829)	549,9	108,9 (455,855)
83	Вапнякове відділення	0,090 (0,377)	563,6	50,7 (212,230)
84	Очисні споруди (ввод №1)	1,104 (4,621)	637,8	704,1 (2947,362)
85	Центральна насосна станція	0,090 (0,377)	616,6	55,5 (232,323)
86	Столова № 2	0,684 (2,863)		0,0
87	Майстерня енергомережевого гос-ва (ввод №2)	0,006 (0,025)	640,8	3,8 (15,907)
88	РП-За	0,042 (0,176)		0,0 (0,0)
89	Майстерня енергомережевого гос-ва (ввод №1)	0,180 (0,753)	645,4	116,2 (486,413)
90	Будка приладів пожежогасіння	0,001 (4,186·10 ⁻³)	695,4	0,8 (3,349)
91	Відділення підготовки та засипки	0,990 (4,144)	665,1	658,4 (2756,062)
92	Побутові приміщення	0,240 (1,005)	712,1	170,9 (715,387)
93	Вход в каб.тоннель №3	0,001 (4,186·10 ⁻³)		0,0 (0,0)
94	Вход в каб.тоннель №2	0,001(4,186·10 ⁻³)		0,0 (0,0)
95	Прохідна №2	0,006 (0,025)	657,5	3,9 (16,325)
96	Гараж	1,554 (6,505)	443,9	689,8 (2887,503)
97	Відділ маркування	2,040 (8,539)	754,5	1539,1 (6442,673)
98	Гараж	0,147 (0,615)	1154,4	170,2 (712,457)
99	Відділ роз.магн	0,036 (0,151)	80,4	28,9 (120,975)
100	ТСУ	0,010 (0,042)	951,4	9,7 (40,604)
101	ПОБіМ	0,439 (1,838)	559,0	245,4 (1027,244)

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5
102	Азотна станція	0,003 (0,013)	801,4	2,4 (10,046)
103	ОБЕЦ	0,208 (0,871)	713,6	148,4 (621,202)
104	«Строймаш»	0,050 (0,209)	1042,3	52,1 (218,091)
Всього		24,212 (101,351)	69994,5	18275,1 (76499,569)

З даних таблиці 2.10 зрозуміло, що сумарне теплове навантаження в зоні дії котельні дорівнює 24,212 Гкал/год (101,351 ГДж/год), а сумарний момент (теоретичний оберт тепла) при даному розташуванні споживачів теплової енергії відносно джерела теплоти складає 18275,1 Гкал-м/год (76499,569 ГДж/год).

За формулою 2.12 визначаємо середній радіус теплопостачання, м

$$R_{сер} = \frac{18275,1}{24,212} = 754,8.$$

Отриманий середній радіус характеризує позицію джерела теплоти відносно діючих абонентів. Максимальний радіус складає 1137,7 м (абонент № 49 дивиться таблицю 2.10).

Для розуміння які абоненти знаходяться у ефективній зоні дії джерела теплової енергії, визначимо граничний радіус дії мережі.

Радіус ефективного теплопостачання - максимальна відстань від абонента до джерела теплоти у системі теплопостачання, при підвищенні якого підключення абонента до даної системи недоцільно завдяки збільшення сукупних витрат у системі теплопостачання. За формулою 2.14 визначаємо ефективний радіус теплопостачання $R_{эф}$,

Перелік вихідних даних до розрахунку радіусу ефективного теплопостачання від існуючої котельні наведений в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Перелік вихідних даних до розрахунку радіусу ефективного теплопостачання від існуючої котельні

Система теплопостачання	Площа дії зони дії джерела теплоти, км ²	Встановлене навантаження котельні, Гкал/г (ГДж/г)	Середнє число абонентів, шт	Вартість теплових мереж, тис.грн	Матеріальна характеристика системи теплопостачання, м	Розрахунковий перепад температур Δt , °С
Існуюча котельня	0,95	32,5 (132,045)	104,0	9000	1610,0	25,0

Вартість теплових мереж складалась з вартості конструкцій мереж по середньому діаметру, вартості електричної енергії на транспортування теплової енергії, вартості ремонтних робіт та оплати праці обслуговуючого персоналу.

Розрахунок радіусу ефективного теплопостачання від існуючої котельні наведено у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Розрахунок радіусу ефективного теплопостачання від існуючої котельні

Система теплопостачання	Питома вартість матеріальної характеристики теплової мережі s,	Середнє число абонентів на 1 км ² , В	Тепло щільність району П,	Ефективний радіус теплопостачання R-еф, км
Існуюча котельня	5590,062	109,5	20,2 (84,6)	1,0

Згідно розрахунків, ефективний радіус теплопостачання в зоні дії існуючої котельні складає 1 км.

В результаті ряд абонентів (див. табл. 2.13) які не потрапили до ефективної зони роботи теплових мереж.

Таблиця 2.13 - Перелік абонентів, що не увійшли до ефективного радіусу теплопостачання

№ об'єкту	Найменування об'єкту	Теплове навантаження (Qi), Гкал/год (ГДж/год)	Довжина вектору, м	Теоретичний оберт тепла (ZT) Гкал/год (ГДж/год)
29	Ливарна майстерня	0,636 (2,662)	1027,2	653,3 (2734,714)
33	Побуткомбінат	0,108 (0,452)	1040,8	112,4 (470,506)
34	Заводоуправління	0,090 (0,377)	1054,4	94,9 (397,251)
35	Будка зв'язку	0,001 (4,186·10 ⁻³)	1031,7	0,6 (2,511)
37	Кулінарія	0,012 (0,050)	1010,5	12,1 (50,651)
40	Центральна прохідна	0,030 (0,126)	1102,9	33,1 (138,556)
42	Відділ збуту	0,032 (0,134)	1109,0	35,9 (150,277)
43	Відділення дроблення хроміту	0,090 (0,377)	1010,5	90,9 (380,507)
45	Маркетингова служба	0,018 (0,075)	1110,5	20,0 (83,72)
46	Торговий кіоск	0,006 (0,025)	1128,7	6,8 (28,465)
47	Склад готової продукції (ввод №1)	0,002 (8,372·10 ⁻³)	1086,3	2,6 (10,884)
48	Головний корпус ЦМІ (ввод №1)	0,180 (0,753)	1060,5	190,9 (799,207)
49	Тимчасова зарядна станція	0,024 (0,100)	1137,8	27,3 (114,278)
98	Гаражи дир.	0,147 (0,615)	1154,4	170,2 (712,457)
104	Строймаш	0,050 (0,209)	1042,3	52,1 (218,091)
Всього		1,427 (5,973)	16107,5	1503,2 (6292,392)

На підставі вищенаведеного, доцільно розглянути питання про забезпечення даних абонентів від окремої локальної котельні.

2.4.3 Перспективне розподілення теплового навантаження поміж джерелами теплової енергії

По перше буде розглядатись варіант при якому буде створена ефективна зона дії джерел теплової енергії для усіх абонентів, що споживають теплову енергію.

По друге буде розглянуте питання зонування теплового навантаження за критерієм територіального розміщення джерела теплової енергії.

Під час опрацювання вищенаведених питань у якості перспективних джерел теплової енергії будуть розглядатись лише блочно модульні котельні (БМК). Оскільки БМК - це точно розрахована відповідь на потреби оптимізувати рішення діючих проблем середніх і малих споживачів теплової енергії.

Їх основні переваги:

- повністю готова до швидкого монтажу та підключення до систем опалення, гарячого водопостачання та технологічних систем, тобто привозиться на об'єкт в зібраному вигляді і залишається підключитися до підведених мереж та комунікацій;

- відсутні витрати на капітальне будівництво приміщення котельні;

- спрощує та здешевлює проектні та погоджувальні роботи, завдяки ТУ та Сертифікату відповідності у виробника;

- можна об'єднувати модулі в каскад, що дозволяє нарощувати потужність;

- має компактніший розмір, в порівнянні зі стаціонарною котельнею;

- існує можливість блочної збірки (збірка з кількох блоків дозволяє випускати модульні котельні більшої потужності);

- не потребує постійної присутності обслуговуючого персоналу;

- існує можливість демонтувати та використати таку міні-котельню на іншому об'єкті;

- низький рівень шумів та вібрації при роботі котельні;

- модульні котельні установки не критичні до тиску газу в газопроводі й ефективно та надійно працюють при зниженому тиску газу;

- середній ККД котельні завжди зберігається не нижче 90 % не залежно від потужності, яка відбирається у конкретний момент часу, що дає суттєву економію енергоресурсів;

- відмінні екологічні показники модулів нагріву; вміст в продуктах згорання оксиду вуглецю CO не більше 40 мг/м³, оксиду азоту NO не більше 20 мг/м³.

Аргументом для вибору БМК є низькі капіталовкладення, окремі модулі можна перевезти та встановити практично у будь-якому місці. В процесі проведення аналізу були обрані технічні характеристики існуючого котельного обладнання, що наведені у таблиці 2.14 – 2.16

Таблиця 2.14 - Технічні характеристики БМК

Тип котельні						
Номинальна продуктивність, МВт	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Номинальна продуктивність, Гкал/год (ГДж/год)	0,21 (0,88)	0,26 (4,45)	0,34 (1,42)	0,43 (1,80)	0,52 (2,18)	0,6 (2,51)
Споживана потужність, кВт не більше	3,0	3,7	4,3	5,8	8,0	11,0
Напруга електромережі, В	220/380					
Паливо	Газ природний. Дизельне паливо. Мазут.					
Температурний режим котельні, °С	95 (115) - 70					
Температура відхідних газів, при номінальній продуктивності, °С	160 - 190					
Коефіцієнт корисної дії	94,5					
Режим роботи котельні	Автоматизований					
Габаритні розміри котельні, м	7,2 × 2,45 × 3,1			8,6 × 2,4 × 3,2		
Вартість БМК, тис. грн	250 - 300			350 - 400		

Таблиця 2.15 - Технічні характеристики БМК

Тип котельні	БКМ - 1,7									
Номинальна продуктивність, МВт	0,8	1,0	1,24	1,6	1,7	1,9	2,0	2,4	2,6	2,8
Номинальна продуктивність, Гкал/год (ГДж/год)	0,69 (2,89)	0,86 (3,60)	1,06 (4,44)	1,38 (5,78)	1,46 (6,11)	1,7 (7,12)	1,72 (7,21)	2,06 (8,63)	2,24 (9,38)	2,4 (10,06)
Споживана потужність, кВт не більше	11,7	12,2	13,0	16,0	20,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0
Напруга електромережі, В	220/380									
Паливо	Газ природний. Дизельне паливо. Мазут.									

Продовження таблиці 2.15

Температурний режим котельні, °С	95 (115)-70		
Температура відхідних газів, при номінальній продуктивності, °С	160-190		
Коефіцієнт корисної дії	94,5		
Режим роботи котельні	Автоматизований		
Габаритні розміри котельні, м	4,8 × 7,2 × 3,2	7,2 × 7,2 × 3,2	9,6 × 7,2 × 3,2
Вартість БМК, тис.грн	500-680	690-950	

Таблиця 2.16 - Технічні характеристики БМК

Тип котельні	БКМ-4,8							
Номінальна продуктивність, МВт	3,2	3,6	4,0	4,8	5,0	6,0	6,3	8,0
Номінальна продуктивність, Гкал/год	2,75 (11,52)	3,1 (12,98)	3,44 (14,41)	4,13 (17,30)	4,3 (18,02)	5,2 (21,78)	5,4 (22,62)	6,9 (28,91)
Споживана потужність, кВт не більше	27	35	53	55,8	68	77	110	117
Напруга електромережі, В	380							
Паливо	Газ природний. Дизельне паливо. Мазут.							
Температурний режим котельні, °С	95(115,130,150)-70							
Температура відхідних газів, при номінальній продуктивності, °С	160-190							
Коефіцієнт корисної дії	99,5							
Режим роботи котельні	Автоматизований							
Габаритні розміри котельні, м	12 × 7,2 × 3,1			14,4 × 7,2 × 3,2			16,8 × 7,2 × 3,2	
Вартість БМК, тис. грн	1000 - 3000							

2.4.4. Створення ефективної зони дії джерел теплової енергії

Враховуючи кількість абонентів, що не потрапили до ефективної зони дії існуючого джерела теплової енергії, вибір БМК здійснюється виходячи з теплового навантаження цих абонентів.

Однак конфігурація існуючої теплової мережі показує, що роз'єднання теплової мережі виключно на підставі визначеного ефективного радіусу не є технічно обґрунтованим. Тому з метою оптимізації схеми тепlopостачання було прийнято рішення про включення до району тепlopостачання № 2 (від перспективної котельні) абонентів № 36, 38, 39, 50, 52, 53 та виключення з району тепlopостачання перспективної котельні абонентів № 29, 104. Таким чином теплове навантаження перспективної котельні складе 1,319 Гкал/год, (5, 521 ГДж/год.) (див. табл. 2.17).

Таблиця 2.17 - Перелік абонентів, що входять до зони дії перспективної котельні К1

№ об'єкту	Найменування об'єкту	Теплове навантаження (Qi), Гкал/год (ГДж/год.)	Довжина вектору, м
1	2	3	4
33	Побуткомбінат	0,108 (0,452)	1040,8
34	Заводоуправління	0,090 (0,377)	1054,4
35	Будка зв'язку	0,001(4,186·10 ⁻³)	1031,7
36	РСЦ	0,126 (0,527)	990,8
37	Кулінарія	0,012 (0,050)	1010,5
38	АТС	0,012 (0,012)	969,6
39	Побутові приміщення	0,330 (1,38)	931,7
40	Центральна прохідна	0,030 (0,126)	1102,9
42	Відділ збуту	0,032 (0,134)	1109,0
43	Відділення дроблення хроміту	0,090 (0,377)	1010,5
45	Маркетингова служба	0,018 (0,753)	1110,5
46	Торговий кіоск	0,006 (0,025)	1128,7
47	Склад готової продукції (ввод №1)	0,002 (0,008)	1086,3

Продовження таблиці 2.17

1	2	3	4
48	Головний корпус ЦМІ (ввод №1)	0,180 (0,753)	1060,5
49	Тимчасова зарядна станція	0,024 (0,100)	1137,8
50	Раздаточна молока	0,004 (0,016)	965,1
52	Склад готової продукції (ввод №2)	0,005 (0,020)	933,2
53	Головний корпус ЦМІ (ввод №2)	0,102 (0,427)	902,9
98	Гаражі дир.	0,147 (0,615)	1154,4
Всього		1,319 (5,521)	29731,4

В якості джерела тепlopостачання для абонентів, що не увійшли до ефективного радіусу тепlopостачання від існуючої котельні обираємо БМК-1,7 (технічні характеристики наведені у таблиці 2.15).

Габаритні розміри котельні - $4,8 \times 7,2 \times 3,2$ м, тобто необхідна площа для встановлення даної котельні складає 35 - 40 м².

Зона К1 обрана враховуючи величини теплових навантажень абонентів та існуючу конфігурацію теплових мереж.

Виходячи з теплового навантаження абонентів (5,521 ГДж/год.) та температурного графіку роботи котельні (95/70 °С), витрати теплоносія від котельні складуть 52,7 т/год. Діаметр теплового виводу з котельні при питомих втратах тиску на тертя не більш 5 кгс/м² необхідно передбачити не нижче 173 мм. Існуючі трубопроводи мережі мають діаметри від 40 до 273 мм. Тому вірогідно може знадобиться реконструкція існуючих мереж з перекладанням магістрального трубопроводу. В таблиці 2.18. наведені техніко-економічні показники роботи перспективної котельні БМК-1,7.

Таблиця 2.18 - Технічні показники перспективної котельні К1

Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Об'єм мережі після реконструкції, м ³	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	47,0	
Втрати теплоти з витоком, Гкал (ГДж)	2,2 (9,2)	2,0 (8,4)	1,9 (7,9)	0,4 (1,7)	0,5 (2,1)	1,2 (5,0)	4,1 (17,2)	12,3 (51,5)

Продовження таблиці 2.18

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Втрати теплоти через ізоляцію, Гкал (ГДж)	72,3 (303,6)	64,5 (269,9)	63,4 (265,4)	9,7 (40,6)	24,2 (101,3)	55,8 (233,6)	67,0 (280,5)	357,0 (1494,4)
Загальні втрати теплової енергії у мережах, Гкал (ГДж)	74,5 (311,8)	66,6 (278,8)	65,3 (273,3)	10,1 (423,2)	24,8 (103,8)	57,1 (239,0)	71,0 (297,2)	369,2 (1545,5)
Корисний відпуск теплової енергії абонентам, Гкал (ГДж)	522,6 (2187,6)	456,5 (1910,9)	382,7 (1601,9)	48,4 (202,6)	151,9 (635,8)	284,9 (1192,6)	436,7 (1828,0)	2283,7 (9559,6)
Відпуск теплової енергії з колекторів котельні, Гкал (ГДж)	597,0 (2499,0)	523,0 (2189,3)	448,0 (1875,3)	58,5 (244,8)	176,7 (739,6)	342,0 (1431,6)	507,7 (2125,2)	2653,0 (11105,5)
Витрати теплової енергії на власні потреби котельні, Гкал (ГДж)	6,0 (25,1)	5,3 (22,2)	4,5 (18,84)	0,6 (2,51)	1,8 (7,53)	3,5 (14,6)	5,1 (21,3)	26,8 (112,1)
Виробництво теплової енергії, Гкал (ГДж)	603,1 (2524,6)	528,3 (2211,5)	452,5 (1894,2)	59,1 (247,4)	178,5 (747,2)	345,4 (1445,8)	512,8 (2146,6)	2679,8 (11217)
Витрати природного газу, тис.м ³ (ПВП-151,1 кг.у.п./Гкал, Тегш.спос. 8250 ккал/м ³)	77,3	67,7	58,0	7,6	22,9	44,3	65,8	343,6
Витрати електроенергії, тис.кВт·год	8,3	7,2	6,2	0,8	2,4	4,7	7,0	36,7
Вартість 1 Гкал, грн (умовно розрахована через вартість змінних витрат) (ГДж)								547,9 (2293,5)

Також необхідно передбачити підвод комунікацій до котельні, реконструкцію теплових мереж.

Реконструкція може передбачати роботу тільки від перспективної котельні, а може зберегти можливість переключення між джерелами теплової енергії. У другому випадку підвищується металоємність мереж, але зберігається можливість роботи з використанням вторинних ресурсів (пар технологічний).

2.4.5 Зонування теплового навантаження за критерієм територіального розміщення

Зонування теплового навантаження за критерієм територіального розміщення джерела теплової енергії було виконано враховуючи існуючу конфігурацію теплових мереж та територіальне розміщення підключеного навантаження. В результаті зонування було утворено вісім зон тепlopостачання із локальним джерелом теплової енергії.

Перспективна котельня К2.

Для формування зони дії перспективної котельні К2 обрано абоненти, що наведені у таблиці 2.19 та визначено найбільш ефективне місце встановлення перспективної котельні.

Таблиця 2.19 - Перелік абонентів, що входять до зони дії перспективної котельні К2

№ об'єкту	Найменування об'єкту	Теплове навантаження (Qi), Гкал/год (ГДж/год)	Довжина вектору, м
63	Блок побутового обслуговування	0,786 (3,290)	999,9
74	Відділення збагачення хроміту	0,054 (0,226)	859,0
76	Помольне відділення хроміту та магnezіту	0,108 (0,452)	868,1
77	Змішувально-пресове відділення (розширення)	2,556 (10,699)	949,9
79	Компресорна №2	0,096 (0,402)	836,3
80	Пральня спецодягу	0,054 (0,226)	875,7
99	Відділ роз.магн	0,036 (0,151)	801,4
102	Азотна станція	0,003 (0,012)	801,4
Всього		3,693 (15,458)	6991,7

В якості джерела тепlopостачання для абонентів обираємо БМК - 4,8 (технічні характеристики наведені у таблиці 2.16). Габаритні розміри котельні – $12 \times 7.2 \times 3.1$ м, тобто необхідна площа для встановлення даної котельні складає (87... 90) м².

Виходячи з теплового навантаження абонентів (15,488 ГДж/год.) та температурного графіку роботи котельні (95/70 °С), витрати теплоносія від котельні складуть 148 т/год. Діаметр теплового виводу з котельні при питомих втратах тиску на тертя не більш 5 кгс/м² необхідно передбачити не нижче 200 мм. Існуючі трубопроводи мережі мають діаметри від 40 до 273 мм. У таблиці 2.20 наведені техніко-економічні показники роботи перспективної котельні БМК - 4,8.

Таблиця 2.20 – Технічні показники перспективної котельні К2

Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Об'єм мережі після реконструкції, м ³	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	
Втрати теплоти з витоком, Гкал (ГДж)	4,7 (19,7)	4,3 (17,9)	4,1 (17,2)	0,8 (3,3)	1,1 (4,6)	2,6 (10,9)	4,1 (17,2)	21,6 (90,4)
Втрати теплоти через ізоляцію, Гкал (ГДж)	116,5 (487,7)	84,3 (352,9)	82,8 (346,6)	12,7 (53,2)	31,7 (132,7)	72,9 (305,2)	87,5 (366,3)	488,4 (2044,4)
Загальні втрати теплової енергії у мережах, Гкал (ГДж)	121,2 (507,3)	88,6 (370,9)	86,9 (363,8)	13,4 (56,1)	32,8 (137,3)	75,6 (316,5)	91,5 (383,1)	510,0 (2134,9)
Корисний відпуск теплової енергії абонентам, Гкал (ГДж)	1465,9 (6136,3)	1280,5 (5360,2)	1073,6 (4494,1)	135,9 (568,9)	426,2 (1784,1)	799,2 (3345,4)	1225,0 (5127,8)	6406,3 (26816,8)
Відпуск теплової енергії з колекторів котельні, Гкал (ГДж)	1587,1 (6643,6)	1369,1 (5731,1)	1160,4 (4857,4)	149,3 (624,9)	459,0 (1921,4)	874,8 (3661,9)	1316,5 (5510,8)	6916,2 (28951,2)
Витрати теплової енергії на власні потреби котельні, Гкал (ГДж)	16,0 (66,9)	13,8 (57,7)	11,7 (48,9)	1,5 (6,3)	4,6 (19,2)	8,8 (36,8)	13,3 (55,7)	69,9 (292,6)

Продовження таблиці 2.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Виробництво теплової енергії, Гкал (ГДж)	1603,1 (6710,6)	1382,9 (5788,8)	1172,2 (4906,8)	150,8 (631,2)	463,7 (1941,1)	883,6 (3698,7)	1329,8 (5566,5)	6986,1 (29243,8)
Витрати природного газу, тис.м ³ (ПВП-151,1 кг.у.п./Гкал, Тепл.спос. = 8250 ккал/м ³)	205,5	177,3	150,3	19,3	59,4	113,3	170,5	895,7
Витрати електроенергії, тис.кВт·год	21,6	18,7	15,8	2,0	6,3	11,9	18,0	94,3
Вартість 1 Гкал, грн (умовно розрахована через вартість змінних витрат) (ГДж)								547,7 (2292,7)

Перспективна котельня КЗ.

Для формування зони дії перспективної котельні КЗ обрано абоненти, що наведені у таблиці 2.21 та визначено найбільш ефективне місце встановлення перспективної котельні.

Таблиця 2.21 - Перелік абонентів, що входять до зони дії перспективної котельні КЗ

№ об'єкту	Найменування об'єкту	Теплове навантаження (Q _i), Гкал/год (ГДж/год)	Довжина вектору, м
84	Очисні споруди (ввод №1)	1,104 (4,621)	637,8
95	Прохідна №2	0,006 (0,025)	657,5
97	Відділ маркування	2,040 (8,539)	754,5
Всього		3,150 (13,186)	2049,8

В якості джерела тепlopостачання для абонентів обираємо БМК-4,8 (технічні характеристики наведені у таблиці 2.16). Габаритні розміри котельні, - 12×7.2×3.1 м, тобто необхідна площа для встановлення даної котельні складає (87...90) м².

Виходячи з теплового навантаження абонентів (13,186 ГДж/год) та температурного графіку роботи котельні (95/70 °С), витрати теплоносія від котельні складуть 126 т/год. Діаметр теплового виводу з котельні при питомих втратах тиску на тертя не більш 5 кгс/м² необхідно передбачити не нижче 200 мм. Існуючі трубопроводи мережі мають діаметри від 40 мм до 273 мм. У таблиці 2.22 наведені техніко-економічні показники роботи перспективної котельні БМК - 4.

Таблиця 2.22 - Технічні показники перспективної котельні КЗ

Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Об'єм мережі після реконструкції, м ³	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0	
Втрати теплоти з витоком, Гкал (ГДж)	3,9 (16,3)	3,6 (15,1)	3,4 (14,2)	0,6 (2,5)	0,9 (3,8)	2,2 (9,2)	3,4 (14,2)	17,9 (74,9)
Втрати теплоти через ізоляцію, Гкал (ГДж)	94,4 (395,2)	84,3 (352,9)	82,8 (346,6)	12,7 (53,2)	31,7 (132,7)	72,9 (305,2)	87,5 (366,2)	466,2 (1951,5)
Загальні втрати теплової енергії у мережах, Гкал (ГДж)	98,3 (411,5)	87,9 (367,9)	86,2 (360,8)	13,3 (55,7)	32,6 (136,5)	75,1 (314,4)	90,8 (380,1)	484,2 (2026,4)
Корисний відпуск теплової енергії абонентам, Гкал (ГДж)	1248,0 (5224,1)	1090,2 (4563,6)	914,0 (3826,0)	115,7 (484,3)	362,9 (1519,1)	797,7 (3339,2)	1222,7 (5118,2)	5751,0 (24073,7)
Відпуск теплової енергії з колекторів котельні, Гкал (ГДж)	1346,3 (5635,6)	1178,0 (46791)	1000,2 (4186,8)	129,0 (539,9)	395,5 (1655,6)	872,8 (3653,4)	1313,5 (5498,3)	6235,2 (26100,5)
Витрати теплової енергії на власні потреби котельні, Гкал (ГДж)	13,6 (56,9)	11,9 (49,8)	10,1 (42,3)	1,3 (5,4)	4,0 (16,7)	8,8 (36,8)	13,3 (55,7)	63,0 (263,7)

Продовження таблиці 2.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Виробництво теплової енергії, Гкал (ГДж)	1359,9 (5692,5)	1189,9 (4980,9)	1010,3 (4229,1)	130,3 (545,4)	399,5 (1672,3)	881,6 (3690,4)	1326,8 (5553,9)	6298,2 (26364,3)
Витрати природного газу, тис.м ³ (ПВП-151,1 кг.у.п./Гкал, Тепл.спос. 8250 ккал/м ³)	174,3	152,6	129,5	16,7	51,2	113,0	170,1	807,5
Витрати електроенергії, тис.кВт·год	18,5	16,2	13,7	1,8	5,4	12,0	18,0	85,7
Вартість 1 Гкал, грн (умовно розрахована через вартість змінних витрат) (ГДж)								547,8 (2293,1)

Перспективна котельня К4.

Для формування зони дії перспективної котельні К4 (див. додаток Д.1) обрано абоненти, що наведені у таблиці 2.23. та визначено найбільш ефективне місце встановлення перспективної котельні.

Таблиця 2.23 - Перелік абонентів, що входять до зони дії перспективної котельні К4

№ об'єкту	Найменування об'єкту	Теплове навантаження (Qi), Гкал/год , (ГДж/год)	Довжина вектору, м
1	2	3	4
82	БНС	0,198 (0,829)	549,9
83	Вапнякове відділення	0,090 (0,377)	563,6
85	Центральна насосна станція	0,090 (0,377)	616,6
87	Майстерня енергомережевого гос-ва (ввод №2)	0,006 (0,025)	640,8
89	Майстерня енергомережевого гос-ва (ввод №1)	0,180 (0,753)	645,4
90	Будка приладів пожежогасіння	0,001 (4,186·10 ⁻³)	695,4
91	Відділення підготовки та засипки	0,990 (4,144)	665,1
92	Побутові приміщення	0,240 (1,005)	712,1
96	Гараж	1,554 (6,505)	443,9
Всього		3,349 (14,019)	5532,8

В якості джерела теплопостачання для абонентів обираємо БМК - 4,8 (технічні характеристики наведені у таблиці 2.16). Габаритні розміри котельні, - 12x7,2x3,1 м, тобто необхідна площа для встановлення даної котельні складає (87...90) м².

Виходячи з теплового навантаження абонентів (14,019 ГДж/год) та температурного графіку роботи котельні (95/70 °С), витрати теплоносія від котельні складуть 136 т/год. Діаметр теплового виводу з котельні при питомих втратах тиску на тертя не більш 5 кгс/м² необхідно передбачити не нижче 200 мм. Існуючі трубопроводи мережі мають діаметри від 40 мм до 273мм. У таблиці 2.24 наведені техніко-економічні показники роботи перспективної котельні БМК - 4,8.

Таблиця 2.24 - Технічні показники перспективної котельні К4

Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Об'єм мережі після реконструкції, м ³	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	
Втрати теплоти з витокком, Гкал (ГДж)	4,3 (17,9)	3,9 (16,3)	3,7 (15,5)	0,7 (2,9)	1,0 (4,2)	2,4 (10,0)	3,7 (15,5)	19,8 (82,9)
Втрати теплоти через ізоляцію, Гкал (ГДж)	99,6 (416,9)	88,9 (372,1)	87,3 (365,4)	13,4 (56,1)	33,4 (139,8)	76,9 (321,9)	92,2 (385,9)	491,7 (2058,3)
Загальні втрати теплової енергії у мережах, Гкал (ГДж)	103,9 (434,9)	92,8 (388,5)	91,0 (380,9)	14,1 (59,0)	34,4 (143,9)	79,3 (331,9)	96,0 (401,9)	511,5 (2141,1)
Корисний відпуск теплової енергії абонентам, Гкал (ГДж)	1347,0 (5638,5)	1176,7 (4925,7)	986,5 (4129,5)	124,8 (522,4)	391,7 (1639,7)	734,4 (3074,2)	1125,7 (4712,2)	5886,8 (24642,1)
Відпуск теплової енергії з колекторів котельні, Гкал (ГДж)	1450,9 (6073,5)	1269,5 (5314,1)	1077,6 (4510,8)	138,9 (581,4)	426,1 (1783,7)	813,7 (3406,1)	1221,6 (5113,6)	6398,3 (26783,3)
Витрати теплової енергії на власні потреби котельні, Гкал (ГДж)	14,7 (61,5)	12,8 (53,6)	10,9 (45,6)	1,4 (5,9)	4,3 (17,9)	8,2 (34,3)	12,3 (59,4)	64,6 (270,4)

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Виробництво теплової енергії, Гкал (ГДж)	1465,5 (6134,9)	1282,3 (5367,7)	1088,5 (4556,5)	140,3 (587,3)	430,4 (1801,2)	821,9 (3440,5)	1234,0 (5165,5)	6463,0 (27054,1)
Витрати природного газу, тис.м ³ (ПВП-151,1 кг.у.п./Гкал, Тепл.спос. = 8250 ккал/м ³)	187,9	164,4	139,5	18,0	55,2	105,4	158,2	828,6
Витрати електроенергії, тис.кВт·год	19,8	17,3	14,7	1,9	5,8	11,1	16,8	87,4
Вартість 1 Гкал, грн. (розрахована через вартість змінних витрат)								547,7 (2292,7)

Перспективна котельня К5. Для формування зони дії перспективної котельні К5 обрано абоненти, що наведені у таблиці 2.25 та визначено найбільш ефективне місце встановлення перспективної котельні.

Таблиця 2.25 - Перелік абонентів, що входять до зони дії перспективної котельні К5

№ об'єкту	Найменування об'єкту	Теплове навантаження (Qi), Гкал/год (ГДж/год)	Довжина вектору, м
1	2	3	4
2	Приміщення КІП	0,012 (0,050)	228,8
3	Майстерні КІП	0,004 (0,016)	278,8
4	Відділення гарячих головок	0,012 (0,050)	303,0
5	Лабораторія КГГІ	0,018 (0,075)	313,6
6	Силосний склад глинозему	0,018 (0,075)	356,0
7	Котельня №2	0,012 (0,050)	378,8
8	Змішувальне відділення	0,444 (1,858)	409,1
9	Контора обжигового цеху	0,024 (0,100)	440,9
64	Тепловозне депо (ввод №1)	0,264 (1,105)	359,1
66	Приміщення колійників	0,006 (0,025)	306,0
67	З/д станція	0,006 (0,025)	283,3

Продовження таблиці 2.25

1	2	3	4
68	Стрілковий пост №1	0,002 (0,008)	254,5
69	ЗСУ (ввод №2)	0,006 (0,025)	592,4
70	Головний корпус цеху ККЕН	1,788 (7,484)	674,2
71	Контора транспортного цеху	0,192 (0,803)	648,4
72	Склад ПММ	0,084 (0,351)	725,7
73	Контора складу ПММ	0,004 (0,016)	759,0
101	ПОБіМ	0,439 (1,837)	559,0
Всього		3,334 (13,956)	7870,4

В якості джерела теплопостачання для абонентів обираємо БМК - 4,8 (технічні характеристики наведені у таблиці 2.16). Габаритні розміри котельні - 12 x 7,2 x 3,1 м, тобто необхідна площа для встановлення даної котельні складає (87...90) м². Виходячи з теплового навантаження абонентів (3,3 Гкал/год) (13,813 ГДж/год) та температурного графіку роботи котельні (95/70 °С), витрати теплоносія від котельні складуть 132 т/год. Діаметр теплового виводу з котельні при питомих втратах тиску на тертя не більш 5 кгс/м² необхідно передбачити не нижче 200 мм. Існуючі трубопроводи мережі мають діаметри від 40 до 273 мм.

У таблиці 2.26 наведені техніко-економічні показники роботи перспективної котельні БМК - 4,8.

Таблиця 2.26 - Технічні показники перспективної котельні К5

Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Об'єм мережі після	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	
Втрати теплоти з витоком, Гкал (ГДж)	4,3 (17,9)	3,9 (16,3)	3,7 (15,5)	0,7 (2,9)	1,0 (4,2)	2,4 (10,0)	3,7 (15,5)	19,7 (82,5)
Втрати теплоти через ізоляцію, Гкал (ГДж)	104,7 (438,3)	93,5 (391,4)	91,8 (384,3)	14,1 (59,0)	35,1 (146,9)	80,9 (338,6)	97,0 (406,0)	517,2 (2164,9)
Загальні втрати теплової енергії у мережах, Гкал	109,0 (456,3)	97,5 (408,1)	95,6 (400,2)	14,8 (61,9)	36,1 (151,1)	83,3 (348,7)	100,7 (421,5)	536,9 (2247,5)

Продовження таблиці 2.26

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Корисний відпуск теплової енергії абонентам, Гкал (ГДж)	1320,9 (5529,3)	1153,8 (4829,8)	967,4 (4049,5)	122,4 (512,4)	384,1 (1607,8)	720,1 (3014,3)	1103,8 (4620,5)	5772,6 (24164,1)
Відпуск теплової енергії з колекторів котельні, Гкал. (ГДж)	1429,9 (5985,6)	1251,3 (5237,9)	1062,9 (4449,3)	137,2 (574,3)	420,2 (1758,9)	803,4 (3363,0)	1204,6 (5042,5)	6309,5 (26411,6)
Витрати теплової енергії на власні потреби котельні, Гкал (ГДж)	14,4 (60,3)	12,6 (52,7)	10,7 (44,8)	1,4 (5,8)	4,2 (17,6)	8,1 (33,9)	12,2 (51,0)	63,7 (266,6)
Виробництво теплової енергії, Гкал (ГДж)	1444,3 (6045,8)	1263,9 (5290,7)	1073,7 (4494,5)	138,6 (580,2)	424,5 (1776,9)	811,6 (3397,3)	1216,7 (5093,1)	6373,2 (26678,2)
Витрати природного газу, тис.м3 (ПВП-151,1 кг.у.п./Гкал, Тепл.спос. = 8250 ккал/м ³)	185,2	162,0	137,7	17,8	54,4	104,0	156,0	817,1
Витрати електроенергії, тис.кВт·год	19,5	17,1	14,5	1,9	5,7	11,0	16,5	86,2
Вартість 1 Гкал, грн (умовно розрахована через вартість змінних витрат) (ГДж)								547,7 (2292,7)

Перспективна котельня К6.

Для формування зони дії перспективної котельні К6 обрано абоненти, що наведені у таблиці 2.27 та визначено найбільш ефективне місце встановлення перспективної котельні.

Таблиця 2.27 - Перелік абонентів, що входять до зони дії перспективної котельні К6

№ об'єкту	Найменування об'єкту	Теплове навантаження (Qi), Гкал/год (ГДж/год)	Довжина вектору, м
10	Котельня №1	0,012 (0,050)	492,4
11	Тимчасові будівлі та споруди	0,024 (0,100)	648,4
12	Відділення обертових печей №1,2	0,012 (0,050)	515,1
12	Відділення обертових печей №1,2	0,012 (0,050)	575,7
13	ЦВП (загальний ввід)	0,960 (4,018)	565,1
14	Головний розподільчий пристрій	0,072 (0,301)	643,9
15	Вимірювальна камера №2	0,002 (0,008)	678,7
16	Матеріальний склад ОКСа	0,006 (0,025)	852,9
17	Матеріальний склад заводу	0,060 (0,251)	709,0
24	Ремонтно-механічний цех	0,124 (0,519)	777,2
54	Сушильно-помольне відділення (ввод №1)	0,024 (0,100)	703,0
55	Глинорізи	0,006 (0,025)	646,9
56	Змішувально-пресове відділення (діл. №3)	0,630 (2,637)	739,3
57	Змішувально-пресове відділення (діл. №3)	0,028 (0,117)	722,7
58	Змішувально-пресове відділення (ввод №2)	0,162 (0,678)	768,1
59	Відділення ручного формування	0,348 (1,456)	787,8
103	ОЕЕЦ	0,208 (0,870)	713,6
Всього		2,690 (11,260)	11539,8

В якості джерела теплопостачання для абонентів обираємо БМК-3,8 (технічні характеристики наведені у таблиці 2.16). Габаритні розміри котельні, - 12x7,2x3,1 м, тобто необхідна площа для встановлення даної котельні складає (87...90) м². Виходячи з теплового навантаження абонентів (2,7 Гкал/год) (11,3 ГДж/год) та температурного графіку роботи котельні (95/70 °С), витрати теплоносія від котельні складуть 108 т/год. Діаметр теплового виводу з котельні при питомих втратах тиску на тертя не більш 5 кгс/м² необхідно передбачити не нижче 200 мм. Існуючі трубопроводи мережі мають діаметри від 40 мм до 273 мм. У таблиці 2.28 наведені техніко-економічні показники роботи перспективної котельні БМК-3,8.

Таблиця 2.28 - Технічні показники перспективної котельні К6

Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
Об'єм мережі після реконструкції, м ³	37,8	37,8	37,8	37,8	37,8	37,8	37,8	
Втрати теплоти з витокком, Гкал (ГДж)	3,8 (15,9)	3,5 (13,4)	3,3 (13,8)	0,6 (2,5)	0,9 (3,7)	2,1 (8,8)	3,3 (13,8)	17,4 (72,8)
Втрати теплоти через ізоляцію, Гкал (ГДж)	87,8 (367,5)	78,4 (328,2)	77,0 (322,3)	11,8 (49,4)	29,4 (123,0)	67,8 (283,8)	81,3 (340,3)	433,5 (1814,6)
Загальні втрати теплової енергії у мережах, Гкал (ГДж)	91,5 (383,0)	81,8 (342,4)	80,2 (335,7)	12,4 (51,9)	30,3 (126,8)	69,9 (292,6)	84,6 (354,1)	450,8 (1887,0)
Корисний відпуск теплової енергії абонентам, Гкал (ГДж)	1065,7 (4461,0)	931,0 (3897,2)	780,5 (3267,2)	98,8 (413,6)	309,9 (1297,2)	581,0 (2430,3)	890,6 (3728,0)	4657,5 (19496,3)
Відпуск теплової енергії з колекторів котельні, Гкал (ГДж)	1157,3 (4844,4)	1012,8 (4239,6)	860,8 (3603,3)	111,2 (465,5)	340,2 (1424,1)	651,0 (2725,1)	975,2 (4082,2)	5108,3 (21383,3)
Витрати теплової енергії на власні потреби котельні, Гкал (ГДж)	11,7 (48,9)	10,2 (42,7)	8,7 (36,4)	1,1 (4,6)	3,4 (14,2)	6,6 (27,6)	9,9 (41,4)	51,6 (215,9)
Виробництво теплової енергії, Гкал (ГДж)	1169,0 (4893,4)	1023,0 (4282,3)	869,5 (3639,7)	112,3 (470,0)	343,7 (1438,7)	657,5 (2752,3)	985,0 (4123,2)	5159,9 (21583,8)
Витрати природного газу, тис.м ³ (ПВП-151,1 кг.у.п./Гкал, Тепл.спос. - 8250 ккал/м ³)	149,9	131,2	111,5	14,4	44,1	84,3	126,3	661,5
Витрати електроенергії, тис.кВт·год	13,2	11,6	9,8	1,3	3,9	7,4	11,1	58,3

Вартість 1 Гкал, 545,3грн (умовно розрахована через вартість змінних витрат).

Перспективна котельня К7.

Для формування зони дії перспективної котельні К7 обрано абоненти, що наведені у таблиці 2.29 та визначено найбільш ефективне місце встановлення перспективної котельні.

Таблиця 2.29 - Перелік абонентів, що входять до зони дії перспективної котельні К7

№ об'єкту	Найменування об'єкту	Теплове навантаження (Qi), Гкал/год (ГДж/год)	Довжина вектору, м
18	Механічний цех (ввод № 1)	2,040 (8,53)	810,5
19	Механічний цех (ввод №2)	0,192 (0,80)	818,1
20	Лабораторія автоматизації	0,048 (2,0)	865,1
21	Лабораторія 311	0,010 (0,04)	859,0
22	Здоровпункт	0,036 (0,15)	896,9
23	Гараж здоровпункту	0,006 (0,02)	881,7
25	Прохідна №3	0,002 (0,008)	895,4
26	Вимірювальна камера №1	0,006 (0,02)	934,8
27	Столярна майстерня	0,036 (0,15)	952,9
28	Газорятувальна станція	0,026 (0,10)	987,8
29	Ливарна майстерня	0,636 (2,66)	1027,2
30	Склад матеріалів	0,030 (0,12)	931,7
31	ШПАчор.мет	0,222 (0,92)	901,4
32	Склад ОГМ	0,003 (0,01)	965,1
100	ТСУ	0,010 (0,04)	951,4
104	«Строймаш»	0,050 (0,20)	1042,3
Всього		3,354 (14,03)	14721,3

Виходячи з теплового навантаження абонентів (3,4 Гкал/год) та температурного графіку роботи котельні (95/70 °С), витрати теплоносія від котельні складуть 136 т/год. Діаметр теплового виводу з котельні при питомих втратах тиску на тертя не більш 5 кгс/м² необхідно передбачити не нижче 200 мм. Існуючі трубопроводи мережі мають діаметри від 40 мм до 273 мм. У таблиці 2.30 наведено техніко-економічні показники роботи перспективної котельні БМК-4,8.

Таблиця 2.30 - Технічні показники перспективної котельні К7

Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
Об'єм мережі після реконструкції, м ³	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	
Втрати теплоти з витоком, Гкал (ГДж)	4,8 (20,1)	4,4 (18,4)	4,2 (17,6)	0,8 (3,3)	1,1 (4,6)	2,7 (11,3)	4,1 (17,2)	22,1 (92,5)
Втрати теплоти через ізоляцію, Гкал (ГДж)	107,7 (450,8)	96,2 (402,7)	94,4 (395,1)	14,5 (60,7)	36,1 (151,1)	83,2 (348,3)	99,8 (417,7)	531,8 (2226,1)
Загальні втрати теплової енергії у мережах, Гкал (ГДж)	112,5 (470,9)	100,6 (421,1)	98,6 (412,7)	15,2 (63,6)	37,3 (156,1)	85,9 (359,6)	103,9 (434,9)	553,9 (2318,6)
Корисний відпуск теплової енергії абонентам, Гкал (ГДж)	1328,8 (5562,3)	1160,8 (4859,1)	973,2 (4073,8)	123,2 (515,7)	386,4 (1617,5)	724,5 (3032,7)	1110,4 (4648,1)	5807,2 (24308,9)
Відпуск теплової енергії з колекторів котельні, Гкал (ГДж)	1441,3 (6033,3)	1261,3 (5279,8)	1071,8 (4486,5)	138,4 (579,3)	423,6 (1773,2)	810,3 (3391,9)	1214,4 (5083,5)	6361,0 (26627,1)
Витрати теплової енергії на власні потреби котельні, Гкал (ГДж)	14,6 (61,1)	12,7 (53,2)	10,8 (45,2)	1,4 (5,8)	4,3 (17,9)	8,2 (34,3)	12,3 (51,5)	64,3 (269,1)
Виробництво теплової енергії, Гкал (ГДж)	1455,8 (6093,9)	1274,0 (5332,9)	1082,6 (4531,7)	139,8 (585,2)	427,9 (1791,2)	818,5 (3426,2)	1226,6 (5134,5)	6425,3 (26896,3)
Витрати природного газу, тис.м ³ (ПВП-151,1 кг.у.п./Гкал, Тепл.спос. = 8250 ккал/м ³)	186,6	163,3	138,8	17,9	54,9	104,9	157,3	823,8
Витрати електроенергії, тис.кВт·год	19,7	17,2	14,6	1,9	5,8	11,0	16,7	86,9

Вартість 1 Гкал, 547,7 грн (умовно розрахована через вартість змінних витрат).

Перспективна котельня К8.

Для формування зони дії перспективної котельні К8 обрано абоненти, що наведені у таблиці 2.31 та визначено найбільш ефективне місце встановлення перспективної котельні.

Таблиця 2.31 - Перелік абонентів, що входять до зони дії перспективної котельні К8

№ об'єкту	Найменування об'єкту	Теплове навантаження (Qi), Гкал/год (ГДж/год)	Довжина вектору, м
60	Змішувально-пресове відділення (діл. №2)	2,064 (8,63)	825,7
61	Змішувально-пресове відділення (діл. №1)	1,260 (5,27)	731,7
Всього		3,324 (13,9)	1557,4

Виходячи з теплового навантаження абонентів (3,3 Гкал/год) (13,8 ГДж/год) та температурного графіку роботи котельні (95/70 °С), витрати теплоносія від котельні складуть 132 т/год.

Таблиця 2.32 - Технічні показники перспективної котельні К8

Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
Об'єм мережі після реконструкції, м ³	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	
Втрати теплоти з витоком, Гкал (ГДж)	6,4 (26,8)	5,9 (24,7)	5,6 (23,4)	1,0 (4,2)	1,5 (6,2)	3,6 (15,06)	5,5 (23,02)	29,4 (123,06)
Втрати теплоти через ізоляцію, Гкал (ГДж)	80,8 (338,2)	72,1 (301,8)	70,8 (296,4)	10,8 (45,2)	27,1 (113,4)	62,4 (261,2)	74,8 (313,1)	398,9 (1669,8)
Загальні втрати теплової енергії у мережах, Гкал (ГДж)	87,1 (364,6)	78,0 (326,5)	76,4 (319,8)	11,9 (49,8)	28,6 (119,7)	66,0 (276,3)	80,4 (336,5)	428,3 (1792,8)
Корисний відпуск теплової енергії абонентам, Гкал (ГДж)	1316,9 (5512,5)	1150,4 (4815,5)	964,5 (4037,4)	122,1 (511,1)	382,9 (1602,8)	718,0 (3005,5)	1100,5 (4606,7)	5755,2 (24091,2)

Продовження таблиці 2.26

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Відпуск теплової енергії колекторів котельні, Гкал (ГДж)	404,0 (5877,1)	1228,3 (5141,6)	1040,9 (4357,2)	133,9 (560,5)	411,5 (1722,5)	783,9 (3281,4)	1180,9 (4943,2)	6183,5 (25884,1)
Витрати теплової енергії на власні потреби котельні, Гкал (ГДж)	14,2 (59,4)	12,4 (51,9)	10,5 (43,9)	1,4 (5,8)	4,2 (17,6)	7,9 (33,06)	11,9 (49,8)	62,5 (261,6)
Виробництво теплової енергії, Гкал (ГДж)	1418,2 (5936,6)	1240,8 (5193,9)	1051,4 (4401,2)	135,3 (566,4)	415,7 (1740,1)	791,9 (3314,9)	1192,8 (4993,06)	6246,0 (26145,7)
Витрати природного газу, тис.м ³ (ПВП-151,1 кг.у.п./Гкал, Тепл.спос. = 8250 ккал/м ³)	181,8	159,1	134,8	17,3	53,3	101,5	152,9	800,8
Витрати електроенергії, тис.кВт·год	19,1	16,8	14,2	1,8	5,6	10,7	16,2	84,4
Вартість 1 Гкал, грн (умовно розрахована через вартість змінних витрат) (ГДж)								547,7 (2292,7)

У таблиці 2.33 згруповані технічні показники по восьми перспективним котельням, що обрані в рамках опрацювання питання зонування теплового навантаження за критерієм територіального розміщення джерела теплової енергії.

Таблиця 2.33 - Технічні показники перспективних котельень К1-К8.

Показник	Разом	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8
Обрана котельня БМК		1,7	4,8	4	4,8	4,8	3,6	4,8	4,8
Вартість котельного обладнання, тис грн.	16680	680	2500	2000	2500	2500	1500	2500	2500
Втрати теплоти з вигоком, Гкал (ГДж)	219,2 (917,6)	14,8 (61,9)	31,9 (133,5)	26,5 (110,9)	29,2 (122,2)	29,1 (121,8)	25,7 (107,6)	32,6 (136,6)	29,4 (123,1)
Втрати теплоти через ізоляцію, Гкал (ГДж)	2928,6 (12259,1)	267,7 (1120,59)	431,6 (1806,7)	349,7 (1463,8)	368,8 (1543,8)	387,9 (1623,8)	325,1 (1360,1)	398,9 (1669,8)	398,9 (1670,9)
Загальні втрати теплової енергії у мережах, Гкал (ГДж)	3148,0 (13177,5)	282,6 (1182,9)	463,6 (1940,6)	376,2 (1574,8)	398,0 (1666,0)	417,1 (1745,9)	350,8 (1468,4)	431,4 (1805,8)	428,3 (1792,9)
Корисний відпуск теплової енергії абонентам, Гкал (ГДж)	42320 (177152,8)	2283,7 (9559,6)	6406,3 (26816,8)	5751,0 (24073,7)	5886,8 (24642,1)	5772,6 (24164,1)	4657,5 (19496,3)	5807,2 (24308,9)	5755,2 (24091,27)
Відпуск теплової енергії з колекторів котельні, Гкал (ГДж)	45468,2 (190329,9)	2566,3 (10742,5)	6869,8 (28756,9)	6127,2 (25648,5)	6284,9 (26308,6)	6189,6 (25909,7)	5008,3 (20964,7)	6238,6 (26114,8)	6183,5 (25884,1)
Витрати теплової енергії на власні потреби котельні, Гкал (ГДж)	459,3 (1922,6)	25,9 (108,4)	69,4 (290,5)	61,9 (259,1)	63,5 (265,8)	62,5 (261,6)	50,6 (211,8)	63,0 (263,7)	62,5 (261,6)
Виробництво теплової енергії, Гкал (ГДж)	45927,4 (192252,1)	2592,2 (10850,9)	6939,2 (29047,5)	6189,1 (25907,6)	6348,3 (26573,9)	6252,1 (26171,3)	5058,9 (21176,6)	6301,6 (26378,5)	6246,0' (26145,8)
Витрати природного газу, тис.м (ПВП-151,1 кг.у.п./Гкал, Тешл.спос. = 8250 ккал/м ³) (кг.у.п/ГДж)	58883,3 (1406,7)	332,3 (79,4)	889,7 (212,5)	793,5 (189,6)	813,9 (194,4)	801,6 (191,5)	648,6 (154,9)	807,9 (193,0)	800,8 (191,3)
Витрати електроенергії, тис.кВт·год	610,5	35,5	93,7	84,2	85,8	84,5	57,2	85,2	84,4
Вартість 1 Гкал, грн (умовно розрахована через вартість змінних витрат) (ГДж)	547,5 (130,8)	547,9 (130,9)	547,7 (130,8)	547,8 (130,8)	547,7 (130,8)	547,7 (130,8)	545,3 (130,3)	547,7 (130,8)	547,7 (130,8)

2.5 Оптимізація існуючої схеми теплопостачання

Сучасний розвиток енергетики характеризується значно збільшеною вартістю енергоносіїв і всіх видів природних ресурсів, а також вимогами до охорони навколишнього середовища від впливу теплогенеруючих установок (ТГУ) та промислових підприємств. Одним з напрямків удосконалення технології енергозбереження, економії палива та інших паливно-енергетичних ресурсів є оптимізація існуючої схеми котельні.

Так, наприклад, для охолодження продуктів згоряння природного газу за котлами встановлюють теплоутилізатори, які охолоджують відхідні гази до температури (90...140) °С. Коефіцієнт корисної дії котлоагрегату може бути підвищений на (4...10) %.

Переваги встановлення теплоутилізаторів:

- підвищення ККД котлів;
- зниження температури відхідних газів;
- зростання коефіцієнту використання палива. Додаткова економія палива може бути отримана за рахунок більш глибокої регенерації теплоти продуктів згоряння;
- зниження потужності електродвигуна димососу внаслідок зменшення об'ємної витрати відхідних газів.

Розрахунок економічної доцільності встановлення теплоутилізаторів наведено у табл. 2.34.

Встановлення теплоутилізаторів на трьох котлах КВ-ГМ-10 дає змогу знизити питомі витрати палива котельні з 157,987 кг.у.п/Гкал (37,741 кг.у.п/ГДж) до 151,214 кг.у.п/Гкал (36,124 кг.у.п/ГДж) та зекономити до 276,662 тис.м³ природного газу на рік. На рисунку 2.9 наведена температура відхідних газів за наявності та відсутності теплоутилізатора за котлом.

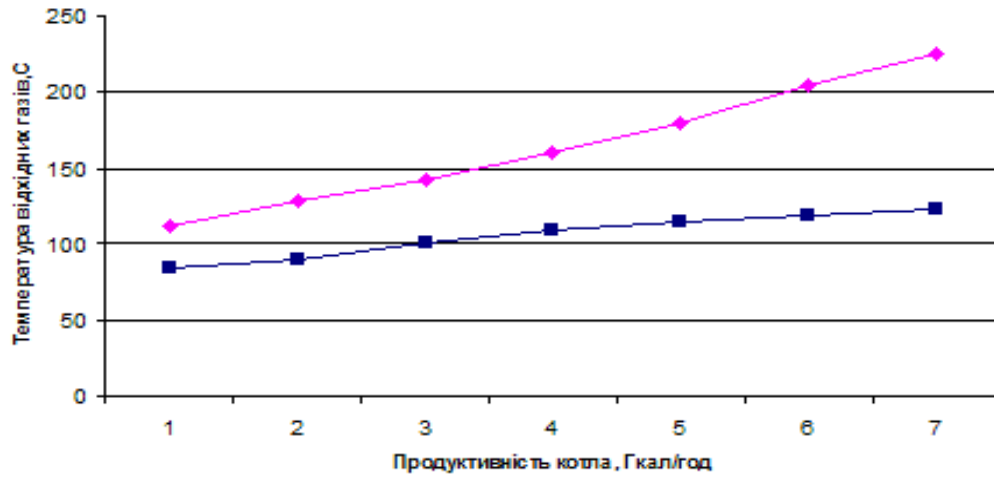


Рисунок 2.9 - Температура відхідних газів, °C

З графіку видно що при збільшені теплопродуктивності котла, зменшується втрата тепла в навколишнє середовище.

Таблиця 2.34 - Економія палива за рахунок встановлення теплоутилізаторів

Котел	Планове виробництво теплової енергії на 2014 р.	Питомі витрати палива на виробництво	Витрати палива	Витрати палива після встановлення ТУ	Економія	
	Гкал (ГДж)	кг у.п./Гкал (кг.у.п/ГДж)	кг у.п./рік	кг у.п./рік	кг у.п./рік	тис.грн.
КВ-ГМ-10 №1	24488,88 (102510,45)	154,65 (36,945)	3787205,292	3616781,054	170424,238	708,064
КВ-ГМ-10 №2	19098,058 (79944,471)	156,576 (37,405)	2990297,529	2855734,141	134563,389	559,072
КВ-ГМ-10№3	2192,952 (9179,697)	161,531 (38,588)	354229,7295	338289,392	15940,338	66,228
ВСЬОГО	-	-	7131732,551	6810804,586	320927,965	1333,363

2.6 Укрупненні показники економічної доцільності опрацьованих варіантів

Під час виконання робіт було виконано аналіз стану існуючої системи теплопостачання ПАТ «Запоріжвогнетрив», а також опрацьовано декілька варіантів перспективного розвитку системи теплопостачання.

I варіант передбачає встановлення блочно-модульної котельні та підключення до неї абонентів, що не увійшли до радіусу ефективного теплопостачання існуючої котельні;

II варіант передбачає встановлення восьми блочно-модульних котелень та зонування теплового навантаження за критерієм територіального розміщення;

III варіант передбачає зберігання існуючої схеми теплопостачання, що дає змогу використання теплової енергії вторинних ресурсів, із виконанням декількох заходів, які дозволять підвищити ефективність системи теплопостачання. У таблиці 2.35 наведені виробничі показники роботи при різних варіантах.

Таблиця 2.35 - Виробничі показники роботи при різних варіантах

Параметри	I варіант	II варіант	III варіант
Підключене навантаження, Гкал/год (ГДж/год)	24,212 (101,351)	24,212 (101,351)	24,212 (101,351)
Корисний відпуск теплоти	42320	42320	42320
Загальні втрати теплоти у мережах, Гкал (ГДж)	3287,7 (13762,31)	3148 (13177,53)	3397,7 (14222,77)
Виробництво теплоти з урахуванням власних потреб котельні, Гкал	46068,4 (192842,32)	45927,3 (192251,68)	46179,5 (193307,39)
Питомі витрати палива на 1 Гкал,	157,9	150,2	151,2

Основою розрахунку економічної ефективності та доцільності впровадження одного з варіантів перспективного розвитку є зважування вигідності того чи іншого проекту за умови обмеженості капіталу як ресурсу та забезпечення найбільших прибутків.

Укрупнено були розраховані вартість 1 Гкал теплової енергії, виходячи з витратами палива . Для розрахунків не враховували інші витрати підприємства - заробітна плата працівників, кошти на ремонтні роботи, амортизаційні витрати та т.і. У витратній частині враховувались витрати на обладнання, проектування, монтаж і не брались до уваги роботи по підключенню до комунікацій, пусконаладжувальні роботи та експлуатаційні витрати. У таблиці 2.36 наведено отримані дані.

Таблиця 2.36 – Економічні показники

Параметри	Існуюча система	I варіант	II варіант	III варіант
Витрати палива, тис м ³	1743,81	6454,10	5887,32	5959,07
Вироблено теплової енергії, Гкал (ГДж)	13995,70 (58586)	46068,4 (192842)	45927,3 (192251)	46179,5 (193307)
Вартість палива с	4154,71	4154,71	4154,71	4154,71
Вартість 1 Гкал	605,24	602,91	547,44	553,76
Економічний		107,26	2654,58	2377,41
Вартість обладнання, тис.грн		680,00	16680,00	3000,00
Капітальні вкладення, тис.грн.		1020	25020	4500
Строк окупності, років		9,5	9,4	1,9

Враховуючи те, що більшість обладнання блочно-модульних котелень мають термін експлуатації близько (7...10) років, розглядати I та II варіанти не доцільно. Крім того у II варіанті повністю виключається можливість роботи від технологічної пари, що тільки у 2014 році дала змогу заощадити близько 900 тис.грн, або 220,4 тис м³ газу.

В той час коли модернізація існуючої котельні (III варіант) має ряд переваг:
 - зберігає можливість використовувати теплову енергію вторинних

ресурсів;

- встановлення утилізаторів теплової енергії дозволить суттєво знизити споживання палива та покращити екологічні показники роботи котельні.

Також під час реалізації III варіанту слід планувати заміну під час ремонтів існуючу ізоляцію на ізоляцію із сучасних матеріалів (поліпропілен, поліуретан, матрікал та т.і.), що дозволить знизити втрати у теплових мережах практично на (15...20) % (500 тис. грн. або 700 Гкал (2930 ГДж) Оскільки вартість сучасної ізоляції достатньо велика, термін окупності даного заходу буде не менше 20 років. Тому цей захід не можна вважати першочерговим та високоефективним.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Все устаткування котельні відноситься до групи небезпечних фізичних факторів. На території котельні розташовані трубопроводи теплопостачання і газопроводи які можуть бути потенційно небезпечні. Все устаткування електроспоживаюче, виникає небезпека виникнення пожеж і ураження струмом.

В котельні найбільш характерні з небезпечних і шкідливих виробничих факторів є :

- електрична напруга;
- розташування робочого місця на висоті;
- становлять небезпеку посудини, що працюють під тиском (підігрівачі, деаератори, балони для зріджених газів, трубопроводи пари й гарячої води);
- висока температура повітря (вище 45 °С) у котельному залі, приміщеннях баків, деаераторів і насосів, у теплофікаційних тунелях.
- випаровування (через нещільності в устаткуванні й трубопроводах) у котельному залі , у теплофікаційних тунелях;
- підвищені рівні шуму й вібрації ($L_{\text{шуму доп.}} = 91$ дБА;);
- підвищення швидкості руху повітря в котельному залі - у зонах щитів керування котлами, водомірних колонок і ін., у паропроводів і деаераторі;
- підвищена й знижена відносна вологість буває в котельному залі поблизу котла і в зоні допоміжного устаткування;
- шкідливі речовини у вигляді пилу, газів і рідин – гази – у котельному залі (С, ГДК=20 мг/м³; SO₂, ГДК=10 мг/м³ і т.д.), кислоти, лугу, дихлоретан, гідразингідрат і ін. – у лабораторії хімічної підготовки води [22].

3.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

Основна небезпека при експлуатації котельного обладнання полягає у можливому раптовому руйнуванні, яке супроводжується вибухом із утворенням великої потужності. При цьому можуть статися значні руйнування і важкі травми людей. Щоб запобігти виникненню аварій потрібно чітко дотримуватись правил експлуатації котельних.

Вимоги до котельних установок:

- стаціонарні котли встановлюють у будівлях і приміщеннях відповідно до вимог СНіП П-35-76 «Котельні установки»; СНіП П-58-75 «Електростанції теплові», і «Правила пристрою й безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів».

- розміщення котлів поза приміщеннями допускається, якщо котел спроектований для роботи в даних кліматичних умовах [24].

Всередині виробничих приміщень допускається установка прямоочних котлів паропроductивністю < 4 кг/год та котлів, що задовольняють умові: t більше 100 °C и V менше 100 м³; водогрійних котлів, теплопродуктивністю менш $10,5$ гДж/год, без барабанів; котли-утилізатори - без обмежень.

Планування виробничих приміщень, розташування будинків і транспортних шляхів повинні забезпечувати найбільш сприятливі умови для виробничого процесу й праці. Відповідно до вимог санітарних норм проектування промислових підприємств (СН 245-71) виробничі приміщення підприємств, у тому числі ТЕС, ТЕЦ (за винятком атомних АЕС), розташовують на території населених пунктів у спеціально виділених промислових районах або за межами населених пунктів на достатній відстані від них (залежно від викиду шкідливих речовин).

Для ТЕС санітарно-захисну зону встановлюють відповідно до вказівок за розрахунками розсіювання в атмосфері шкідливих речовин, що втримуються у викидах. Вона може бути від 50 до 1000 м, залежно від змісту у викидах в атмосферу шкідливих речовин.

Для ТЕС і котелень, що працюють на газі, установлюється єдина санітарно - захисна зона 15 м, незалежно від кількості газу, що спалюється.

Місце установки котлів всередині виробничих приміщень повинне бути відділене від іншої частини приміщення перегородками по всій висоті котла, але не нижче 2 м, з установкою дверей.

Котли-утилізатори можуть бути відділені від іншої частини виробничого приміщення разом з агрегатами, з якими вони зв'язані технологічним процесом. Однак, розташування інших приміщень і горючих перекриттів над котлами не допускається.

Приміщення котелень із паровими котлами з тиском p більше 0,07 МПа й водогрійні котли з температурою $t_{\text{води}}$ більше 115 °С не повинні примикати до житлових і суспільних будинків.

Примикання котелень до виробничих приміщень дозволяється, якщо їх розділяє ППС (протипожежна стінка) з межею вогнестійкості більше 4 годин.

Площа поверхонь, остіклених неармованим склом, а також віконних і дверних прорізів, розглядаються як захисні поверхні при можливих вибухах і повинні становити більше 5 % від площі приміщення, руйнуючись при вибуху, ці поверхні забезпечують спад тиску).

Якщо площа котельні більше 200 м², то необхідно мати більше 2-х виходів, розташованих у різних кінцях приміщення. Допускається один вихід, якщо площа поверху менш 200 м² і є запасний вихід на зовнішні сходи, а в одноповерхових котельнях допускається один вихід при довжині приміщення по фронті котлів менше 12 м.

Вихідні двері з котельні повинні відкриватися назовні й не мати засовів з боку котельні. Двері зі службових, побутових, допоміжних приміщень у котельні повинні забезпечуватися пружинами й відкриватися у бік котельні. Ворота приміщення котельні повинні мати тамбур або повітряну теплову завісу.

Регламентуються габаритно-розташовувальні розміри: відстань від котлів до стіни, ширина проходів, розміри сходів і т.д.

На кожному котлі повинні бути передбачені прилади безпеки, що забезпечують своєчасне й надійне автоматичне відключення котла або його елементів при неприпустимих відхиленнях від заданих режимів.

Парові котли з камерним спалюванням палива повинні бути обладнані автоматичними пристроями, що припиняють подачу палива до пальників при зниженні рівня води, а для прямоточних котлів - при зменшенні витрати води в котлі нижче припустимого.

На котлах варто встановлювати автоматизовану звукову сигналізацію верхнього й нижнього граничних положень рівнів води.

Парові котли незалежно від типу й паропродуктивності повинні бути оснащені автоматичними регуляторами живлення (ця вимога не поширюється на котли-бойлери, у яких відбір пари на сторону, крім бойлера менш 2 кг/год [26].

Водогрійні котли з багаторазовою циркуляцією й камерним спалюванням палива повинні бути обладнані приладами, що автоматично припиняють подачу палива до пальників в наступних випадках:

- при загасанні факела;
- при відключенні всіх димососів;
- при відключенні всіх дутьових вентиляторів.

На котлах з пальниками, обладнаних індивідуальними вентиляторамі повинен бути захист, що припиняє подачу палива до пальника при зупинці вентилятора.

3.3 Виробнича санітарія

Вентиляція в котельному залі приточно-витяжна з механічним і природним спонуканням. Витяжка в обсязі ($L_{\text{вит.}}=920 \times 3=2760 \text{ м}^3/\text{год}$) через два існуючі дефлектори $D=1000 \text{ мм}$, які виведені на 1 м вище перекриття котельні; приплив з механічним спонуканням – в обсязі витяжки плюс 15 м^3 на 1 м^3 згорілого газу в опалювальних апаратах ($L_{\text{прит.}}=2760+153 \times 51,7 \times 6=7413 \text{ м}^3/\text{год}$) і

здійснюється проєктованим осьовим вентилятором В-6-300-6,3 встановленим у вікні котельного залу.

Видалення димових газів від котлів передбачено по загалькотельному димоході ($D = 800$ мм) з алюмінієвого листа, утепленим ізоляцією ROCKWOOL Wired mat з покривним шаром з нержавіючої сталі в димар висотою 17 м.

Устаткування котельні укомплектоване блоками безпеки, що відповідають вимогам безпеки діючих стандартів на газові апарати .

Для контролю загазованості в приміщенні котельні передбачена установка газосигналізатора «Лелека» з видачею сигналу на електромагнітний клапан, що відтинає подачу газу, а також з подачею звукового й світлового сигналів.

Мікроклімат виробничих приміщень нормується в залежності від теплових характеристик виробничого приміщення, категорії робіт по важкості і періоду року [27]. Основні нормативні документи, де наводяться норми мікроклімату, - це санітарні норми та стандарти безпеки праці.

Роботи операторів у котельні за важкістю та енерговитратами по ДСНЗ.3.6.042-99 відносять до категорії Іб.

Допустимі норми повітря в робочій зоні у холодний період:

- температура – $(24...20)$ °С;
- відносна вологість – 75 %;
- швидкість руху повітря – не більше 0,2 м/с.

За видом джерела світла, що використовується, освітлення може бути природнім (сонячним), штучним (лампи розжарювання або газорозрядні) та суміщеним, тобто коли в світлі години доби використовують обидва джерела світла одночасно. В котельні освітлення суміщене. Використовуються і лампи розжарювання і світло, що надходить через віконні отвори. На котельних видах зорових робіт характеризуються VIII розрядом, тому освітленість має бути від 75 лк до 50 лк. Крім робочого освітлення нормами передбачено встановлення аварійного (не менше 2 лк), евакуаційного (0,5 лк) та охоронного освітлення (0,5лк) [28].

3.4 Електробезпека

Приміщення котельні за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом та залежно від стану виробничого середовища за «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою, що характеризуються високою температурою повітря (постійно, або періодично перебільшує 30 °С).

Електробезпека котельні забезпечується відповідною конструкцією електроустановок, застосуванням технологічних засобів та засобів захисту; організаційними та технічними заходами [29].

Потреба в електроенергії в котельні визначається необхідністю освітлення котельного залу й додаткових приміщень, а при роботі вентиляційних та насосних систем і котельних установок, крім цього, потужністю електродвигунів застосовуваних машин і механізмів.

Потрібна потужність на живлення електродвигунів приймається по технічних характеристиках машин і механізмів.

Для визначення витрати електроенергії на силові й електроосвітлювальні потреби складається розрахункова відомість.

Напруга живлення ~380/220V. Категорія надійності електропостачання -II.

РУ-0.4 кВ ТМ-400 котельні за кільцюване з РУ-0.4 кВ КТП-2х100, таким чином, існуюча схема електропостачання котельні виконана від двох незалежних взаємозамінюючих джерел живлення. Відповідно до ПУЭ-86 п.1.2.17 і СНіП II 35-76 «Котельні установки» пп. 1.12 і 14.2 котельня забезпечена по II категорії надійності електропостачання.

Для забезпечення електробезпеки й захисту людей від ураження електричним струмом виконані занулення й заземлення [30]. Система заземлення TN-S. В котельні монтується контур заземлення, що приєднується до зовнішнього контуру заземлення. До контуру заземлення приєднуються - нульові шини щитів, металеві корпуси щитів і електроустаткування. Заземлення корпусів електроустаткування без їхнього занулення не допускається.

Котельня підлягає блискавкозахисту згідно ДСТУБ В.2.5.-38:2008 по II категорії. Для захисту від статичної електрики й вирівнювання потенціалів газопровід і трубопроводи всіх призначень, корпусу технологічного устаткування приєднати до магістралі захисного заземлення у двох місцях.

Встановлена потужність струмоприймачів котельні становить 110,05 кВт, розрахункова 62,04 кВт. Живильні мережі виконані кабелями ВВГ(3х35+1х25) і ВВГ(4х6). Розподільні мережі виконані проведенням ПВС, що прокладаються по кабельних лотках і в пластиковому коробі по стінах, у сталевих трубах по підлозі і у гофротрубках по устаткуванню.

Передбачено ремонтне освітлення від ящиків з понижувальним трансформатором ЯТП-0,25 на напругу ~12V. Для аварійного освітлення передбачений переносний акумуляторний ліхтар.

Комерційний облік електроенергії виконаний в електрощитовій котельні на вступному осередку РУ-0,4 кВ, лічильник СА4 В-І 672 М №849989.

3.5 Пожежна безпека

Пожежна безпека забезпечується розміщенням будинку й устаткування з дотриманням відстаней відповідно до вимог ДБН, СНіП і іншими нормативними документами. Ступінь вогнестійкості по ДБН В. 1.1-7-2002 - II. Категорія приміщення - "Г".

Для внутрішнього пожежогасіння котельні 01 прийняті первинні засоби пожежогасіння в обсязі й складі відповідним вимогам додатка 3 НАПБ А.01.001.2004 (4 порошкових вогнегасники ОП-9Б; дві шафи з пожежними кранами з урахуванням зрошення площі двома струменями по 2,5 л/с; на стіні котельні 01 розташувати інвентарний протипожежний щит і поруч із входом - ящик з піском).

Проектом передбачено:

- застосування електроустаткування відповідно до вимог вибухо-пожежобезпеки;

- заземлення металевих частин електричних пристроїв для запобігання розрядів статичної електрики;
- застосування світильників, типу проводів і виду прокладки проводів відповідному класу споруджень і приміщень;
- пристрій заземлюючого контуру й блискавозахисту.

3.6 Розробка внутрішнього водяного пожежогасіння

Протипожежне водопостачання - це комплекс технічних пристроїв для подачі води в будь-який час і в кількості, необхідній для пожежогасіння всередині будівлі. Основні вимоги до улаштування протипожежного водопостачання визначені БНіП II-31-74.

Від зовнішньої водопровідної мережі в будівлях проводять трубопроводи внутрішньої мережі, на яких встановлюють пожежні крани із пожежними рукавами і стволами. Розташування кранів повинно забезпечувати подачу в кожне приміщення не менше двох струменів води. Пожежні крани розташовують у шафах, які повинні легко відкриватись і мати рукави, стволи, та справні з'єднувальні муфти. Фарбування і маркірування шаф для пожежних кранів здійснюється за ГОСТ 12.04.026-76.

Ступінь вогнестійкості по ДБН В. 1.1-7-2002 - II. Категорія приміщення - "Г". Витрати води на внутрішнє пожежогасіння (n_1) приймаємо 5 л/с (два струменя по 2,5 л/с). [32].

Розрахункова витрата води при тригодинному пожежогасінні визначається із формули, m^3

$$Q = 3 \cdot 3600 \cdot n_1 / 1000,$$

де 3600 і 1000 – переводні коефіцієнти відповідно годин- в секунди і літрів – в m^3 ;

n_1 – потреба води на внутрішнє пожежогасіння.

$$Q = 3 \cdot 3600 \cdot 5 / 1000 = 54 .$$

Знаючи витрату води на внутрішнє пожежогасіння (5 л/с), приймаємо діаметр водопроводу 57x3,5 мм. Водопровід виконати із труб сталевих водогазопровідних по ГОСТ3262-75**, які після монтажу забарвити масляною фарбою за два рази. Водопровід прокласти відкрито над підлогою з обов'язковим кріпленням до будівельних конструкцій будівлі.

ВИСНОВКИ

В даному дипломі було проведено аналіз стану існуючої системи теплопостачання, а також опрацьовано декілька варіантів її перспективного розвитку.

В результаті проведених робіт було виявлено наступне. Існуюча система виробництва, транспортування та постачання теплової енергії на потреби опалення та гарячого водопостачання заводу працює достатньо ефективно.

Водогрійні та парові котли, що встановлені в існуючій теплофікаційній котельні №3, експлуатуються з дотриманням паспортних характеристик. Регулярно проводяться регламентні ремонтні та налагоджувальні роботи.

Проведене тепловізійне обстеження котлів, що знаходились в роботі, підтвердило задовільний стан обмурівки котлів та відсутність аномальних перегрівів.

Технічний стан трубопроводів та їх ізоляції є задовільним.

На котельні організована достатньо гнучка схема виробництва теплової енергії на потреби опалення та гарячого водопостачання з можливістю використання будь-якого встановленого котлоагрегату, а також з залученням вторинного тепла технологічних процесів підприємства.

Аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів показав, що фактичні питомі витрати палива значно нижні у порівнянні з розрахунковими. Таке становище є наслідком використання вторинних ресурсів теплової енергії,

Під час проведення робіт, показання приладів обліку теплової енергії, встановлених на котельні, викликали сумніви. Підвищення достовірності показань приладів обліку можливо досягти шляхом проведення пуско-налагоджувальних робіт на вже існуючих приладах, або їх заміною.

Аналіз виробничих показників виявив значний недовідпуск теплової енергії на потреби опалення. Причиною цього факту є політика підприємства, спрямована на режим жорсткої економії, а не є технічний стан обладнання та теплових мереж.

Згідно технічного завдання на проведення робіт були опрацьовані варіанти перспективного розвитку системи теплопостачання.

Варіант 1. Забезпечення ефективного радіусу теплопостачання за рахунок переключення частини абонентів до локальної котельні.

Така перебудова існуючої системи теплопостачання дозволить зберегти централізовану систему для більшої частині споживачів та ефективно використовувати вторинні джерела теплової енергії, незначною мірою підвищить ефективність системи в цілому за рахунок роботи теплофікаційної котельні №3 в межах ефективного радіусу теплопостачання. Однак економічні показники, розраховані за укрупненими даними (див.табл. 2.36), вказують на недостатню економічну доцільність подальшого опрацювання даного варіанту (термін простої окупності проекту 9,5 роки).

Варіант 2. Зонування теплового навантаження за критерієм територіального розміщення (встановлення 8 локальних котелень).

Улаштування 8 локальних джерел теплової енергії призведе до значного покращення виробничих показників системи в цілому.

Однак, у випадку продовження експлуатації існуючої котельні для забезпечення гарячого водопостачання, зростуть експлуатаційні витрати на утримання системи теплопостачання (зростання відбудеться за рахунок необхідності проведення регламентних робіт та ремонтів на перспективних котельнях).

Повна децентралізація системи теплопостачання ПАТ «Запоріжвогнетрив» з встановленням 8 БМК унеможливило використання вторинних джерел теплової енергії на потреби опалення споживачів, а також значним чином ускладнило процес регулювання відпуску теплової енергії.

Економічні показники розглянутого варіанту децентралізації, розраховані за укрупненими даними, свідчать про недостатню економічну доцільність подальшого опрацювання даного варіанту (термін простої окупності проекту 9,4 роки).

Варіант 3. Удосконалення існуючої схеми тепlopостачання. Цей варіант перспективного розвитку існуючої системи тепlopостачання є найменш витратним, не потребує кардинальної реконструкції системи в цілому. Він дозволяє в повній мірі використовувати існуючі на підприємстві вторинні джерела теплової енергії на потреби опалення та гарячого водопостачання, зберегти гнучку систему регулювання об'ємів відпуску теплової енергії від котельні №3 в залежності від енергетичної політики підприємства, підвищити ефективність використання ПЕР.

Економічні показники даного варіанту, розраховані за укрупненими даними, є найбільш привабливими (простий термін окупності складає 1,9 року) та дозволять вже на третій рік експлуатації обладнання отримати суттєвий економічний ефект.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Иванов В.А. Тепловые расчеты водяных систем теплоснабжения: Учеб. Пособие. Саратов, 1992. 73 с.
2. 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.
3. 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. 51 с.
4. Е.Я Соколов. Теплофикация и тепловые сети. Москва : Энергоиздат, 1982. 360 с.
5. Совершенствование систем теплогазоснабжения и вентиляции: Межвуз. науч. сб./ Сарат. гос. техн. ун-т; Редкол.: Родин А.К.(отв. ред.) и др. - Саратов, 1994. 99 с.
6. Либерман Н.Б., Нянковская М.Т. Справочник по проектированию котельных установок систем централизованного теплоснабжения.
7. Є.М. Крючков. Проектування систем теплопостачання. Навчально-методичний посібник: Запоріжжя, 2010. 303с.
8. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. Под ред. А.А.Николаева. Москва : Стройиздат, 1965. 359 с.
9. Рекомендации по расчету и выбору основного и вспомогательного оборудования котельных установок. Выпуск 2. Часть 2. Расчет тепловых схем котельных с водогрейными котлами. ГПИ Сантехпроект. 1970.
10. Беликов С.Е. Малые котлы и защита атмосферы. Снижение вредных выбросов при эксплуатации промышленных и отопительных котельных/ Беликов С.Е., Котлер В.Р. Москва : Энергоатомиздат, 1996. 127 с.
11. Оборудование фирмы "Данфосс" для систем инженерного обеспечения зданий. - Б. м., 2001. 40 с.

12. Оборудование фирмы "Грандфосс" для систем инженерного обеспечения зданий. - Б.м., 2003. - 60 с.
13. Засядько И.Н. Теплообменные аппараты систем теплоснабжения: Учеб. пособие/ Засядько И.Н., Моисеев В.И. -Киев, 1990. 138 с.
14. Зингер Н.М. Пластинчатые теплообменники в системах теплоснабжения / Зингер Н.М., Тарадай А.М., Бармина Л.С.. - М.: Энергоатомиздат, 1995. 270 с.
15. Краснощеков Е. А., Сухомел А. С. Задачник по теплопередаче: Учеб. пособие для вузов. Москва : Энергия, 1980. 288с.
16. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник. – Изд. 2-ое, перераб. и доп. Москва : Энергоатомиздат, 1984. 80с.
17. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. Москва : Энергоатомиздаг, 1984.
18. Исаченко В.П. и др. Теплопередача. Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. Москва : Энергия, 1975. 488с. с ил.
19. Лыков, А.В. Тепломассообмен: справ. Москва : Энергия, 1978. 480с.
20. Термодинамика и теплопередача: учеб. пособие для вузов /А.В Болгарский, Г.А. Мухачев, В.К. Щукин. - Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 1975. 495 с.
21. Андреев, М.М. Теплообменная аппаратура энергетических установок. Москва : Машгиз, 1963. 240 с.
22. Болгарский А.В., Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1964. 458с.
23. Степанов В.С, Степанова Т.Б. Потенциал и резервы энергосбережения в промышленности. Новосибирск: Наука. Сиб. отдел., 1990.- 248 с.
24. Каталог продукции фирмы "СПИРО" для систем инженерного обеспечения промышленных предприятий. - Б.м., 2011. 80 с.

25. Гидромеханика отопительно-вентиляционных устройств : Межвуз .сб. науч. тр. / Казан.гос. архит.- строит.акад.; Редкол.:Посохин В.Н.(отв.ред.) и др.. - Казань, 1997. 99 с.
26. ГОСТ 21.404-85. Автоматизация технологических процессов. М.: Стройиздат. 1985.
27. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: Учебник для вузов. –М.: Энергоатомиздат. 1985. 296 с.
28. Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок. Учебник для техникумов. – 3-е издание перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1986. 344 с.
29. Купчик М.П., Гадзюк М.П., Степанець І.Ф., Вендичанський В.Н. Основи охорони праці. – К.: Основа,2000. - 416 с.
30. СНіП П-58-75 «Правила пристрою і безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів».
31. Кнорринг Г.М. Справочная книга по проектированию электрического оборудования. – Л.: Энергия, 1976. – 391с.
32. Князевский Б.А., Долин П.А., Марусова Т.П. и др. Охрана труда / под ред. Б.А. Князевского . 2-е изд. М.: «Высшая школа», 1982. 311 с.
33. Безпека технологичних процесів та обладнання. Навчальний посібник / Укл. В.К. Тарасов. – Запоріжжя, 2005. – 117с.
34. Гогіташвілі Г.Г. Охрана праці на підприємствах : Навчальний посібник. Київ : ІСДО,1993. 252 с.
35. Правила устройства электроустановок. ПУЭ-86.-М.: Энергоатомиздат, 1987. 648с.
36. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. -М.: Энергоиздат, 1982. - 800с.
37. Електробезпека. Методичні вказівки до дипломного та курсового проектування, контрольних робіт і практичних занять/Укл. В. Г. Рижков. – Запоріжжя: ЗДІА, 2004. – 60с.

38. Смирнов Н.В., Коган Л.М. Пожарная безопасность предприятий чёрной металлургии. – М.: Металлургия, 1989. – 432с.
39. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. -М.: Энергоиздат, 1984. - 448с.
40. Охорона праці та промислова безпека: Навч.посіб./ К.Н.Ткачук та ін. К.: Основа ,2009-350с.
41. Раздорожный А.А. Охрана труда и производственная безопасность.- М.: Экзамен, 2006.-510с.
42. Румянцев В.Р. Охорона праці і техногенна безпека / В.Р.Румянцев та ін., // Методичні вказівки до виконання розділу дипломних робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форми навчання.-Запоріжжя: ЗДІА, 2012.- 48с.
43. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. Практикум з охорони праці - Львів, Афіша, 2000.-352с.