

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетика

«Допущений до захисту»

В.о. завідувача кафедри

ЕСЕУ та ТЕ

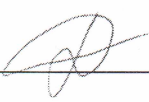
к.т.н., доцент Б.М. Личко

« _____ » _____ 2024 р.

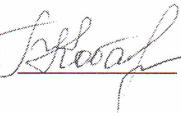
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти МАГІСТР

на тему: Розробка заходів з підвищення енергоефективності котельної
установки для вдосконалення системи теплопостачання

Виконав: студент 2-го курсу групи 6241мх,
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
Освітня програма «Теплоенергетика»

 Нефьодов О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник  к.т.н., доц. Г.О. Кобалава

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики

Ступінь _____ магістр
Галузь знань _____ 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність _____ 144 «Теплоенергетика»
Освітня програма _____ «Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ЕСЕУ та ТЕ
Личко Б.М.

“ _____ ” _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти МАГІСТР**

Нефьодов Олександр Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

I. Тема роботи Розробка заходів з підвищення енергоефективності котельної установки для вдосконалення системи теплопостачання

(проект, реконструкція, модернізація енергетичної установки, інженерних систем та ін. з розробкою конструктивного елемента об'єкту)

керівник роботи Кобалава Г.О., канд.техн.наук, доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ _____ ” _____ 2024 року № _____

II. Строк подання студентом роботи _____

III. Вихідні дані до роботи _____

(призначення, умови експлуатації, технічні дані з потреб в енергії чи енергоносіях)

IV. Зміст розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу

Вступ (Обґрунтування актуальності теми роботи)

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (за необхідності)

1. Загальний розділ (Аналіз сучасного стану систем теплопостачання та котельних установок. Основні напрямки підвищення енергоефективності теплоенергетичного обладнання. Залежність ефективності роботи котельного обладнання від кліматичних особливостей регіону (м. Херсон). Технічна характеристика об'єкта дослідження. Постановка мети та завдань дослідження).

2. Теоретичний розділ (Основні методи дослідження та моніторингу споживання теплової та електричної енергії. Методологія обробки та аналізу даних моніторингу системи теплопостачання. Обладнання та інструменти для енергетичного моніторингу).

3. Розрахунковий розділ (Аналіз та оцінка енергетичного потенціалу теплоенергетичної установки. Дослідження температурних показників навколишнього середовища. Стратегічні підходи та практичні рекомендації з підвищення енергоефективності. Огляд сучасних газових енергоефективних пальникових пристроїв).

4. Дослідницький розділ. (Дослідження динаміки роботи пальникового пристрою з врахуванням температурних змін зовнішнього середовища. Фінансово-економічна оцінка ефективності впроваджених технічних рішень).

5. Розділ з охорони праці (Заходи з охорони праці. Організація експлуатації електроустановок. Захисні заходи. Заземлення, зрівнювання потенціалів. Автоматизована система диспетчеризації інженерного обладнання).

6. Заключний розділ (Висновки).

7. Перелік презентаційних матеріалів (План розташування обладнання у приміщенні чи на території (2-3 креслення), аналіз метеорологічних даних (1 креслення), розробка технічного рішення (1 креслення), результати моделювання характеристик системи теплопостачання (1 креслення), оцінка економічної ефективності застосування нового схемного рішення (1 креслення).

Список використаних джерел.

Додатки(за необхідності)

V. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Отримання завдань у керівника та консультантів		
	Вступ		
	Загальний розділ		
	Теоретичний розділ		
	Розрахунковий розділ		
	Дослідницький розділ		
	Конструкторський розділ		
	Заключний розділ		
	Графічна частина		
	Підпис у керівника. Розглядання роботи на кафедрі		
	Захист роботи перед ЕК		

Студент



(підпис)

Нефьодов О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



(підпис)

Кобалава Г.О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Нефьодов О.С. «Розробка заходів з підвищення енергоефективності котельних установок для вдосконалення системи теплопостачання».

Кваліфікаційна робота на здобуття кваліфікації магістр за спеціальністю 144 – «Теплоенергетика» (освітньо-професійна програма: «Теплоенергетика»). Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Міністерство освіти і науки України, Миколаїв, 2024 р.

В кваліфікаційній роботі досліджено актуальні питання підвищення енергоефективності систем теплопостачання та котельних установок. Проведено аналіз сучасного стану галузі, визначено основні напрями вдосконалення теплоенергетичного обладнання з урахуванням кліматичних особливостей регіону (м. Херсон). Теоретичний розділ присвячено методам моніторингу енергоспоживання, обробці даних та вибору обладнання для енергетичного аналізу. У розрахунковому розділі виконано оцінку енергетичного потенціалу досліджуваної установки, досліджено вплив температурних показників довкілля та запропоновано практичні рекомендації щодо підвищення енергоефективності. Особливу увагу приділено огляду сучасних газових енергоефективних пальникових пристроїв. Дослідницький розділ включає аналіз динаміки роботи пальникового пристрою з урахуванням змін зовнішньої температури та фінансово-економічну оцінку впроваджених технічних рішень. Робота містить пропозиції щодо модернізації систем теплопостачання, які можуть бути використані на практиці для зниження енергоспоживання.

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки на 91 аркушів, 2 таблиць, 31 рисунка, списку з 28 використаних джерел та графічної частини на слайдах презентації.

					КР.144.6241мх.10.00.ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Nefyodov O.S. "Development of Measures to Improve Energy Efficiency of Boiler Units for Enhancing Heat Supply System".

Master's thesis for obtaining a master's degree in specialty 144 – "Heat Power Engineering" (educational program: "Heat Power Engineering"). – Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ministry of Education and Science of Ukraine, Mykolayiv, 2024.

The qualification thesis investigates current issues related to improving the energy efficiency of district heating systems and boiler plants. An analysis of the current state of the industry was conducted, and the main directions for improving thermal power equipment were identified, taking into account the climatic features of the Kherson region. The theoretical section is devoted to methods of energy consumption monitoring, data processing, and selecting equipment for energy analysis. In the calculation section, the energy potential of the studied installation was evaluated, the impact of environmental temperature indicators was analyzed, and practical recommendations for improving energy efficiency were proposed. Special attention is paid to the review of modern gas-efficient burner devices. The research section includes an analysis of the dynamics of burner operation considering external temperature changes and a financial and economic assessment of the implemented technical solutions. The work contains proposals for modernizing heating systems, which can be practically applied to reduce energy consumption.

The qualification thesis consists of an explanatory note of 91 pages, 2 tables, 31 figures, a list of 28 references, and a graphic part presented on slides.

					КР.144.6241мх.10.00.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	12
1.1. Аналіз сучасного стану систем теплопостачання та котельних установок.	12
1.2. Основні напрямки підвищення енергоефективності теплоенергетичного обладнання.	14
1.3. Залежність ефективності роботи котельного обладнання від кліматичних особливостей регіону (м. Херсон).	17
1.4. Технічна характеристика об'єкта дослідження.	18
1.5. Постановка мети та завдань дослідження.....	26
1.6. Висновки по розділу 1.....	27
2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	30
2.1. Основні методи дослідження та моніторингу споживання теплової та електричної енергії.	30
2.2. Методологія обробки та аналізу даних моніторингу системи теплопостачання.	33
2.3. Обладнання та інструменти для енергетичного моніторингу.	42
2.4. Висновки по розділу 2.....	45
3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ.....	47
3.1. Аналіз та оцінка енергетичного потенціалу теплоенергетичної установки.	47
3.2. Дослідження температурних показників навколишнього середовища. ...	52
3.3. Стратегічні підходи та практичні рекомендації з підвищення енергоефективності.	55
3.4. Огляд сучасних газових енергоефективних палинкових пристроїв.	56
3.5. Висновки по розділу 3.....	61
4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	64

					КР.144.6241мх.10.00.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4.1. Дослідження динаміки роботи пальникового пристрою з врахуванням температурних змін зовнішнього середовища.	64
4.2. Фінансово-економічна оцінка ефективності впроваджених технічних рішень.	69
4.3 Висновки по розділу 4.....	73
5. ОХОРОНА ТА БЕЗПЕКА ПРАЦІ.....	76
5.1. Організація експлуатації електроустановок.	76
5.2. Захисні заходи. Заземлення, зрівнювання потенціалів.	76
5.3. Сигналізація котельні.....	78
5.4. Автоматизована система диспетчеризації інженерного обладнання.....	81
5.5. Висновки по розділу 5.....	83
ВИСНОВКИ	85
ЛІТЕРАТУРА	87

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

BMS – Building Management System;

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition;

ГВП – гаряче водопостачання;

ЄС – Європейський Союз;

ІТП – індивідуальний тепловий пункт;

КВПіА -контрольно-вимірювальні прилади і автоматика;

КіН – контроль і нормалізація енергоспоживання;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КП – комунальне підприємство;

МКП – муніципальне комунальне підприємство;

НС – насосна станція;

НВДЕ – нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії;

ООН – організація об'єднаних націй;

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;

ПРА – пускорегулювальний апарат;

ПУЕ – Правила улаштування електроустановок;

СЕМ – система енергетичного менеджменту;

ТЕЦ – теплоелектроцентраль;

ТЕС – теплова електрична станція;

ЦТП – центральний тепловий пункт;

ШРП – шафовий регуляторний пункт.

					КР.144.6241мх.10.00.ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого розвитку енергетичної галузі та посилення вимог до енергоефективності особливої актуальності набувають дослідження, спрямовані на оптимізацію роботи теплоенергетичного обладнання. Теплопостачання є критично важливою складовою інженерної інфраструктури, від ефективності якої безпосередньо залежить комфорт та якість життя населення, економічні показники підприємств та екологічне навантаження на навколишнє середовище.

Наукова робота присвячена комплексному дослідженню підвищення енергоефективності теплоенергетичної установки з урахуванням кліматичних особливостей регіону на прикладі міста Херсон. Основною метою дослідження є розробка та впровадження інноваційних технічних рішень, спрямованих на оптимізацію роботи котельного обладнання, зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів та підвищення загальної ефективності теплоенергетичного комплексу.

Дослідження охоплює широке коло питань: від аналізу сучасного стану систем теплопостачання та існуючих методологій енергетичного моніторингу до практичної реалізації методів підвищення ефективності роботи палиникових пристроїв. Особливу увагу приділено вивченню впливу температурних коливань зовнішнього середовища на режими роботи котельного обладнання та розробці стратегічних підходів до його модернізації.

Метою дослідження підвищення енергетичної ефективності теплоенергетичної установки шляхом оптимізації режимів роботи палиникового обладнання з урахуванням кліматичних особливостей регіону та впровадження модуляційного регулювання потужності котла залежно від температури зовнішнього повітря.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- 1) Провести комплексний аналіз сучасного стану систем теплопостачання та котельних установок.

					КР.144.6241мх.10.00.ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- 2) Дослідити вплив кліматичних факторів на ефективність роботи теплоенергетичного обладнання в умовах міста Херсон.
- 3) Розробити методику оцінки та підвищення енергетичного потенціалу теплоенергетичної установки.
- 4) Запропонувати та обґрунтувати технічне рішення з модуляційного регулювання потужності пальників котла.
- 5) Виконати дослідження ефективності впровадженого технічного рішення.
- 6) Здійснити техніко-економічну оцінку результатів дослідження та визначити потенційний економічний ефект від впровадження запропонованих заходів.

Об'єкт дослідження – котельня житлово-комунального господарства.

Предмет дослідження – характеристики котлів з модуляційними пальниками.

Наукова новизна одержаних результатів.

Полягає в комплексному підході до вирішення завдань підвищення енергоефективності, поєднанні теоретичних досліджень з практичними розрахунками та впровадженням інноваційних технологічних рішень у сфері теплоенергетики.

Практична цінність роботи полягає в розробці конкретних рекомендацій з впровадження модуляційного регулювання потужності пальників, що дозволяє досягти значної економії паливно-енергетичних ресурсів та зменшити експлуатаційні витрати. Представлені в дослідженні методи та технічні рішення можуть бути успішно адаптовані та впроваджені на різних теплоенергетичних об'єктах.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 28 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 91 сторінку, містить 31 рисунок та 2 таблиці.

					КР.144.6241мх.10.00.ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					КР.144.6241мх.06.01.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Загальний розділ	Літ.		Арк.		Аркушів	
Студент		Нефьодов О.С.									
Керівник		Кобалава Г.О.									
Консульт.						НУК 11					

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз сучасного стану систем теплопостачання та котельних установок.

Провідний світовий досвід підкреслює критичну роль забезпечення енергетичної безпеки в системі централізованого теплопостачання як ключового елементу сталого розвитку країни. Особливої актуальності набуває узгодження технологій підвищення енергоефективності до 2030 року та Цілями Сталого Розвитку, прийнятими на Саміті ООН у 2015 році, до яких приєдналась Україна.

Впровадження європейських практик використання відновлювальних джерел енергії для теплопостачання зумовлене двома critical викликами: глобальними кліматичними змінами та руйнуванням інфраструктури внаслідок військових дій. Станом на сьогодні пошкоджено близько 20% теплових мереж України.

Світова статистика демонструє вражаючі показники: понад 80% глобального енергоспоживання припадає на міста, причому половина цього обсягу – на будівлі. Більшість країн досі залежать від викопного палива, що призводить до значних викидів парникових газів. У країнах ЄС приватний сектор споживає 27% кінцевої енергії, з яких близько двох третин витрачається на опалення [1].

Теплоенергетичний комплекс України перебуває у критичному стані через високу залежність від викопних видів палива, застарілу інфраструктуру та значні пошкодження теплових мереж внаслідок військової агресії. Технічний стан характеризується низькою енергоефективністю, високими витратами палива та переважно централізованою моделлю теплопостачання радянського зразка. Країна наразі здійснює активну трансформацію галузі через впровадження європейських стандартів, когенераційних технологій та часткову диверсифікацію джерел теплопостачання. Інвестиційні пріоритети зосереджені

					КР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		12

на модернізації котелень, реконструкції теплових мереж, впровадженні smart-технологій та розвитку відновлюваної енергетики. Основна мета державної політики – досягнення енергетичної незалежності, підвищення ефективності теплоенергетичного комплексу та забезпечення сталого розвитку через імплементацію європейських директив з енергоефективності.

Технічний стан котельних установок в Україні характеризується критично високим рівнем зношеності основного обладнання, при якому понад 60-70% теплогенеруючого устаткування вичерпало свій нормативний термін експлуатації, що становить здебільшого 20-25 років замість передбачених 15-20 років. Більшість котелень працюють на фізично та морально застарілому обладнанні радянського зразка з низьким коефіцієнтом корисної дії (40-50% замість сучасних 90-95%), що призводить до неефективного спалювання палива, значних теплових втрат та підвищених експлуатаційних витрат. Середній фізичний знос котлів сягає критичної позначки у 65-75%, а для комунальної теплоенергетики цей показник може досягати 80-85%, що створює реальні ризики виникнення аварійних ситуацій, перебоїв у теплопостачанні та екологічних проблем через неконтрольовані викиди. Технічний стан ускладнюється відсутністю системної модернізації, обмеженістю інвестиційних ресурсів та браком кваліфікованого персоналу для обслуговування сучасного теплоенергетичного обладнання. Зазначені проблеми вимагають негайної комплексної модернізації теплогенеруючого комплексу, впровадження сучасних енергоефективних технологій, часткової або повної заміни котельного парку та диверсифікації джерел теплопостачання [1].

У структурі теплогенеруючого комплексу України домінують водогрійні та парові котли різних типів: чавунні секційні (75-80% парку), сталеві жаротрубні та водотрубні котли вітчизняного та закордонного виробництва, з яких близько 45-50% становлять котли типу КВГМ, КВ-ГМ, КСВ радянської доби з низькою паливною ефективністю (ККД 60-65%), та сучасні конденсаційні й конденсаційно-пакетні котли імпортного виробництва (Viessmann, Buderus,

					КР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		13

Ferrolі) з високим показником ефективності (до 95-98%). Основна маса котельних установок працює на природному газі (близько 85%), мазуті (7-8%) та вугіллі (5-6%), при цьому морально застарілі котли споживають на 30-40% більше палива порівняно з сучасними енергоефективними аналогами, що створює додаткове навантаження на витратну частину експлуатації та негативно впливає на екологічні показники. Середній коефіцієнт корисної дії котельних установок в Україні становить 65-75%, тоді як у країнах ЄС цей показник сягає 90-92%, що підкреслює необхідність комплексної модернізації теплоенергетичного комплексу [1].

1.2. Основні напрямки підвищення енергоефективності теплоенергетичного обладнання.

Підвищення енергетичної ефективності теплоенергетичного обладнання є одним з ключових завдань сучасної енергетики, що зумовлено необхідністю раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів та зменшення техногенного впливу на довкілля. В умовах постійного зростання цін на енергоносії та посилення екологічних вимог, впровадження енергоефективних технологій та методів модернізації теплоенергетичного обладнання набуває особливої актуальності. Комплексний підхід до вирішення цього завдання передбачає реалізацію технічних, організаційних та економічних заходів, спрямованих на оптимізацію процесів генерації, транспортування та споживання теплової енергії. Розглянемо основні напрямки підвищення енергоефективності, які дозволяють досягти максимального ефекту при модернізації існуючого теплоенергетичного обладнання та впровадженні нових технологічних рішень.

На сьогоднішній день основні напрямки вдосконалення котельного обладнання включають:

					КР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		14

1. Підвищення ефективності роботи котлоагрегатів, а саме встановлення економайзерів для утилізації тепла димових газів; впровадження частотних перетворювачів для управління двигунами насосів та вентиляторів; модернізація теплоізоляції котлів та трубопроводів; встановлення конденсаційних котлів з ККД до 98%.

2. Автоматизація процесів реалізується через впровадження систем автоматичного регулювання співвідношення паливо-повітря; установку погодозалежної автоматики; диспетчеризацію та віддалений моніторинг роботи обладнання, автоматичний контроль параметрів горіння.

3. Екологічна модернізація полягає у застосуванні сучасних пальникових пристроїв з низьким рівнем викидів NOx, впровадженні систем очищення димових газів та перехід на більш екологічні види палива.

4. Підвищення надійності роботи котлоагрегатів забезпечується заміною застарілих елементів на сучасні аналоги, впровадженням систем водопідготовки, встановленням деаераторів та систем хімічної очистки води, модернізацією систем безпеки та аварійного захисту.

5. Оптимізація режимів роботи може бути реалізована через каскадне включення котлів, регулювання потужності залежно від навантаження, впровадження систем рекуперації тепла та оптимізацію графіків роботи котельного обладнання.

Двоступеневе регулювання теплового навантаження котлів – це важливий метод підвищення ефективності опалювальних систем. У двоступеневому режимі котел має два рівні потужності.

1. Перший ступінь (низька потужність):

- Котел працює на зниженій потужності (близько 50-60% від номінальної).
- Використовується для підтримання базового теплового режиму.
- Забезпечує економне споживання палива.

- Застосовується при менших теплових навантаженнях, наприклад, вночі або в період легких морозів.

2. Другий ступінь (висока потужність):

- Котел працює на повній потужності.
- Вмикається при значному зниженні температури.
- Забезпечує максимальну теплову продуктивність.
- Швидко компенсує значні тепловтрати.

Двоступенева система регулювання теплового навантаження котлів забезпечує оптимальне співвідношення між ефективним споживанням палива, швидкою адаптацією до змін температурного режиму, підтриманням комфортної температури приміщень та подовженням терміну експлуатації опалювального обладнання.

Перемикання між ступенями відбувається автоматично залежно від температури зовнішнього середовища та внутрішніх параметрів системи.

У підсумку слід зазначити, що підвищення енергоефективності теплоенергетичного обладнання є комплексним завданням, яке потребує системного підходу та врахування багатьох технічних, економічних та екологічних факторів. Впровадження розглянутих напрямків модернізації дозволяє досягти значного зниження енергоспоживання, скорочення експлуатаційних витрат та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Важливо підкреслити, що максимальний ефект досягається при комплексному застосуванні різних методів та технологій, які взаємно доповнюють один одного та створюють синергетичний ефект. При цьому вибір конкретних рішень повинен ґрунтуватися на детальному техніко-економічному аналізі та враховувати специфіку конкретного об'єкта модернізації. Подальший розвиток технологій та впровадження інноваційних рішень у сфері теплоенергетики відкриває нові можливості для підвищення енергоефективності обладнання та сприяє досягненню цілей сталого розвитку енергетичного сектору.

					КР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		16

1.3. Залежність ефективності роботи котельного обладнання від кліматичних особливостей регіону (м. Херсон).

Визначення ефективності роботи котельного обладнання в умовах конкретного регіону є важливим завданням для оптимізації теплопостачання та раціонального використання енергетичних ресурсів. Місто Херсон, розташоване у степовій зоні півдня України, характеризується специфічними кліматичними умовами, що безпосередньо впливають на режими роботи теплогенеруючого обладнання. Тривалий спекотний період влітку, відносно м'яка зима з частими відлигами, значні добові коливання температури та висока вологість повітря внаслідок близькості до Дніпра та Чорного моря створюють особливі умови для експлуатації котельних установок. Врахування цих регіональних кліматичних особливостей при проєктуванні, модернізації та експлуатації котельного обладнання дозволяє забезпечити його максимальну енергоефективність та надійність роботи протягом усього опалювального сезону, а також оптимізувати витрати на виробництво теплової енергії.

При роботі котельні в погодозалежному режимі витрата енергії на опалення змінюється залежно від зовнішньої температури повітря. Суть погодозалежного регулювання полягає в тому, що з пониженням температури зовнішнього повітря тепловий потік (витрата теплової енергії), що подається до опалювальних приладів, автоматично збільшується, і навпаки. Таке регулювання дозволяє підтримувати задану температуру повітря всередині опалювальних приміщень незалежно від коливань зовнішньої температури. При цьому досягається економія теплової енергії в порівнянні з системами з незмінним тепловим потоком. Отже, погодозалежне регулювання дозволяє автоматично знижувати споживання енергії системою опалення в періоди підвищення зовнішньої температури і навпаки нарощувати при її зниженні. Це забезпечує комфорт всередині приміщень та економію палива.

					КР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		17

1.4. Технічна характеристика об'єкта дослідження.

У рамках проєкту заплановано реконструкцію наявної котельні, розташованої за адресою: м. Херсон, вул. Купецька, 3, з метою забезпечення теплопостачання споживачів. (рис. 1.3).

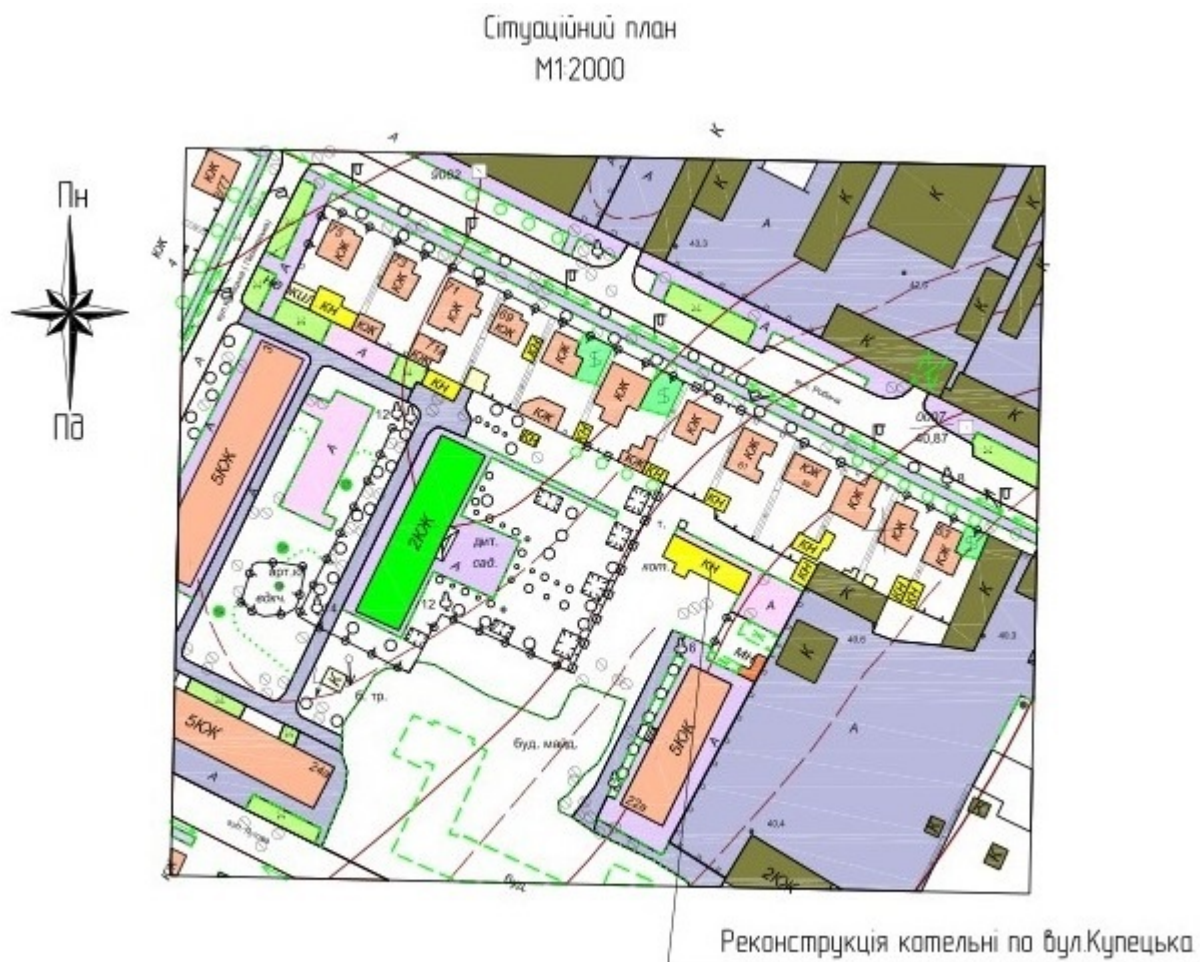


Рис. 1.3. Розташування котельні за адресою м. Херсон, вул. Купецька, 3.

Теплогенеруюча споруда в Херсоні виконує функцію теплопостачання для житлового сектора міста. Споруда має компактну одноповерхову прямокутну конфігурацію з розмірами в плані 8,28 x 20,88 м. Висота котельні 4,28 м.

У котельні легкоскридними конструкціями служать віконні блоки. Загальна площа скління визначена з розрахунку не менше 0,03 м² на кожен 1 м³ об'єму приміщення котельні.

Як основне теплогенеруюче обладнання використовуються три водогрійні низькотемпературні триходові котли Viessmann VITOROND 200, кожен із тепловою потужністю 1100 кВт. Основне та допоміжне обладнання розташоване в залі котельні.

Відведення димових газів здійснюється через надземні теплоізовані димоходи з нержавіючої сталі, які об'єднуються в триствольну димову трубу, розташовану поряд із котельнею.

Котельня функціонує в автоматизованому режимі, що дозволяє забезпечувати її роботу без необхідності постійної присутності обслуговуючого персоналу. Система управління та контролю забезпечує надійний моніторинг і регулювання основних процесів, що мінімізує ризики виникнення збоїв у роботі обладнання.

За рівнем надійності теплопостачання споживачів котельня належить до II категорії, що свідчить про здатність забезпечувати стабільне теплопостачання навіть за умов виникнення можливих позаштатних ситуацій, при цьому зберігаючи високий рівень ефективності та безпеки. У котельні встановлено малошумне обладнання – рівень звукового тиску не перевищує 40 дБА.

В якості палива в котлах використовується природний газ.

Джерелом газопостачання котельні слугує наявний газопровід середнього тиску. Для регулювання тиску газу та забезпечення його стабільності на заданому рівні в котельному залі встановлено шафовий регуляторний пункт (ШРП). Конструкція ШРП включає одну лінію редукування тиску та байпас для обслуговування й аварійних ситуацій.

Комерційний облік споживання газу здійснюється за допомогою ультразвукового лічильника, оснащеного коректором витрат газу, який враховує зміни тиску й температури. Усе обладнання, зокрема лічильник і коректор, розміщено в шафі ШРП, що забезпечує зручний доступ і безпеку експлуатації.

Теплоносії від котельні подається через існуючі теплові мережі, що зберігають безперервність теплопостачання споживачів і адаптовані для роботи з новим обладнанням.

На вході до приміщення котельні встановлено ввідно-обліковий щит, який забезпечує контроль та облік споживання електроенергії.

Система водопостачання котельні організована шляхом підключення до наявного водопровідного вводу, що гарантує стабільне постачання води для технологічних потреб. Відведення дренажних вод із котельні передбачено через підключення до існуючої внутрішньодворової каналізаційної мережі, що забезпечує ефективне та безпечне управління водовідведенням.

Тепломеханічне обладнання.

Основним джерелом теплопостачання котельні є три сучасні низькотемпературні триходові водогрійні котли Viessmann VITOROND 200, кожен із тепловою потужністю 1100 кВт. Два з цих котлів працюють у постійному режимі, забезпечуючи основну теплову потужність для споживачів, тоді як третій котел виконує функцію резервного.

Резервний котел передбачено для гарантування безперебійного теплопостачання у випадках проведення технічного обслуговування або виходу з ладу одного з основних котлів. Така конфігурація дозволяє підтримувати високу надійність і ефективність роботи котельні навіть у нестандартних ситуаціях.

Котли VITOROND 200 є низькотемпературними водогрійними установками секційної конструкції, призначеними для роботи на рідкому або газоподібному паливі. Їх конструкція дозволяє змінювати температуру теплоносія під час експлуатації, що забезпечує гнучкість у налаштуванні системи залежно від потреб теплопостачання.

Процес нагрівання теплоносія здійснюється за допомогою пальника, який під керуванням контролера Vitotronic забезпечує досягнення заданої температури. Контролер також регулює потужність пальника, оптимізуючи

					КР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		20

роботу котла. Мінімальна температура теплоносія контролюється відповідними параметрами в контролері, тоді як максимальна обмежується значенням 110°C, встановленим аварійним та робочим термостатами.

Крім того, система контролю Vitotronic постійно стежить за тим, щоб температура води на вході до котла залишалася вище мінімально допустимого рівня, що запобігає ризику пошкодження обладнання та забезпечує його довговічність і стабільну роботу.

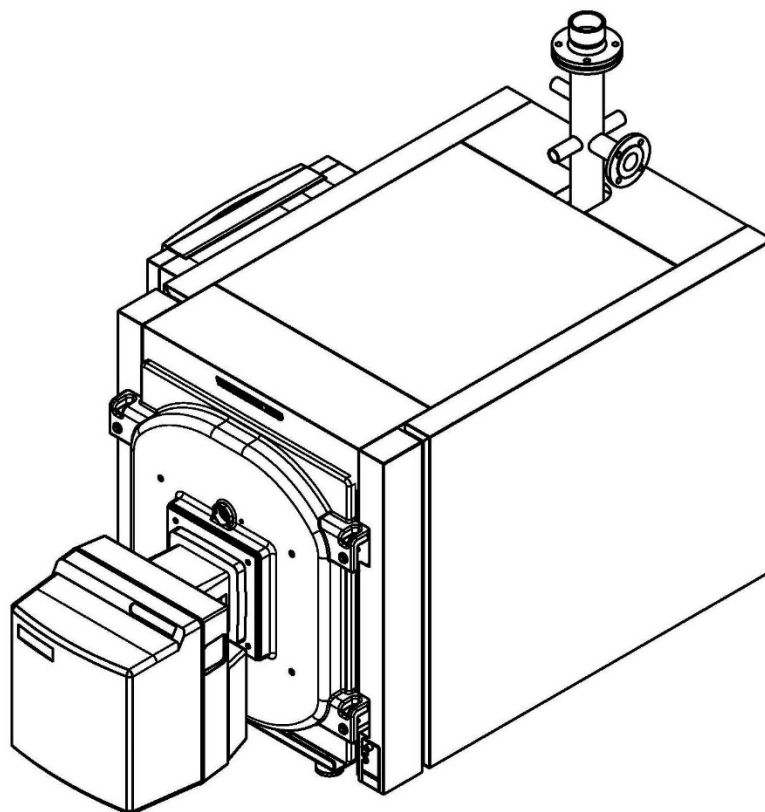


Рис. 1.4. Водогрійний низькотемпературний триходовий котел Viessmann VITOROND 200.

Для підвищення енергоефективності котли оснащуються конденсаційними економайзерами Viessmann VITOTRANS 300, кожен із тепловою потужністю 102 кВт. Економайзери забезпечують додаткову утилізацію тепла з димових газів, знижуючи їх температуру до 65 °C після виходу з системи.

Відведення димових газів здійснюється через надземні теплоізовані димоходи з нержавіючої сталі, які спрямовуються у триствольну димову трубу висотою 30,4 м. У межах радіуса 25 м від цієї труби розташована п'ятиповерхова будівля.

Конденсат, що утворюється в процесі роботи димоходів та економайзерів, збирається та обробляється у двох нейтралізаторах конденсату. Після нейтралізації рідина спрямовується у каналізаційну систему котельні, забезпечуючи екологічно безпечне відведення відпрацьованих вод.

Циркуляцію теплоносія через котли забезпечують сучасні циркуляційні насоси котлового контуру Wilo Stratos GIGA 65/1-21/2,3, які оснащені електронним частотним управлінням, що дозволяє оптимізувати їх продуктивність залежно від потреб системи.

Для запобігання зниженню температури зворотного теплоносія нижче 55 °C у кожному котлі передбачена рециркуляційна лінія. Вона оснащена триходовим клапаном із електроприводом, який забезпечує підтримання температури на необхідному рівні для запобігання конденсації всередині котла.

Облік виробленої теплової енергії кожного котла здійснюється за допомогою одноканальних лічильників теплової енергії, що дозволяє точно контролювати продуктивність та споживання ресурсів.

Подача теплоносія в систему теплопостачання забезпечується двома мережевими насосами Wilo IL-E 80/190-18,5/2, які оснащені електронним частотним керуванням. Один із насосів працює у постійному режимі, тоді як другий виконує роль резервного, забезпечуючи безперебійну роботу системи у разі технічного обслуговування або несправності основного насоса.

Теплоносій із котельні транспортується через існуючі двотрубні підземні теплові мережі, що забезпечують надійне і ефективне постачання теплової енергії до споживачів. Така конфігурація дозволяє підтримувати стабільність теплопостачання та знижувати теплові втрати під час транспортування. Регулювання параметрів теплоносія – якісне, в залежності від температури

зовнішнього повітря, здійснюється автоматично за допомогою триходового клапана з електроприводом, яким керує електронний контролер.

Облік теплової енергії, яка відпускається користувачам, здійснюється двоканалним лічильником теплової енергії.

Приєднання мережевого контура до котлового передбачається по незалежній схемі через два розбірних пластинчатих теплообмінника Danfoss S19A-IG16-148-TL.

Температура теплоносія в котловому контурі $T_{1,1}=95\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{2,1}=70\text{ }^{\circ}\text{C}$; в мережевому $T_{1,2}=90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{2,2}=65\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Теплопостачальна система має закритий контур. Для забезпечення теплового розширення води передбачено встановлення розширювального бака в котловому контурі.

Поповнення втрат теплоносія здійснюється через водопідготовчу установку Grunbeck Delta-P з автоматичною регенерацією. Базовим джерелом води слугує господарсько-питний водопровід. У процесі підготовки використовується катіонообмінна смола, а для регенерації – таблетована кухонна сіль, яка зберігається на складському приміщенні.

Розрахунок продуктивності водопідготовчої установки проведено відповідно до нормативних вимог ДБН В.2.5-39:2008 "Теплові мережі". Методика передбачає врахування 0,75% фактичного об'єму води в трубопроводах теплових мереж та приєднаних системах опалення. За відсутності точних даних про об'єм води, він визначається з розрахунку 65 м^3 на 1 МВт теплового навантаження.

Підготовлена вода має низьку жорсткість - $0,1\text{ мг-екв/л}$, що цілком відповідає технічним вимогам виробника котлів. Пом'якшена вода акумулюється в резервуарі місткістю 1000 літрів . Поповнення системи забезпечує насосна станція Wilo SiBoost Smart 2 HELIX EXCEL 405-MODBUS.

Водопідготовча установка виконує комплекс додаткових функцій: натрій-катіонне пом'якшення, хімічну деаерацію підживлювальної води, коригування

					КР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		23

показників рН та вмісту вуглекислого газу. Облік витрат води здійснюється за допомогою спеціальних водомірів.

Діаметри внутрішніх газопроводів прийняті з розрахунку.

Продувальні, викидні газопроводи і газопроводи безпеки вивести на 1 м вище парапету (карниза) будівлі котельні.

Газове обладнання має сертифікати України та необхідну автоматику безпеки.

Автоматичне припинення подачі палива до котлів відбувається при:

- 1) підвищення або зниження тиску газу перед пальниками;
- 2) відсутності тяги;
- 3) перегрів води;
- 4) зменшення витрати води через котел.

На вводі газопроводу встановлений електромагнітний клапан-відсікач.

Автоматичне закриття швидкодіючого газового клапана-відсікача передбачено при:

- 1) несправності ланцюгів захисту і зникнення напруги;
- 2) загазованості приміщення топкової;
- 3) пожежі.

В котельні встановлені сигналізатори загазованості.

Труби для будівництва внутрішнього газопроводу прийняти із сталевих прямошовних труб по ГОСТ 10705-80 (група В) «технічні умови», ГОСТ 10704-91 «сортамент» і труб сталевих водогазопровідних ГОСТ 3262-75, марка стали Ст3сп ГОСТ 380-94 не нижче другої категорії. Труби повинні бути випробувані гідравлічним тиском на заводі-виробнику або мати запис у сертифікаті про гарантії того, що труби витримують гідравлічний тиск, величина якого відповідає вимогам стандартів або технічних умов на труби.

Опалення та вентиляція.

Опалення котельного залу здійснюється за рахунок теплонадходжень від обладнання і трубопроводів, а також проєктованою системою опалення; санвузлу – проєктованою системою опалення. Для опалення котельного залу та швидкого підігріву припливного повітря встановлені два тепловентилятора PROTON EC 25, теплопродуктивністю до 30 кВт кожний. Регулювання теплопродуктивності тепловентиляторів здійснюється двоходовим клапаном з сервоприводом в залежності від температури в приміщенні.

Опалення санвузлу здійснюється чавунним радіатором. На радіаторі встановлено автоматичний термостатичний клапан. Внутрішня температура у всіх приміщеннях котельні +16 °С. Розрахункова температура зовнішнього повітря -19 °С. Система вентиляції котельного залу припливно-витяжна з природним спонуканням з розрахунку: витяжка - в обсязі триразового повітрообміну в годину; приплив – в об'ємі витяжки плюс додаткової кількості повітря для горіння палива. Забір повітря для вентиляції і горіння палива здійснюється через жалюзійні решітки, розташовані в зовнішній стіні котельні; витяжка - через два відокремлених металевих теплоізованих вентканалів.

Система вентиляції інших приміщень припливно-витяжна з природним спонуканням з розрахунку: витяжка – в обсязі нормованого значення видалення повітря від санітарних приладів; приплив - в об'ємі витяжки. Приплив повітря для вентиляції неорганізований через нещільність огорожувальних конструкцій; витяжка – через відокремлений металевий теплоізований вентканал.

					КР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		25

1.5. Постановка мети та завдань дослідження.

На котлах розглянутої котельні встановлені пальники з дворівневим газоспоживанням, які мають два фіксовані режими: 30% та 100% від номінальної потужності з автоматичним перемиканням між ними.

Порівняно з одноступінчастими атмосферними пальниками старого зразка, використання дворежимних пальників забезпечує економію газу в межах 10-15%. Однак такий тип регулювання має суттєвий недолік - неможливість плавної зміни потужності та адаптації до погодного графіка.

З метою переведення котельні на більш енергоефективний режим експлуатації рекомендується впровадження модульованих газових пальників з діапазоном регулювання 10-100%. Інтелектуальна система автоматичного керування на базі датчиків забезпечує оптимізацію потужності залежно від динаміки теплового навантаження та температурних змін зовнішнього середовища.

Автоматичне налаштування співвідношення газу та повітря в модульованому пальнику практично унеможливорює утворення сажі. Система управління здійснює підбір оптимальної паливної суміші для максимально повного згоряння палива.

Модульовані газові пальники характеризуються автономним функціонуванням без додаткового запальника та широким діапазоном регулювання потужності. Керування здійснюється електронною системою автоматики на базі даних від різноманітних датчиків для розрахунку оптимальних експлуатаційних параметрів.

Суттєвою перевагою таких пальників є їхня універсальність - здатність автоматично переналаштовуватися з природного газу на зріджений протягом 10-15 хвилин. Система управління самостійно адаптує робочі параметри при зміні газового тиску. Для автоматизованого керування використовується

					КР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		26

спеціалізоване програмне забезпечення, яке зазвичай надається виробником котельного обладнання.

Економічність модульованих газових пальників досягається завдяки автоматичному регулюванню потужності з врахуванням комплексу параметрів. Електронна система в режимі реального часу аналізує дані про тиск і температуру теплоносія, показники газової магістралі, задані параметри опалення та інші впливові фактори, на основі яких розраховується оптимальна витрата палива.

Постійний контроль і регулювання складу газоповітряної суміші забезпечує максимально повне згоряння газу та ефективне використання теплоти згоряння, що призводить до економії палива порівняно з роботою за фіксованими налаштуваннями.

На сучасному ринку представлені модульовані пальники закритого та відкритого типів, а також з'явилися універсальні моделі, сумісні з різними видами газу та рідким паливом, що розширює можливості їх застосування.

На підставі проведеного аналізу сформульовано мету дослідження: підвищення ефективності використання природного газу котлами шляхом застосування пальників з плавним модуляційним регулюванням потужності залежно від зміни температури зовнішнього повітря.

1.6. Висновки по розділу 1.

1) Сучасні системи теплопостачання характеризуються впровадженням інноваційних технологій, спрямованих на підвищення енергоефективності, зниження витрат палива та мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище. Ключовою тенденцією є перехід від фіксованих до модульованих систем регулювання потужності. Серед пріоритетних напрямків – застосування модульованих газових пальників, автоматизація систем керування, впровадження інтелектуальних датчиків контролю, використання сучасних

матеріалів та технологій водопідготовки, оптимізація теплових режимів залежно від зовнішніх кліматичних умов.

2) Проведено аналіз кліматичних умов Херсона, які вимагають гнучких систем теплопостачання, здатних оперативно реагувати на коливання зовнішньої температури. Це обумовлює необхідність впровадження адаптивних систем регулювання потужності котельних установок.

3) Досліджувана котельня має закриту систему теплопостачання, обладнана сучасними пальниками з дворежимним та модульованим регулюванням, має ефективну водопідготовчу установку та систему автоматизованого контролю параметрів теплоносія.

4) Основна мета дослідження – підвищення ефективності використання природного газу шляхом впровадження модульованих пальників з плавним регулюванням потужності, що враховує динаміку зовнішньої температури та оптимізує витрати енергоресурсів.

					КР.144.6241мх.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		28

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Теоретичний розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Нефьодов О.С.										
Керівник	Кобалава Г.О.										
Консульт.									НУК		
					29						

2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Основні методи дослідження та моніторингу споживання теплової та електричної енергії.

Метою впровадження системи моніторингу споживання енергетичних ресурсів є не лише оцінка ефективності використання енергоносіїв, але й виявлення потенційних можливостей для зменшення витрат на енергетичні ресурси. Це дозволяє здійснювати постійний контроль за споживанням енергії, своєчасно виявляти неефективні ділянки та вживати заходів для оптимізації витрат.

Основні підходи до систематичного відстеження використання теплової та електричної енергії включають:

1. Інструментальний облік:

- Встановлення сучасних багатотарифних лічильників.
- Використання приладів з функцією дистанційного зняття показників.
- Впровадження систем автоматизованого контролю споживання енергоресурсів.

2. Методичний облік:

- Ведення журналів реєстрації щоденного/щомісячного споживання.
- Порівняння фактичних показників з нормативними.
- Розрахунок питомих витрат енергії на одиницю продукції або площі.

3. Технічний моніторинг:

- Проведення інструментальних обстежень енергетичного обладнання.
- Аналіз технічного стану теплових мереж.

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		30

- Оцінка ефективності роботи котельного устаткування.

4. Інформаційно-аналітичний підхід:

- Створення бази даних про енергоспоживання.
- Графічне відображення динаміки споживання.
- Статистичний аналіз трендів енергоспоживання.

5. Організаційні заходи:

- Призначення відповідальної особи за енергоменеджмент.
- Розробка внутрішніх інструкцій з обліку енергоресурсів.
- Навчання персоналу методам енергозбереження.

6. Цифрові технології:

- Впровадження SCADA-систем.
- Використання хмарних платформ моніторингу.
- Застосування штучного інтелекту для прогнозування споживання.

7. Економічний аналіз:

- Розрахунок показників економічної ефективності.
- Визначення потенціалу енергозбереження.
- Оцінка окупності енергозберігаючих заходів.

Кожен з цих підходів має свої переваги та особливості застосування залежно від специфіки об'єкта та наявних ресурсів.

Величина економії теплової енергії залежить від ефективності її використання та від кліматичних умов, які можуть значно впливати на показники економії: за умови більш «холодного» періоду економія буде зменшена, а за умови більш «теплого» періоду – збільшена. Щоб оцінити реальну енергоефективність запропонованих заходів і стан обладнання, необхідно приводити показники теплоспоживання до порівняльних умов.

Такою характеристикою клімату за порівняльний період є градусодоба.

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		31

Градусодоба – це різниця між регламентованою температурою у приміщенні та середньодобовою температурою зовнішнього повітря за даний період часу. Обчислюється як сума відхилень середньодобової температури від базової по заданий проміжок часу [2].

$$n = (T_{\text{пн}}^{\text{р}} - T_{\text{зп}}^{\text{ср}}) \cdot Z_{\text{діб}},$$

де n – фактична кількість градусодіб;

$T_{\text{пн}}^{\text{р}}$ – нормативна температура повітря у опалювальному приміщенні, +20 °С;

$T_{\text{зп}}^{\text{ср}}$ – фактична середньодобова температура зовнішнього повітря, °С;

$Z_{\text{діб}}$ – кількість діб опалювального періоду, діб.

Для оцінки впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності пропонується використовувати метод приведення фактичного теплоспоживання до нормативного за допомогою градусодіб.

Річний базовий рівень теплоспоживання для об'єкту визначається за формулою:

$$Q_o^{\text{рік}} = Q_o \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}} \cdot n_o \cdot 24$$

де Q_o – годинне споживання теплоти на опалення (Гкал/год) визначається відповідно до технічних умов, наданих теплопостачальною організацією на встановлення засобу обліку споживання теплової енергії;

$t_{\text{вн}}$ – нормативна усереднена температура внутрішнього повітря у приміщеннях будівлі приймається згідно з нормами проектування відповідних будівель і споруд;

$t_{\text{ср.о}}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період для міста;

$t_{\text{р.о}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, для міста приймається згідно ДСТУ-Н Б В.1.1N27:2010 [13];

n_o – тривалість опалювального періоду за кількістю днів із стійкою середньою добовою температурою зовнішнього повітря 8 °С і нижче, для міста приймається відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1N27:2010 [13];

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		32

Помісячний базовий рівень теплоспоживання визначається за формулою:

$$Q_o^{\text{міс}} = Q_o^{\text{рік}} \cdot \%Q_o^{\text{міс}},$$

де $\%Q_o^{\text{міс}} = \frac{ГД_{\text{норм}}^{\text{міс}}}{ГД_{\text{норм}}^{\text{рік}}}$, а розрахунок градусодіб окремого місяця

відбувається за формулою: $ГД = (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot K_{\text{діб}}$

$t_{\text{вн}}$ – температура внутрішнього повітря будинків і споруд;

$t_{\text{зовн}}$ – температура зовнішнього повітря середня для місяця, визначається за даними метеорологічної служби, °С.

$t_{\text{зовн}}^{\text{норм}}$ – температура зовнішнього повітря середня для місяця;

$K_{\text{діб}}$ – кількість діб опалювального періоду в місяці.

2.2. Методологія обробки та аналізу даних моніторингу системи теплопостачання.

У сфері дослідження та моніторингу енергоспоживання сформовано комплексний методологічний підхід, що включає:

1. Застосування сучасних інформаційно-аналітичних систем.
2. Використання спеціалізованого програмного забезпечення.
3. Впровадження цифрових технологій збору та обробки даних.
4. Застосування SCADA-систем для реального часу моніторингу.

Методологія обробки даних передбачає:

1. Багаторівневий аналіз отриманих показників.
2. Статистичну обробку масивів інформації.
3. Графічну інтерпретацію результатів.
4. Застосування математичних моделей для прогнозування.
5. Використання алгоритмів машинного навчання для виявлення закономірностей.

закономірностей.

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		33

Технічне забезпечення енергетичного моніторингу характеризується:

1. Високоточними контрольно-вимірювальними приладами.
2. Системами віддаленого доступу.
3. Інтеграційними рішеннями для комплексного управління.
4. Мультипротокольними комунікаційними стандартами.
5. Можливістю підключення до корпоративних мереж.

Узагальнена мета всіх представлених методів та інструментів – підвищення енергоефективності, оптимізація витрат та забезпечення надійного контролю за енергетичними системами в режимі реального часу.

Для проведення дослідження необхідно створити базу даних, яка включатиме інформацію щодо енергоспоживання за різними видами паливно-енергетичних ресурсів. Енергетичні баланси є важливою частиною аналізу використання паливно-енергетичних ресурсів. Без належно розвиненої системи обліку цих ресурсів неможливо докладно визначити показники, які є ключовими для розробки заходів з удосконалення технологічних процесів та зменшення нераціональних витрат. Однією з необхідних складових побудови такої системи є точний облік енергоресурсів та чинників, що впливають на рівень енергоспоживання.

Отримання та обробка інформації:

1. Отримання інформації щодо теплоспоживання об'єкта відбувається шляхом зняття даних з вузла обліку теплової енергії (теплотічильника).

Для оперативного моніторингу зняття показників може відбуватись щодобово, наприклад, за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (SCADA) фірми Danfoss «ECL COMFORT 310 PORTAL INTERNATIONAL».

2. Інформацію щодо середньодобової та середньомісячної температури зовнішнього повітря можна отримувати з інформаційних довідок метеорологічної служби (наприклад, з електронного ресурсу "meteomanz.com").

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		34

Оперативний моніторинг – комплекс заходів, спрямований на отримання, створення бази даних з теплоспоживання об’єкта та їх обробку, для виявлення випадків відхилення споживання. Проведення оперативного моніторингу дає змогу уникнути перевитрат теплової енергії, пов’язаних з аваріями або неправильним налаштуванням теплорегулюючого обладнання, та має бути обов’язковою складовою системи енергетичного менеджменту.

Найбільш ефективною методикою аналізу енергоспоживання на сьогоднішній день є метод Контролю і Нормалізації енергоспоживання.

В основі методики лежить аналіз регресійної залежності попарних значень двох вибірок даних, одна з яких – значення витрат енергії, друга вибірка – значення фактора, від якого залежить витрата енергії.

Застосування регресійного аналізу дає змогу одержати співвідношення між величиною витрати ПЕР і її змінною величиною – кількістю градусодіб. Найбільш проста й досить достовірна модель для даного випадку – лінійна модель залежності витрати енергетичних ресурсів від кількості градусодіб виду:

$$Y = a \cdot x + b,$$

де Y – витрата енергоресурсу,

x – кількість градусодіб,

a – коефіцієнт залежності, що означає змінну складову витрати енергоресурсу, що залежить від кількості градусодіб,

b – коефіцієнт залежності, що означає постійну складову витрати енергоресурсу, що не залежить від кількості градусодіб.

Математичною базою лінійного регресійного аналізу є метод найменших квадратів.

Якісно-кількісну оцінку тісноти зв'язку між функцією (витрата енергоресурсів) та аргументом (кількість градусодіб) характеризує величина коефіцієнта кореляції R^2 .

У практиці застосування методики КіН використовують квадрат коефіцієнта кореляції – коефіцієнт детермінації R^2 .

Обчислення коефіцієнтів b і a рівнянь регресії, а також значення коефіцієнта детермінації R^2 , як правило, проводиться автоматично, використовуючи MS Excel або спеціалізовані програмні продукти.

Таким чином, застосування методу регресійного аналізу дозволяє одержати співвідношення між енергією та її змінною величиною й визначати передісторію споживання енергії в умовах «постійних» і «змінних» навантажень.

Моніторинг економії енергетичних та фінансових ресурсів.

Основним показником ефективності впровадження заходів з енергозбереження є економія енергетичних ресурсів за опалювальний період в Гкал та грн, яка розраховується за формулою:

$$E = Q^{\text{баз}} - Q^{\text{факт}}_{\text{прив}}$$

$$Q^{\text{факт}}_{\text{прив}} = Q^{\text{факт}}_o \cdot \frac{ГД^{\text{норм}}}{ГД^{\text{факт}}}$$

$Q^{\text{факт}}_o$ – фактичне теплоспоживання опалювального періоду, Гкал;

$ГД^{\text{норм}}$ – кількість градусодіб нормативного року відповідно;

$ГД^{\text{факт}}$ – кількість градусодіб, розрахованих за фактичною температурою зовнішнього повітря за відповідний період (доба, неділя, місяць).

Фінансова економія від впровадження заходів визначається множенням економії теплової енергії на відповідний тариф.

Визначити параметри температури зовнішнього середовища можна за допомогою інформаційно-електронного ресурсу "meteomanz.com" [14]. Цей веб-сайт пропонує широку базу даних гідрометеорологічних показників від різних метеорологічних станцій. Для отримання актуальної інформації користувачеві необхідно вказати місце розташування обраної станції.

Особливо корисним такий ресурс є для аналізу впливу погодних умов на режим роботи систем тепlopостачання. Зокрема, за допомогою

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		36

"meteomanz.com" було зібрано температурні дані за опалювальними періодами протягом трьох років - з 2020 по 2024, з фіксацією показників кожні три години (рис. 2.1).

The screenshot shows the Meteomanz.com website. At the top, there is a logo with a sun and clouds and the text "Meteomanz.com". Below the logo, a paragraph states: "Meteomanz.com provides observed meteorological data from worldwide locations obtained from SYNOP and meteorological data based on global models GFS and ECMWF. More info at [how to use](#) and [faq](#)".

There are two main search sections:

- Last data quick search:** This section prompts the user to "Enter a [WMO index](#). Also can be entered a region, country/zone or WMO weather station names ([more info](#).)". It features a text input field and two buttons: "SYNOPS/BUFR" and "GFS/ECMWF".
- SYNOPS/BUFR data detailed search:** This section prompts the user to "Select a place, dates and output type." It contains several dropdown menus:
 - "Select Region/country/area:" with "UKRAINE" selected.
 - "Station:" with "KHERSON (33902)" selected.
 - "Output type:" with "Data by days" selected.
 - "Begin date:" with "01", "December", and "2023" selected.
 - "End date:" with "31", "December", and "2023" selected.
 Below these dropdowns is a "GET DATA" button.

Рис. 2.1. Вхідні дані електронного ресурсу бази даних гідрометеорологічних умов meteomanz.com.

Було отримано метеорологічні дані по днях (кожні три години) протягом опалювального періоду:

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

$T_{\text{max.abs}}$ – абсолютна максимальна температура, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{\text{min.av}}$ – абсолютна мінімальна температура, $^{\circ}\text{C}$.

Отримані дані метеорологічних параметрів наведені в табличній формі (рис. 2.2).

SYNOP/BUFR observations. Data by days

Station : KHERSON (UKRAINE)

Location : 46 38N , 32 34E , 54 masl.

Date range displayed : 01/12/2023 to 31/12/2023

[New search](#) ⇒

Other KHERSON data : [Summary of month \(December 2023\)](#) | [By months \(2023\)](#) | [By years \(From 2000\)](#) | [GFS/ECMWF forecast](#)

REMARKS:

Hover the mouse over the max/min temperature values to show the refence period. More info regarding max/min temperatures calculation [here](#).

-Precipitaciones from 06 UTC of noted day to 06 UTC of next day. More info regarding precipitation calculation [here](#).

[Excel download](#)

Date ▼	Ave. T. (°C)	Max. T. (°C)	Min. T. (°C)	Prec. (mm)	S.L.Press./ Gheopot.	Wind dir	Wind sp. (Km/h)	Cloud c.	Snow depth (cm)
31/12/2023	4.3	8.8	-0.2	0.0	1019.0 Hpa	248°(W)	7	0/8	-
30/12/2023	0.9	4.0	-2.2	0.1	1017.8 Hpa	235°(SW)	5	0/8	-
29/12/2023	5.5	9.7	1.3	0.0	1018.5 Hpa	233°(SW)	5	6/8	-
28/12/2023	3.0	8.1	-2.0	0.0	1026.1 Hpa	232°(SW)	7	4/8	-
27/12/2023	7.8	11.0	4.7	0.0	1016.6 Hpa	266°(W)	13	4/8	-
26/12/2023	10.7	14.2	7.2	0.0	1011.9 Hpa	251°(W)	9	6/8	-
25/12/2023	3.2	9.2	-2.8	Tr	1005.6 Hpa	231°(SW)	10	7/8	-
24/12/2023	0.7	3.6	-2.3	Tr	1003.8 Hpa	277°(W)	14	4/8	-
23/12/2023	1.9	4.9	-1.2	0.1	993.3 Hpa	278°(W)	9	2/8	-
22/12/2023	3.0	8.4	-2.3	Tr	993.1 Hpa	194°(S)	9	5/8	-
21/12/2023	5.9	9.4	2.4	0.0	1004.3 Hpa	281°(W)	5	6/8	-
20/12/2023	8.1	11.8	4.3	0.0	1014.6 Hpa	186°(S)	11	3/8	-
19/12/2023	5.5	6.4	4.7	0.0	1023.3 Hpa	262°(W)	5	8/8	-
18/12/2023	5.8	7.8	3.8	0.1	1024.6 Hpa	279°(W)	9	8/8	-
17/12/2023	2.5	5.7	-0.6	1.0	1031.3 Hpa	250°(W)	10	8/8	-
16/12/2023	0.2	2.4	-2.0	0.0	1032.9 Hpa	331°(NW)	7	5/8	-
15/12/2023	0.6	1.2	0.0	0.0	1020.9 Hpa	344°(N)	15	7/8	-
14/12/2023	7.6	11.4	3.8	2.0	1009.0 Hpa	151°(SE)	18	8/8	-
13/12/2023	5.2	6.8	3.5	2.0	1014.8 Hpa	140°(SE)	7	8/8	-
12/12/2023	4.1	5.5	2.7	0.1	1013.8 Hpa	152°(SE)	4	8/8	-
11/12/2023	3.2	4.9	1.5	1.0	1018.0 Hpa	109°(E)	7	8/8	-
10/12/2023	1.7	2.6	0.8	1.0	1018.7 Hpa	32°(NE)	6	8/8	-
09/12/2023	1.5	2.2	0.8	0.3	1017.9 Hpa	38°(NE)	17	8/8	-
08/12/2023	1.4	2.4	0.4	11.2	1017.1 Hpa	50°(NE)	17	8/8	-
07/12/2023	0.7	2.3	-1.0	10.0	1019.3 Hpa	52°(NE)	17	8/8	less than 0.5 cm
06/12/2023	-0.8	0.4	-1.9	0.2	1021.1 Hpa	59°(NE)	16	8/8	-
05/12/2023	-1.0	2.4	-4.4	0.0	1026.9 Hpa	143°(SE)	6	4/8	-
04/12/2023	0.3	2.2	-1.5	0.0	1025.0 Hpa	316°(NW)	11	7/8	-
03/12/2023	8.9	13.1	4.7	0.0	1009.9 Hpa	276°(W)	13	7/8	-
02/12/2023	10.0	15.2	4.8	0.0	1005.1 Hpa	170°(S)	5	7/8	-
01/12/2023	7.0	13.6	0.3	Tr	1007.8 Hpa	181°(S)	14	7/8	-

Рис. 2.2. Зовнішній вигляд, отриманих даних для м. Херсон (Україна) для опалювального періоду.

Для моніторингу показників системи теплопостачання досліджуваного об'єкту та визначення витрат газу при експлуатації газових котлів застосована наведене нижче спеціалізоване програмне забезпечення (SCADA) фірми Danfoss «ECL COMFORT 310 PORTAL INTERNATIONAL».

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – це складна інформаційно-керуюча система, яка відіграє критичну роль у сучасних промислових та інфраструктурних галузях. Цей потужний програмно-апаратний комплекс призначений для комплексного моніторингу, контролю та управління технологічними процесами в режимі реального часу.

Основні функціональні можливості SCADA-систем включають:

➤ Збір та консолідацію даних з різноманітних датчиків, контролерів та інших технічних пристроїв. Система здатна опрацьовувати величезні масиви інформації з надзвичайно високою швидкістю та точністю.

➤ Обробку та аналіз отриманих даних з метою виявлення потенційних відхилень, несправностей або позаштатних ситуацій. Вона надає можливість миттєвої діагностики стану технологічних об'єктів.

➤ Графічне відображення інформації через інтуїтивно зрозумілі інтерфейси, які дозволяють операторам та інженерам швидко орієнтуватися в поточній виробничій ситуації.

➤ Архівування та реєстрацію всіх подій, що відбуваються в системі, для подальшого аналізу, звітності та оптимізації виробничих процесів.

SCADA є незамінним інструментом для професійних користувачів у багатьох галузях, зокрема:

- Електроенергетиці;
- Водопостачанні та водовідведенні;
- Нафтогазовій промисловості;
- Металургії;
- Хімічній промисловості;
- Системах комунального господарства.

Для співробітників районних електростанцій, диспетчерів, інженерів та технічного персоналу SCADA виступає потужним помічником, який дозволяє:

- Оптимізувати процеси технічного обслуговування обладнання
- Здійснювати віддалений моніторинг та контроль
- Передбачати та попереджати можливі технічні несправності
- Мінімізувати простої та підвищувати загальну ефективність виробництва
- Забезпечувати високий рівень безпеки виробничих процесів

Сучасні SCADA-системи все частіше інтегруються зі штучним інтелектом та машинним навчанням, що дозволяє не тільки реєструвати поточний стан систем, але й прогнозувати їх подальшу поведінку, передбачати потенційні ризики та автоматично оптимізувати режими роботи.

Системи моніторингу енергоспоживання, такі як ECL COMFORT 310 PORTAL INTERNATIONAL, пропонують революційний підхід до управління тепловими режимами та енергетичними ресурсами. Їх ключовою перевагою є інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс, який надає користувачам повну картину про споживання енергії, температурні режими та витрати.

Основні переваги такої системи включають:

1. Підвищення енергоефективності: деталізована інформація про споживання енергії дозволяє користувачам усвідомлено ставитися до витрат; графічні звіти допомагають виявляти потенційні зони перевитрат та оптимізувати енергоспоживання.

2. Мобільність та доступність: повноцінне управління опалювальною установкою можливе з будь-якої точки світу; підтримка підключення через ноутбуки, планшети та смартфони; миттєвий доступ до всіх системних параметрів.

3. Функціональні можливості системи реєстрації: моніторинг параметрів обладнання котелень; контроль теплових мереж; відстеження характеристик індивідуальних теплових пунктів.

4. Технічні характеристики моніторингу: реєстрація параметрів з інтервалом кожні три години; онлайн-трекінг характеристик теплоносія; деталізація за кожним об'єктом або будівлею.

5. Комунікаційні можливості: підтримка TCP/IP мереж; використання протоколу MODBUS для передачі даних; інтеграція з системами диспетчеризації; висока швидкість обміну інформацією

Технологія ECL COMFORT 310 PORTAL INTERNATIONAL є прикладом сучасних інтелектуальних систем управління, які не просто

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		40

фіксують показники, але й надають користувачам можливість ефективно контролювати та оптимізувати процеси енергоспоживання.

Такі рішення особливо актуальні в умовах постійного зростання цін на енергоносії та необхідності впровадження енергозберігаючих технологій у комунальній та промисловій сферах.

Таким чином система ECL COMFORT 310 PORTAL INTERNATIONAL (рис. 2.3) дозволяє провести реєстрацію всіх наведених параметрів та характеристик обладнання котельної та теплових мереж і індивідуальних теплових пунктів споживачів.

ECL COMFORT 310 PORTAL INTERNATIONAL

Danfoss

Name	ОСМД "Космонавтов 134"
Serial	286931
Portal application	A331.1 example a
Application	A331.1
Application version	2.01
Software	2.04
Hardware	H
Build no.	10125
Production week	2.2019
Code no.	087H3040 (ECL 310, 230 V)
MAC address	00:07:68:09:54:AD
Registration code	564n

Рис. 2.3. Загальна системна інформація системи Danfoss «ECL COMFORT 310 PORTAL INTERNATIONAL» для моніторингу показників системи тепlopостачання жилого комплексу, які обслуговуються котельнею.

Система моніторингу водогрійних котлів забезпечує комплексне та детальне відображення ключових технологічних параметрів, включаючи температурні режими (води в магістральному трубопроводі, перед котлами, на вході та виході з кожного котла), тиск (води на виході з котла, газоподібного палива перед пальниками), характеристики димових газів (температура,

розрідження в топці та за котлом), а також хімічний склад вихідних газів через використання переносного газоаналізатора, що дозволяє здійснювати всебічний контроль за роботою обладнання та забезпечувати його ефективне та безпечне функціонування.

Система моніторингу передбачає всебічну реєстрацію та графічну презентацію параметрів теплогідравлічного режиму, охоплюючи температурні характеристики (підживлювальної, вихідної, транспортованої води в подавальному та зворотному трубопроводах), тиск у системах теплопостачання та газопроводах, а також детальний облік витрат води в різних контурах (вихідної, по кожному подавальному та зворотному трубопроводах, на підживлення) та газу на ввіді в котельню, що забезпечує повний контроль та ефективне управління тепломережевим комплексом.

2.3. Обладнання та інструменти для енергетичного моніторингу.

Обладнання та інструменти для енергетичного моніторингу котельного обладнання складаються з апаратних та програмних компонентів, що забезпечують комплексний контроль параметрів теплоенергетичної системи. Первинними засобами вимірювання є датчики температури, тиску, витрати теплоносія, газоаналізатори та лічильники енергетичних ресурсів. Сучасні датчики мають цифрові інтерфейси (RS-485, ModBus), що дозволяють передавати інформацію в режимі реального часу до централізованих систем управління.

Первинні засоби вимірювання для моніторингу котельного обладнання:

1. Датчики температури:

- Термопари (ТПП, ТПР) - для вимірювання високих температур (до 1600°C).
- Термометри опору (Pt100, Pt1000) – точність вимірювання $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		42

- Біметалічні термометри – механічні прилади для локального контролю.

- Інфрачервоні пірометри – безконтактні вимірювання температури поверхонь.

- Діапазон вимірювань: від -200°C до +1600°C.

- Інтерфейси передачі: 4-20 мА, RS-485, ModBus.

2. Датчики тиску:

- Тензометричні датчики.

- П'єзоелектричні перетворювачі.

- Деформаційні манометри.

- Класи точності: 0,1; 0,25; 0,4.

- Межі вимірювань: від 0-1,6 до 0-160 МПа.

- Виробники: Endress+Hauser, Siemens, Yokogawa.

3. Витратоміри теплоносія:

- Електромагнітні витратоміри.

- Ультразвукові витратоміри.

- Вихрові витратоміри.

- Діапазон вимірювань: 0,01-100 м³/год.

- Похибка вимірювань: $\pm 0,5-1\%$.

- Виробники: Danfoss, Krohne, ABB.

4. Газоаналізатори:

- Стаціонарні багатокомпонентні системи.

- Переносні електрохімічні газоаналізатори.

- Оптичні газоаналізатори.

- Вимірювання: CO, CO₂, O₂, NO_x, CH₄.

- Діапазон: 0-100% концентрації.

- Точність: $\pm 0,1-1\%$.

5. Лічильники енергоресурсів:

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		43

- Теплोलічильники з імпульсними датчиками.
- Лічильники природного газу.
- Електронні багатотарифні лічильники.
- Похибка вимірювань: Клас точності С.
- Реєстрація погодинного споживання.
- Функції Archiving та передачі даних.

Характеристики обладнання:

- Цифрові інтерфейси передачі даних.
- Висока точність вимірювань.
- Можливість інтеграції в SCADA-системи.
- Діапазон робочих температур: -40...+85°C.
- Вибухозахищене виконання.
- Метрологічна повірка 1 раз на 4 роки.

Основні виробники:

- Вітчизняні: Рівне, Овен, Метран.
- Закордонні: Siemens, Endress+Hauser, ABB, Yokogawa.

Сучасні первинні засоби вимірювання забезпечують комплексний моніторинг параметрів котельного обладнання з високою точністю та надійністю.

Ключовим елементом моніторингу є контролери та реєстратори даних, які акумулюють та обробляють інформацію від первинних датчиків. Використовуються як вітчизняні, так і закордонні промислові контролери виробників Siemens, Danfoss, ABB, що забезпечують високу точність вимірювань та надійність передачі даних. Програмне забезпечення дозволяє здійснювати архівування, графічне представлення, статистичну обробку та формування звітів про параметри роботи котельного обладнання.

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		44

Додатковими інструментами енергетичного моніторингу можуть бути тепловізори, портативні газоаналізатори, вимірювачі електроспоживання та професійне діагностичне обладнання. Такі прилади дають змогу проводити інструментальний контроль теплотехнічних параметрів, виявляти приховані дефекти обладнання, оцінювати ефективність теплоізоляції та здійснювати превентивну діагностику технічного стану котельні. Результати моніторингу слугують основою для прийняття управлінських рішень щодо підвищення енергоефективності та оптимізації режимів роботи теплоенергетичного комплексу.

2.4. Висновки по розділу 2.

1) У рамках дослідження розроблено та представлено концептуальну методологію моніторингу, яка передбачає комплексний підхід до збирання та аналізу гідрометеорологічних даних за конкретним регіоном. Методологія охоплює системні принципи збору експериментальної інформації, що дозволяє забезпечити достовірність та репрезентативність отриманих результатів.

2) Додатково представлено детальний огляд спеціалізованого програмного інструментарію, призначеного для ефективної обробки експериментальних та розрахункових значень. Описані програмні рішення забезпечують високоточну обробку даних, їх систематизацію та подальший аналіз, що підвищує якість наукового дослідження.

3) Загалом, представлена методологія та програмне забезпечення створюють надійне підґрунтя для проведення комплексного наукового дослідження гідрометеорологічних характеристик регіону.

					КР.144.6241мх.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		45

					КР.144.6241мх.06.03.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Розрахунковий розділ	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Нефьодов О.С.							
Керівник	Кобалава Г.О.							
Консульт.						НУК		

3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1. Аналіз та оцінка енергетичного потенціалу теплоенергетичної установки.

Оцінка та характеристика технічного потенціалу котельні є критично важливим напрямком сучасної енергетичної галузі, спрямованим на оптимізацію виробничих процесів, підвищення ефективності теплоенергетичного обладнання та зниження експлуатаційних витрат. У контексті постійного зростання вартості енергоносіїв та посилення вимог до екологічності виробничих систем, комплексне вивчення технічних характеристик, режимів роботи та потенційних резервів підвищення продуктивності котелень набуває особливої актуальності. Метою представленого дослідження є всебічний аналіз параметрів функціонування котельні, виявлення можливостей для технологічної модернізації, впровадження енергозберігаючих рішень та підвищення загальної ефективності теплоенергетичного комплексу з урахуванням сучасних науково-технічних досягнень та галузевих стандартів.

Дані щодо споживання електричної енергії, води та палива (природний газ) наведені в табл. 3.1.

Аналіз споживання природного газу виявляє чітку закономірність: найвищі показники припадають на січень місяць незалежно від конкретного опалювального сезону. Середнє збільшення газоспоживання в січні становить 15-50% (або 5-20 тис. м³), що наочно демонструє гістограма на рисунку 3.1.

Найнижчі показники газоспоживання характерні для грудня та березня, де обсяги коливаються в межах 40–50 тис. м³. Такий нерівномірний розподіл безпосередньо пов'язаний з температурними коливаннями зовнішнього повітря впродовж опалювального періоду.

					КР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		47

Особливо варто відзначити тенденцію мінімального газоспоживання в 2022-2023 роках, що зумовлено переходом споживачів до ручного регулювання температури теплоносія залежно від денного часу. В цей період загальне споживання газу коливалося в межах 82-105 тис. м³, що підтверджено даними на рисунку 3.1.

Табл. 3.1. Споживання енергоресурсів та води котельнями.

Період	Котельня вул. Купецька, 3		
	Природний газ	Електрична енергія	Вода
	тис. м ³	кВт*год	м ³
Опалювальний період 2021-2022 р.р.			
Листопад 2021	71,8	12159	125
Грудень 2021	98,6	17458	50
Січень 2022	103,8	17475	42
Лютий 2022	87,9	15037	111
Березень 2022	76,9	16279	57
Всього:	439	78408	385
Опалювальний період 2022-2023 р.р.			
Листопад 2022	36,6	8544	55
Грудень 2022	62,4	18250	11
Січень 2023	80,0	21680	41
Лютий 2023	58,3	18694	53
Березень 2023	52,2	18596	50
Всього:	290	85764	210
Опалювальний період 2023-2024 р.р.			
Листопад 2023	43,8	12180	113
Грудень 2023	85,3	18134	39
Січень 2024	85,0	18556	58
Лютий 2024	84,5	16326	53
Березень 2024	68,7	16397	46
Всього:	368	81593	309

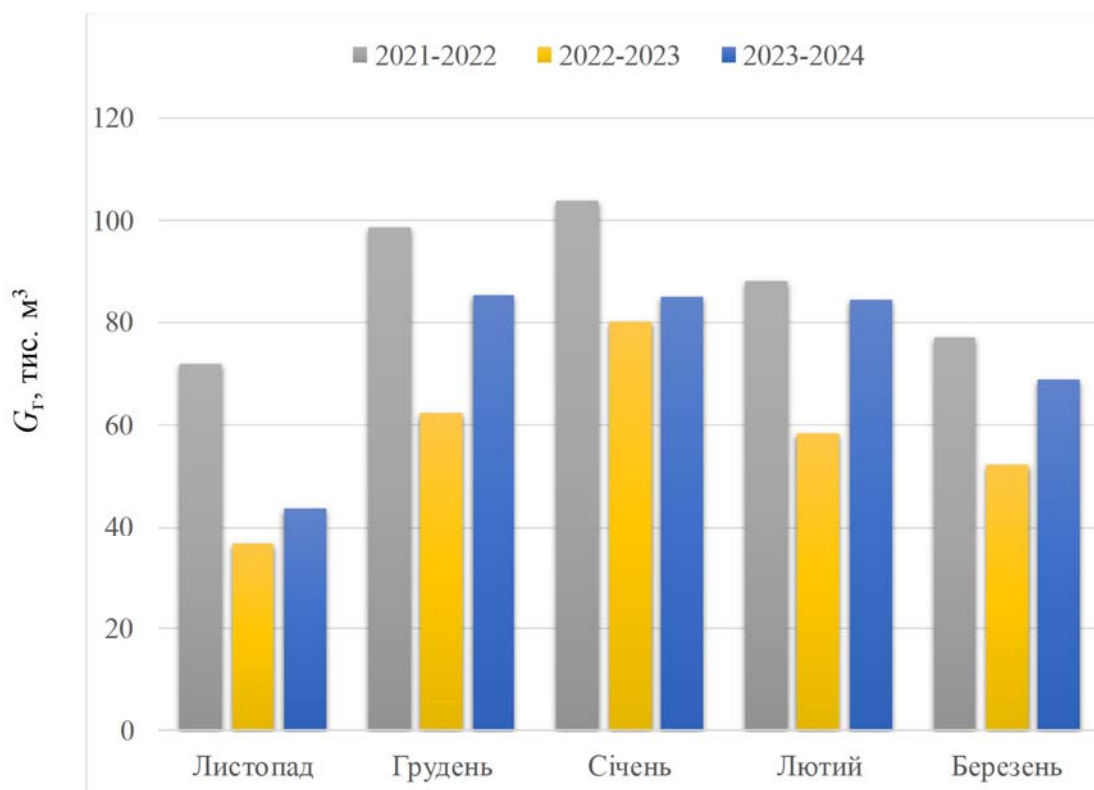


Рис. 3.1. Споживання природного газу котельною протягом опалювального періоду по місяцях.

Аналіз динаміки споживання електричної енергії та води в системі тепlopостачання виявляє складну та багатофакторну картину функціонування інженерної інфраструктури.

Найвищі показники електроспоживання, зокрема мережевими та циркуляційними насосами, традиційно припадають на січень місяць. Середнє збільшення електроспоживання в цей період становить 20-40%, що відповідає 5,0-6,0 тис. кВт·год. Найнижчі показники характерні для листопада – 10,0-12,8 тис. кВт·год (рис. 3.2).

Характерні особливості електроспоживання:

- Чітка залежність від температурних коливань зовнішнього середовища.
- Стабільність сумарного річного споживання (78-85 тис. кВт·год).
- Майже незмінне навантаження на мережеві насоси.

➤ Відсутність значних коливань потужності протягом опалювального сезону.

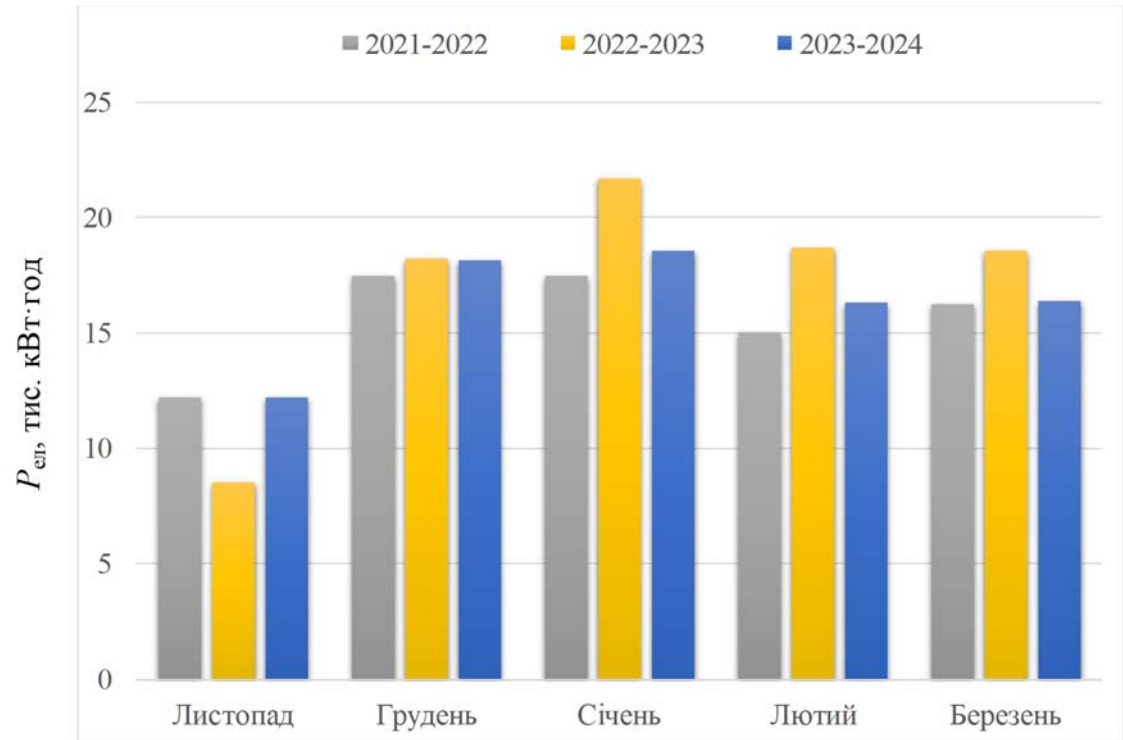


Рис. 3.2. Споживання електричної енергії котельною протягом опалювального періоду по місяцях.

Максимальне споживання води в системі теплопостачання фіксується в лютому та березні. Середнє збільшення водоспоживання досягає 30-60%, що становить 30-55 м³. Загальний діапазон споживання води коливається в межах 40-100 м³ (рис. 3.3).

- Ключові тренди водоспоживання:
- Нестабільність сумарного споживання по роках.
 - Виражена тенденція до збільшення витрат води в період 2021-2022 років.
 - Прямий взаємозв'язок з технічним станом обладнання та магістралей.

Проведений аналіз демонструє складну взаємодію факторів, що впливають на енергетичні витрати системи теплопостачання. Важливими

аспектами є не лише температурні режими, але й технічний стан обладнання, ефективність експлуатації та своєчасність проведення ремонтних і профілактичних робіт.

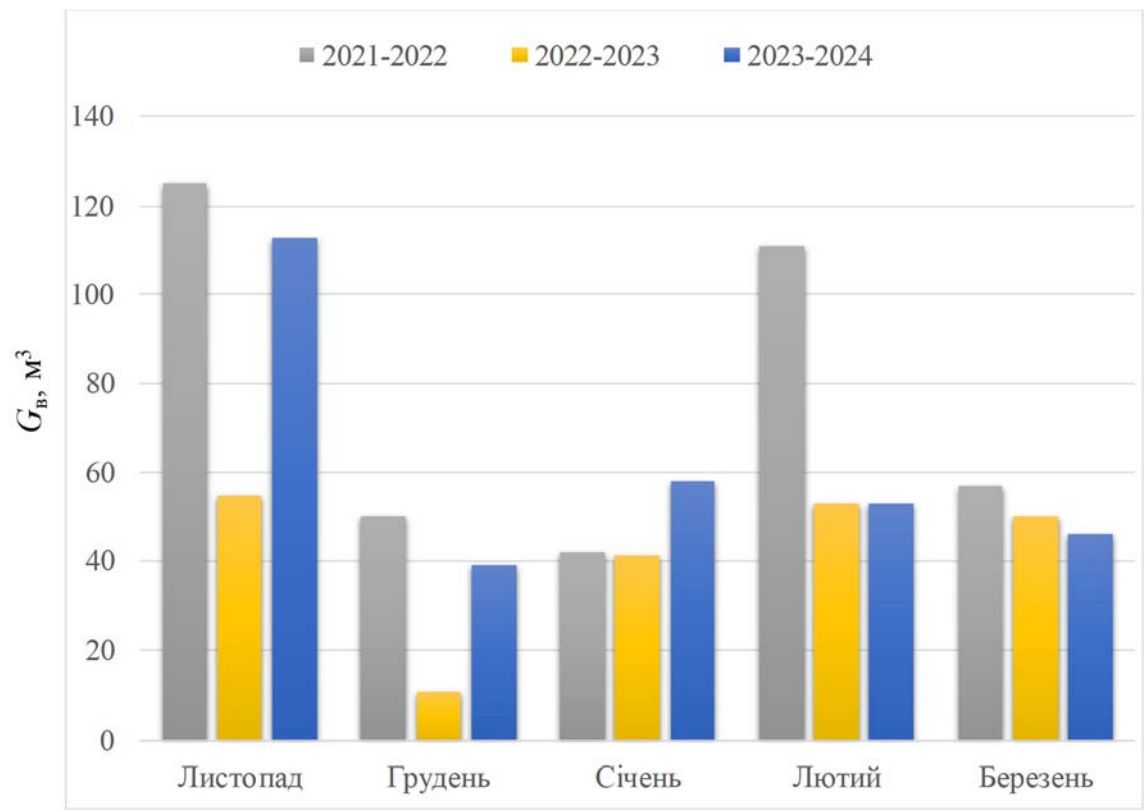


Рис. 3.3. Споживання води котельною протягом опалювального періоду по місяцях.

Проведений аналіз функціонування пальників котлів дозволяє зробити комплексні висновки щодо їхньої енергетичної ефективності та потенціалу модернізації. Поточний режим роботи пальників характеризується відносно стабільними середніми витратами палива з реалізацією двоступеневого режиму регулювання природного газу та усередненими показниками енергоспоживання.

Динаміка енергетичних витрат демонструє чітку залежність від температурних коливань зовнішнього середовища з нерівномірністю

споживання енергоресурсів протягом року та наявністю значного потенціалу для оптимізації витрат.

Основними напрямками підвищення енергоефективності визначено впровадження погодозалежного режиму роботи пальників, перехід на багатоступеневу модуляцію режимів, застосування інтелектуальних систем автоматичного регулювання та використання сучасних датчиків і контролерів для точного налаштування.

Очікувані результати модернізації включають зниження загальних витрат палива, підвищення точності теплогенерації, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та оптимізацію експлуатаційних витрат.

Таким чином, перехід на глибоку модуляцію режимів роботи пальників є ключовим резервом підвищення енергетичної ефективності котельної установки, що дозволить досягти значної економії паливно-енергетичних ресурсів та покращити загальні показники теплоенергетичного комплексу.

3.2. Дослідження температурних показників навколишнього середовища.

Дослідження температурних показників навколишнього середовища є фундаментальним елементом системного аналізу енергетичних режимів та ефективності теплоенергетичних систем. Кліматичні параметри, зокрема температура зовнішнього повітря, виступають визначальним фактором для проектування, експлуатації та оптимізації систем теплопостачання, впливаючи на режими роботи котельного обладнання, обсяги споживання паливно-енергетичних ресурсів та загальну економічну ефективність теплоенергетичного комплексу. Метою представленого розділу є комплексне вивчення температурної динаміки, аналіз впливу кліматичних змін на теплоенергетичні процеси, виявлення закономірностей та тенденцій температурних коливань, що дозволить розробити науково обґрунтовані

					КР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		52

рекомендації з підвищення енергоефективності та оптимізації режимів теплогенерації.

Дослідження метеорологічних параметрів здійснено з використанням сучасного інформаційного ресурсу meteomanz.com, який забезпечує комплексний моніторинг кліматичних умов. Методологія дослідження ґрунтується на вимогах системи енергетичного менеджменту, що передбачає всебічний аналіз температурних режимів протягом не менше трьох послідовних опалювальних періодів.

Джерело даних. Інформаційний ресурс meteomanz.com, що надає деталізовану метеорологічну інформацію з високою періодичністю вимірювань.

Методика збору інформації. Охоплення трьох послідовних опалювальних періодів: 2021-2022, 2022-2023, 2023-2024 років. Графічне представлення температурної динаміки на рисунках 3.1-3.3.



Рис. 3.4. Зміни температури зовнішнього повітря протягом 2021-2022 опалювального періоду.



Рис. 3.5. Зміни температури зовнішнього повітря протягом 2022-2023 опалювального періоду.



Рис. 3.6. Зміни температури зовнішнього повітря протягом 2023-2024 опалювального періоду.

Температурні характеристики опалювальних періодів.

2021-2022 роки: середня температура +3°C.

2022-2023 роки: середня температура +3°C.

Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

КР.144.6241мх.06.03.ПЗ

Лист

54

2023-2024 роки: середня температура +5°C.

Додаткові спостереження:

- Наявність циклічних коливань температурного режиму.
- Незначні відмінності середньорічних показників.
- Потенційний вплив кліматичних змін на енергетичні режими.

Представлений аналіз температурних показників є основою для подальших досліджень у сфері підвищення енергетичної ефективності теплоенергетичних систем.

3.3. Стратегічні підходи та практичні рекомендації з підвищення енергоефективності.

Сучасні виклики в енергетичній сфері, зокрема зростання цін на енергоносії та необхідність зменшення викидів парникових газів, стимулюють активний пошук шляхів підвищення енергоефективності. У сфері теплопостачання котельні установки відіграють ключову роль, оскільки саме вони забезпечують значну частину теплової енергії для промисловості та житлово-комунального сектору. Застосування стратегічних підходів та впровадження ефективних технічних рішень дозволяють не лише зменшити енергоспоживання, але й підвищити надійність системи теплопостачання. Цей розділ присвячений аналізу сучасних методів оптимізації роботи котельних установок та практичних рекомендацій, спрямованих на вдосконалення їхньої експлуатації з метою підвищення енергоефективності.

При виборі заходів із енергозбереження для котельної слід врахувати режими нестабільного споживання паливно-енергетичних ресурсів та передбачити установку сучасного, з високими коефіцієнтами корисної дії обладнання: енергоефективних паливних пристроїв, автоматизованих систем керування, теплоутилізаторів та іншого допоміжного обладнання, що

					КР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		55

мінімізує втрати теплової енергії. Важливим аспектом є також адаптація роботи котельної до змінних режимів споживання, що може бути досягнуто завдяки впровадженню модульних пальників із можливістю плавного регулювання потужності. Застосування таких заходів дозволяє не лише зменшити витрати паливно-енергетичних ресурсів, а й підвищити гнучкість та надійність системи теплопостачання. Крім того, слід передбачити заходи з енергетичного аудиту для постійного моніторингу ефективності роботи котельної установки та оперативного внесення змін до її експлуатації.

Варто підкреслити, що перехід на плавне регулювання витрати палива та режимів роботи котла в широкому діапазоні навантажень від 10 до 100 %, порівняно з традиційним двоступінчастим управлінням, дозволяє більш точно враховувати вплив змін гідрометеорологічних умов, зокрема зовнішньої температури. Це, своєю чергою, сприяє суттєвому зниженню витрат природного газу під час експлуатації котлів.

3.4. Огляд сучасних газових енергоефективних пальникових пристроїв.

Найважливішою характеристикою пальника є глибина його регулювання, що визначає робочий діапазон навантаження. Найпростіші пальники працюють з позиційним регулюванням «увімкнено-вимкнено», що дозволяє спростити систему керування та знизити вартість обладнання. Однак робота котла в цьому разі може супроводжуватися коливаннями температури теплоносія в системі теплопостачання. Зменшити амплітуду коливання температури теплоносія або виключити це явище можна при використанні пальників з плавним регулюванням потужності. Водночас стабілізація режимних параметрів роботи пальника при змінних навантаженнях суттєво ускладнює систему керування потоками палива і повітря, автоматику

					КР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		56

регулювання та безпеки, і, як наслідок, збільшує вартість пального. Обґрунтований вибір пального пристрою дозволяє раціонально організувати топковий процес, інтенсифікувати теплообмін і досягти найкращих техніко-економічних, екологічних та експлуатаційних показників теплогенератора.

Пальники Weishaupt (Німеччина)

Пальники серії WM-GL30 розраховані для роботи на наступних видах палива: природному газі, зрідженому газі, а також на легкому рідкому паливі. Всі елементи зібрані в єдиний блок. Пальники мають легкоснімний корпус, який забезпечує захист окремих елементів. Повітря для горіння всмоктується через спеціальний канал на фронтальній поверхні пальника, покритий звукоізолюючим матеріалом. Регулювання – плавно-двоступеневе, а при використанні відповідного додаткового пристрою можливе модульоване регулювання на газі (на рідкому паливі – двоступеневе). Пальники використовуються на водогрійних і парових котлах, повітрянагрівачах, а також у технологічних теплових процесах. Перехід з одного палива на інше здійснюється перемикачем, додатково можливе повністю автоматичне перемикання.



Рис. 3.7. Комбінований палиник Weishaupt тип WM-GL30.

					КР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		57

Пальники De Dietrich (Франція)

Рідкопаливні та газові наддувні пальники De Dietrich (Франція) об'єднують у собі надійність і економічність в експлуатації, винятково безшумну роботу. Діапазон потужності вироблюваних рідкопаливних пальників становить до 1540 кВт, газових до 2290 кВт.

Газові пальники серій G50S двоступеневі або модулюючі при оснащенні котла відповідним регулятором. Ці компактні та високотехнологічні пальники з високим ККД дуже прості в налаштуванні та технічному обслуговуванні. У їхній конструкції забезпечений легкий доступ до електричних компонентів під герметичним корпусом і доступ до головки з запальним електродом за допомогою розсувних напрямних, що дозволяють відокремити пальник від жарової труби без демонтажу.



Рис. 3.8. Рідкопаливні та газові наддувні пальники De Dietrich.

Пальники Thermomatic S.r.l (Італія)

Пальники Thermomatic серії GS є універсальними паливоспалюючими пристроями, придатними для роботи з будь-яким типом газу. Завдяки конструктивним особливостям пальника забезпечується: безшумність,

надійність, ефективність і, найголовніше на сьогоднішній день, екологічно чисте згоряння. Пальник повністю автоматизований, укомплектований усіма необхідними пристроями контролю та безпеки. Пальники до 200 кВт мають одноступеневий режим регулювання, понад – двоступеневий або плавний. Діапазон потужностей від 14 кВт до 6,5 МВт.



Рис. 3.9. Пальник Thermomatic серії GS.

Пальники Elco VG6.1600 DUO PLUS R

Газові пальники Elco VG6.1600 DUO PLUS R (рис. 3.10) представляють собою сучасне енергоефективне обладнання, розроблене з урахуванням новітніх технологій регулювання та екологічних вимог. Вони оснащені інноваційною системою пневматичного регулювання співвідношення газу та повітря, що забезпечує точне налаштування параметрів горіння. Це обладнання може функціонувати як у двоступінчастому режимі, так і з модульованим навантаженням, залежно від системи керування теплогенератора.

Регулювання потужності: плавне модулювання або двоступінчастий режим, що дозволяє адаптувати пальник до зміни теплового навантаження.

Гнучкість у виборі компонентів: різні варіанти довжини полум'яних головок (KN – короткі, KM – середні, KL – довгі).

					КР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Екологічність: клас викидів NO_x 1 (<80 мг/кВт·год).

Діапазон регулювання потужності: 30-100%.

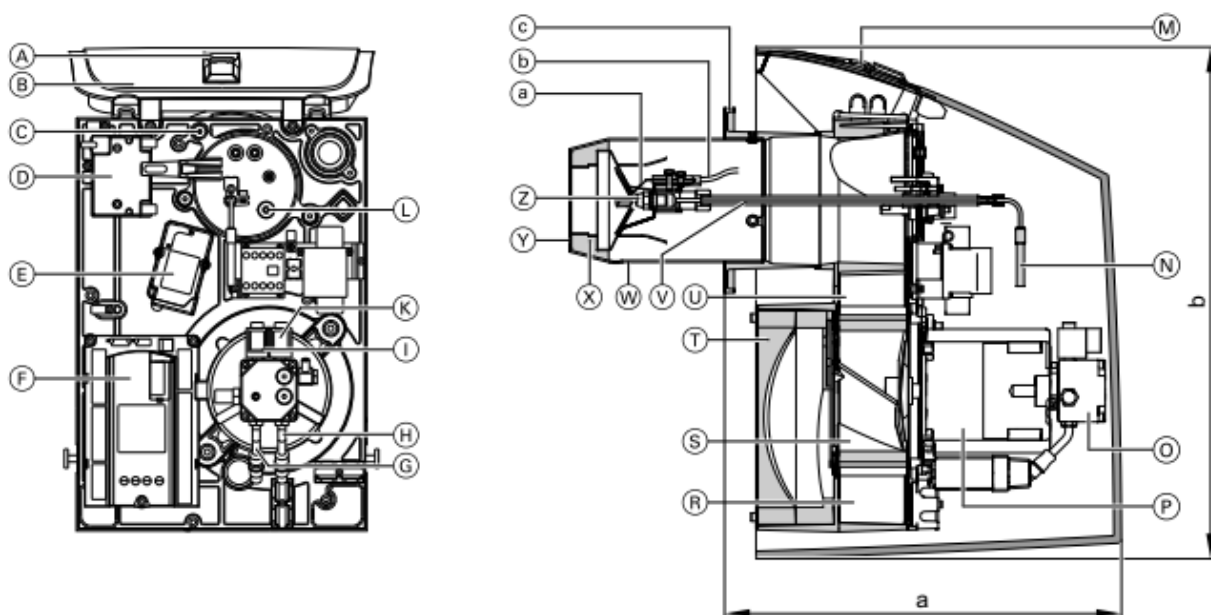


Рис. 3.10. Газовий модульований пальник Elco VG6.1600 DUO PLUS R.

Енергоефективність: зменшення енергоспоживання завдяки оптимізації вентиляції.

Компактність і зручність обслуговування: кубічна конструкція забезпечує легкий доступ до основних вузлів та мінімізацію витрат на технічне обслуговування.

Переваги застосування пальників моделі Elco VG6.1600 DUO PLUS R:

- Контроль герметичності (ТС) для підвищення безпеки.
- Автоматичне закриття повітряної заслінки після припинення роботи.
- Попередньо зібрана та протестована газова магістраль.

Характеристики моделі Elco VG6.1600 DUO PLUS R:

Максимальна теплова потужність – 1600 кВт.

Клас ККД: High-efficiency (>92%).

Живлення: однофазна напруга 230 В, частота 50 Гц.

Клас захисту – IP54.

Максимальна робоча температура – до +350°C.

Газова магістраль – протестована на міцність та електробезпеку.

Ці пальники використовуються у промислових теплогенераторах, печах і котлах, що працюють на природному газі середнього тиску (8000 ккал/год). Їхній високий коефіцієнт корисної дії, гнучкість і простота експлуатації роблять їх оптимальним вибором для систем теплопостачання.

Витрата природного газу для даного типу пальника розраховується:

$$G_{\text{пг}} = \frac{Q_{\text{к}}}{\eta_{\text{к}} \cdot H_i'}$$

де $Q_{\text{к}}$ – теплове навантаження на котел;

$\eta_{\text{к}}$ – ККД пальника;

H_i – теплота згоряння природного газу ($H_i = 10,35 \text{ кВт/м}^3$).

Відносне теплове навантаження на пальник можна розрахувати з формули:

$$q_{\text{к}} = -0,0186 \cdot t_{\text{зп}} + 0,2862$$

3.5. Висновки по розділу 3

1) Дослідження показало, що ефективність теплоенергетичної установки залежить від комплексної оцінки її технічних характеристик, режимів роботи та потенціалу модернізації. Ключовими факторами впливу є коефіцієнт корисної дії, діапазон регулювання потужності та можливості оптимізації робочих параметрів.

2) Температурні режими навколишнього середовища мають суттєвий вплив на ефективність роботи теплоенергетичної установки. Визначено необхідність врахування сезонних коливань температури, їх впливу на теплові втрати та режими функціонування обладнання.

3) Підвищення енергоефективності потребує комплексного підходу, що включає модернізацію обладнання, впровадження сучасних технологічних рішень, оптимізацію режимів роботи та системи управління. Пріоритетними

					КР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		61

напрямами є зниження енергоспоживання, мінімізація теплових втрат та впровадження інноваційних технологій.

4) Сучасні газові пальникові пристрої провідних виробників (Weishaupt, De Dietrich, Thermomatic, Elco) характеризуються високим рівнем автоматизації, широким діапазоном потужностей, низьким рівнем шуму та мінімальними викидами. Ключовими перевагами є плавне регулювання потужності, можливість роботи на різних типах палива та висока екологічність.

					КР.144.6241мх.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		62

					КР.144.6241мх.06.04.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
					Дослідницький розділ			Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Нефьодов О.С.								
Керівник		Кобалава Г.О.								
Консульт.								НУК		
								63		

4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1. Дослідження динаміки роботи пальникового пристрою з врахуванням температурних змін зовнішнього середовища.

Ефективна робота пальникових пристроїв значною мірою залежить від умов їх експлуатації, зокрема від впливу температурних змін зовнішнього середовища. Ці зміни можуть суттєво впливати на процес горіння, рівномірність подачі палива, утворення теплових втрат та загальну стабільність роботи котельної установки. Дослідження динаміки роботи пальникового пристрою з урахуванням таких факторів є важливим для розробки заходів, спрямованих на оптимізацію його функціонування. У цьому підрозділі розглядається вплив зовнішніх температурних умов на роботу пальника, аналізуються ключові залежності та пропонуються рішення для забезпечення його стабільної та енергоефективної роботи.

Перехід до застосування пальників із глибокою модуляцією дозволяє відповідно до окремих періодів (місяців) плавно регулювати витрату природного газу, в залежності від необхідного навантаження на котли в автоматичному режимі. Такий захід дозволяє зменшити в середньому в залежності від місяця витрату палива на (рис. 4.1–4.5): 2021-2022 – 8800–26000 м³ (7–14%); 2022-2023 – 10800–21300 м³ (9–13%); 2023-2024 – 9200–25500 м³ (8–14%).

Аналіз роботи пальника котла при глибокій модуляції відповідно до кліматичних даних за останні три роки показав суттєве скорочення споживання природного газу котлами (рис. 4.6–4.8): для 2021-2022 опалювального року – $\Delta V_{\Gamma} = 82$ тис. м³; для 2022-2023 опалювального року – $\Delta V_{\Gamma} = 75$ тис. м³; для 2023-2024 опалювального року – $\Delta V_{\Gamma} = 70$ тис. м³.

					КР.144.6241мх.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		64

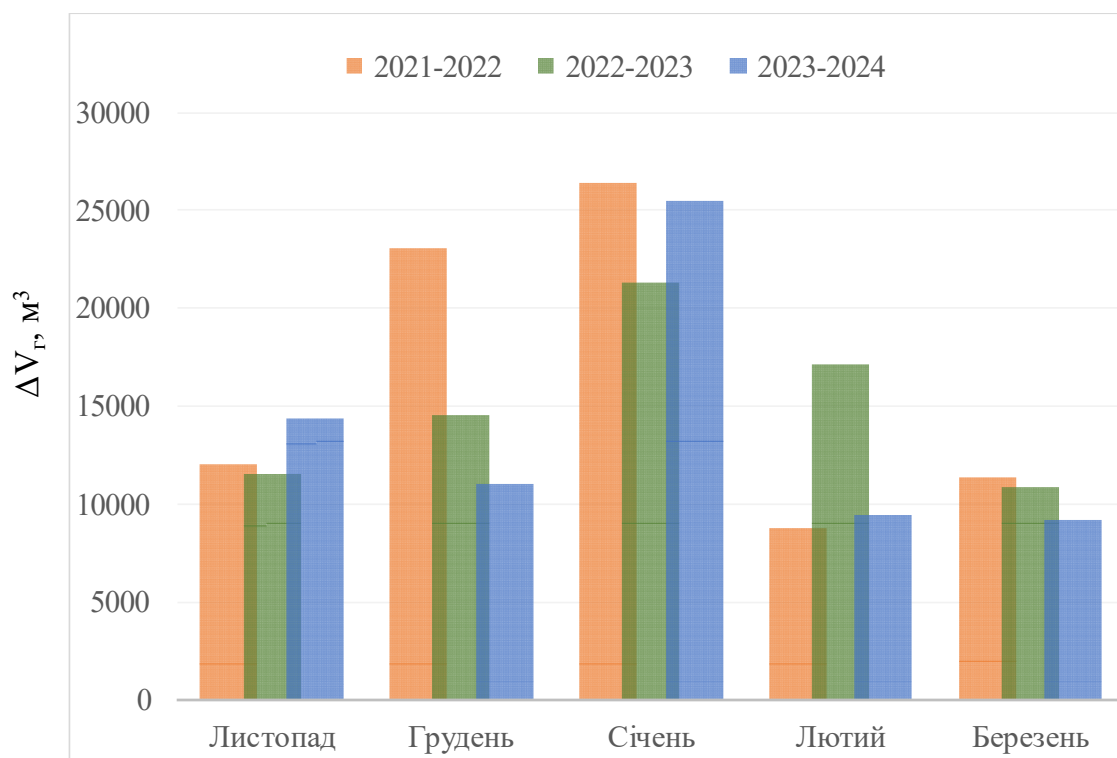


Рис. 4.1. Економія споживання природного газу котлами помісячно, м³.

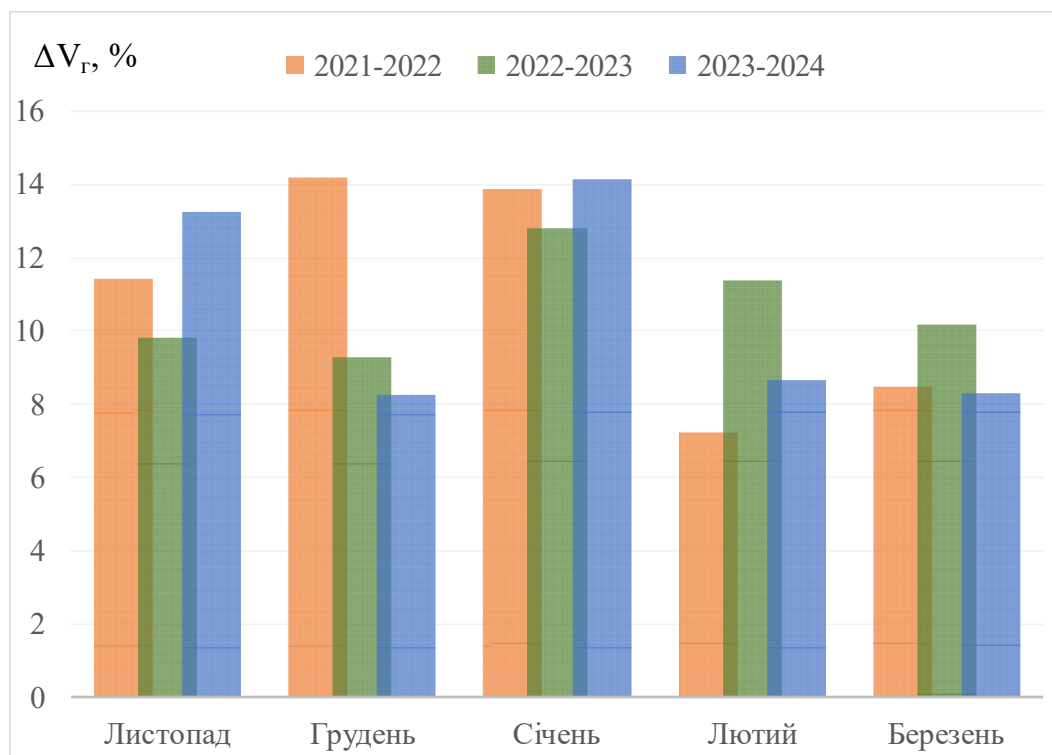


Рис. 4.2. Економія споживання природного газу котлами помісячно, %.



Рис. 4.3. Залежності витрати природного газу котлами за 2021-2022 опалювальний період.



Рис. 4.4. Залежності витрати природного газу котлами за 2022-2023 опалювальний період.

Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

КР.144.6241мх.06.04.ПЗ

Лист

66

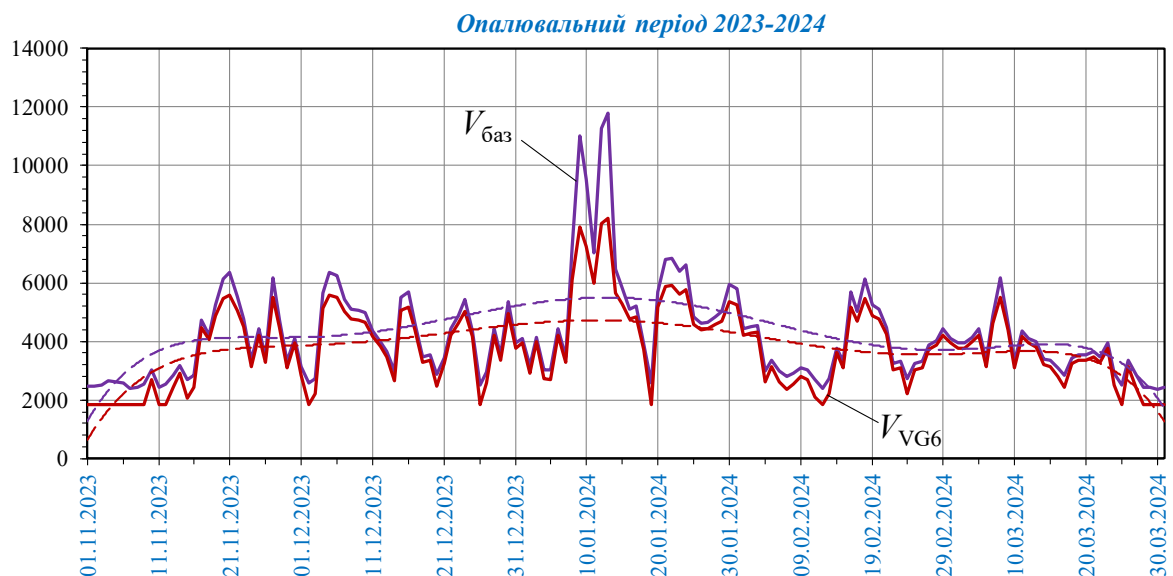


Рис. 4.5. Залежності витрати природного газу котлами за 2023-2024 опалювальний період.

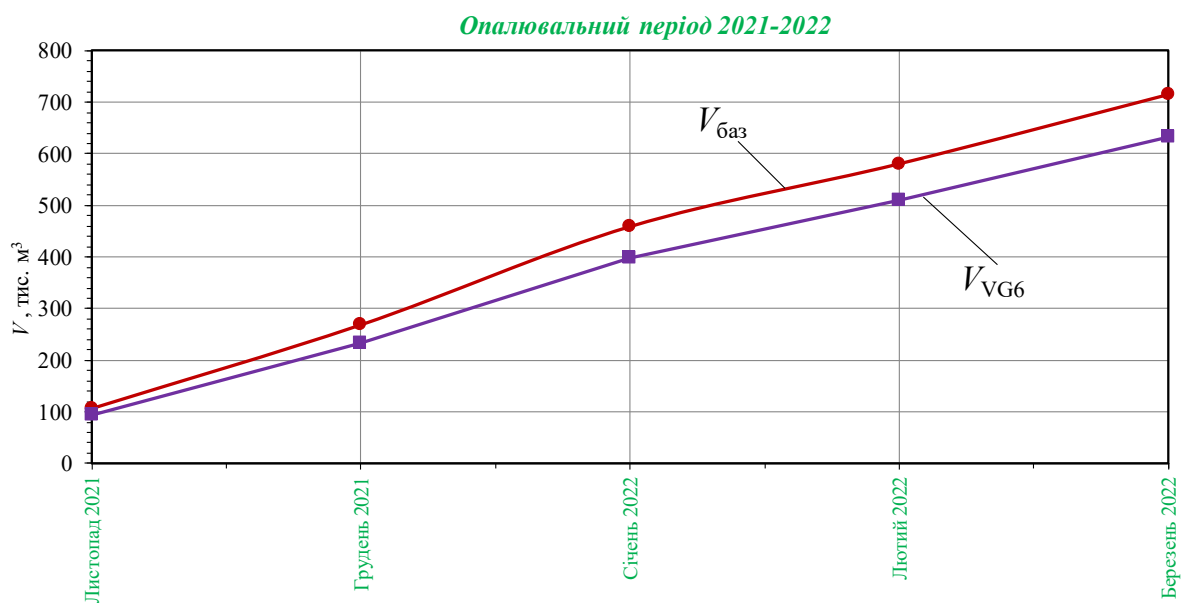


Рис. 4.6. Залежності споживання природного газу котлами за 2021-2022 опалювальний період: $V_{\text{баз}}$ – споживання природного газу для базового варіанту з двоступінчастим регулюванням; V_{VG6} – споживання природного газу для варіанту з модуляційним регулюванням.

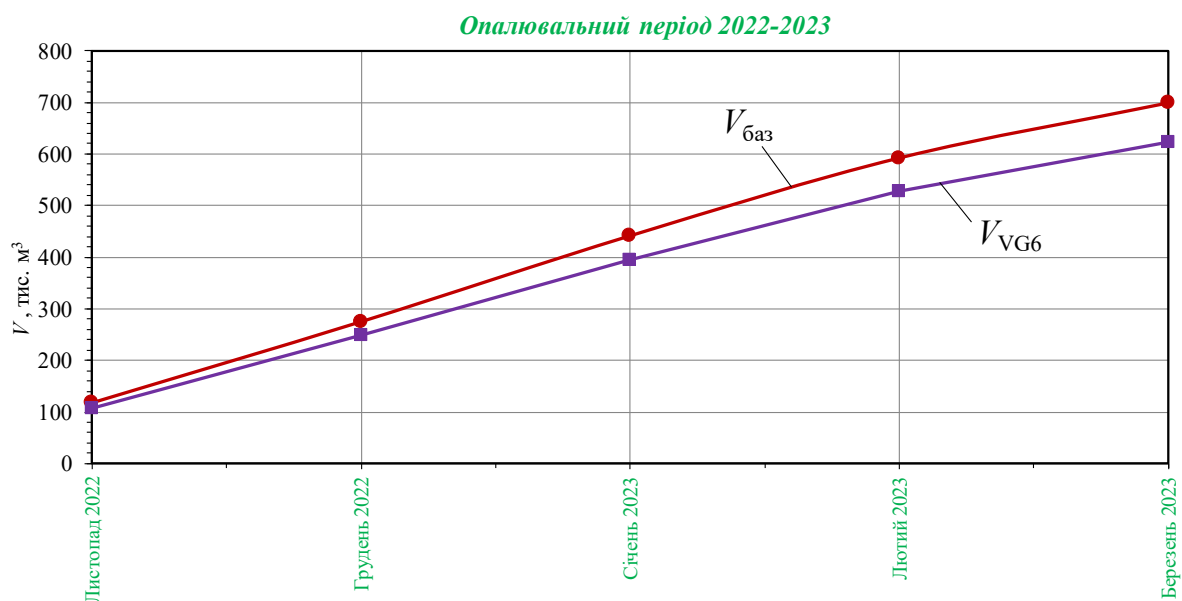


Рис. 4.7. Залежності споживання природного газу котлами за 2022-2023 опалювальний період.

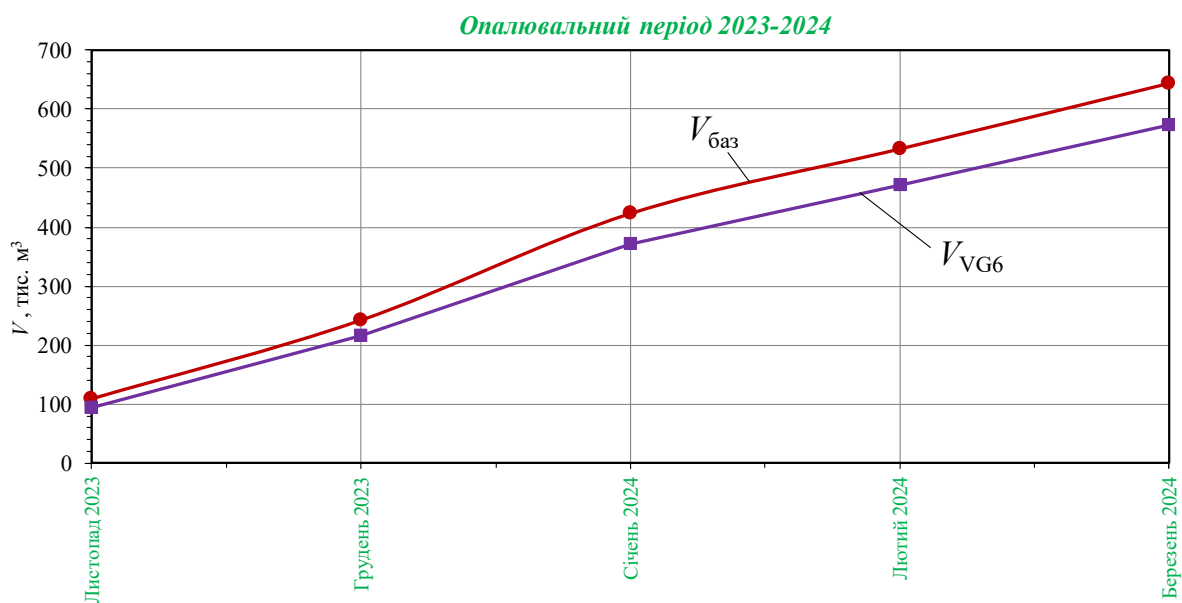


Рис. 4.8. Залежності споживання природного газу котлами за 2023-2024 опалювальний період.

Отримані значення скорочення споживання палива котлами є досить суттєвими, що свідчить про актуальність та перспективність застосування такого заходу як перехід модуляційне регулювання навантаження на пальник котла в залежності від температури зовнішнього повітря та доводять економічну доцільність впровадження даного технічного рішення для підвищення енергоефективності теплоенергетичної установки.

Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

КР.144.6241мх.06.04.ПЗ

Лист

68

4.2. Фінансово-економічна оцінка ефективності впроваджених технічних рішень.

У сучасних умовах підвищення економічної ефективності виробництва та раціонального використання енергетичних ресурсів набуває особливої актуальності. Фінансово-економічна оцінка впроваджених технічних рішень є ключовим елементом комплексного аналізу результативності модернізаційних заходів у теплоенергетичній галузі. Дослідження передбачає всебічну оцінку економічної доцільності запропонованих технічних рішень, визначення їх впливу на експлуатаційні витрати, потенціал енергозбереження та терміни окупності інвестицій. Методологія оцінки базується на порівняльному аналізі показників до та після впровадження технічних удосконалень, враховуючи як прямі фінансові результати, так і опосередковані ефекти у вигляді підвищення надійності, екологічності та ресурсоефективності теплоенергетичної установки.

Для оцінки ефективності застосування модуляційного регулювання пальників котлів було виконано економічний аналіз для умов експлуатації котельної в м. Херсоні. При розрахунках економії коштів, що пов'язані із скороченням споживання природного газу враховано, що тариф на газ складає 12,0 грн/м³ відповідно до даних ТОВ "Нафтогаз" для споживачів. Валютний курс для долару США прийнято 41,0 грн/дол.

Розрахунок коштів, які можна зекономити за рахунок скорочення витрати палива (природного газу) по місяцях для трьох останніх опалювальних періодів представлено на рис. 4.9–4.10. Можна побачити, що найбільший економічний ефект відповідає другому та третьому місяцям опалювального періоду: грудню та січню. При цьому економія коштів відповідно до місяця складе 105–320 тис. грн (2,6–7,8 тис. дол. США).

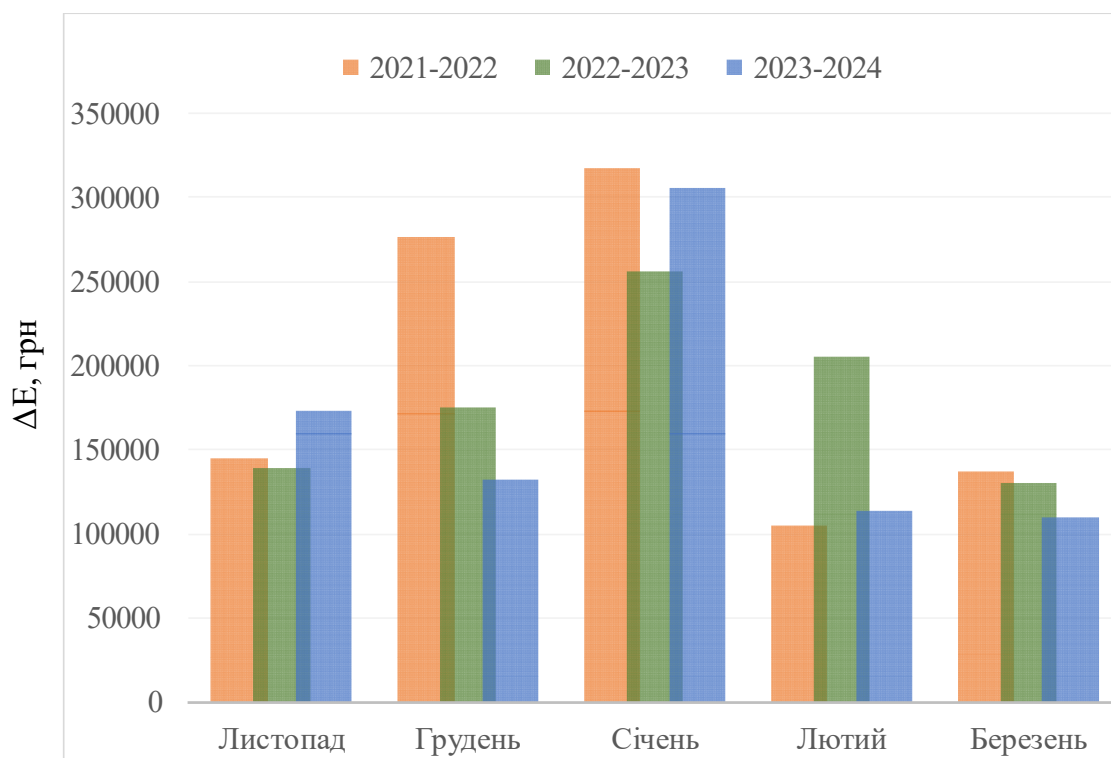


Рис. 4.9. Економія коштів від скорочення витрати природного газу котлами по місяцях для трьох останніх опалювальних періодів (грн).

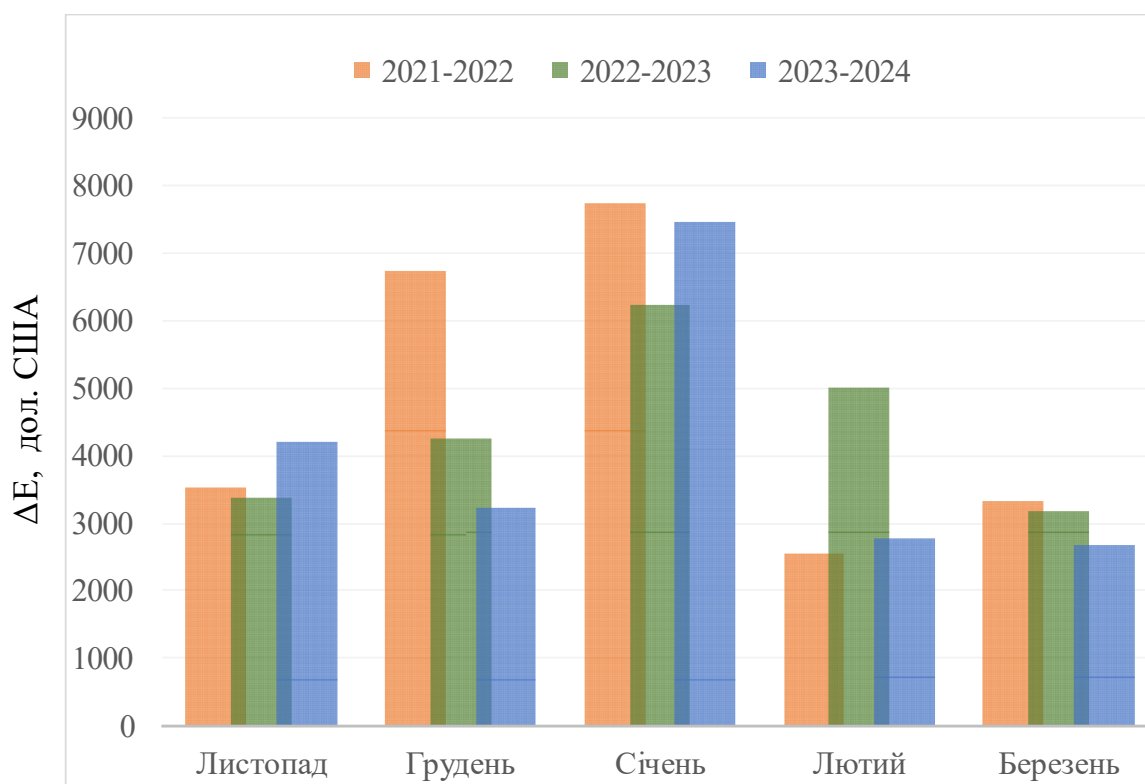


Рис. 4.10. Економія коштів від скорочення витрати природного газу котлами по місяцях для трьох останніх опалювальних періодів (дол. США).

Аналіз сумарного скорочення витрати природного газу по роках показує, що за рахунок застосування модуляційного регулювання пальників котлів в залежності від температури зовнішньої повітря складає 70–82 тис. м³ на рік (рис. 4.11), що відповідає 10,8–11,5% в порівнянні із базовим варіантом з двоступінчастим регулюванням (рис. 4.12). При цьому економія коштів складає 835–980 тис. грн на рік (рис. 4.13) або 20,3–23,9 тис. дол. США (рис. 4.14).

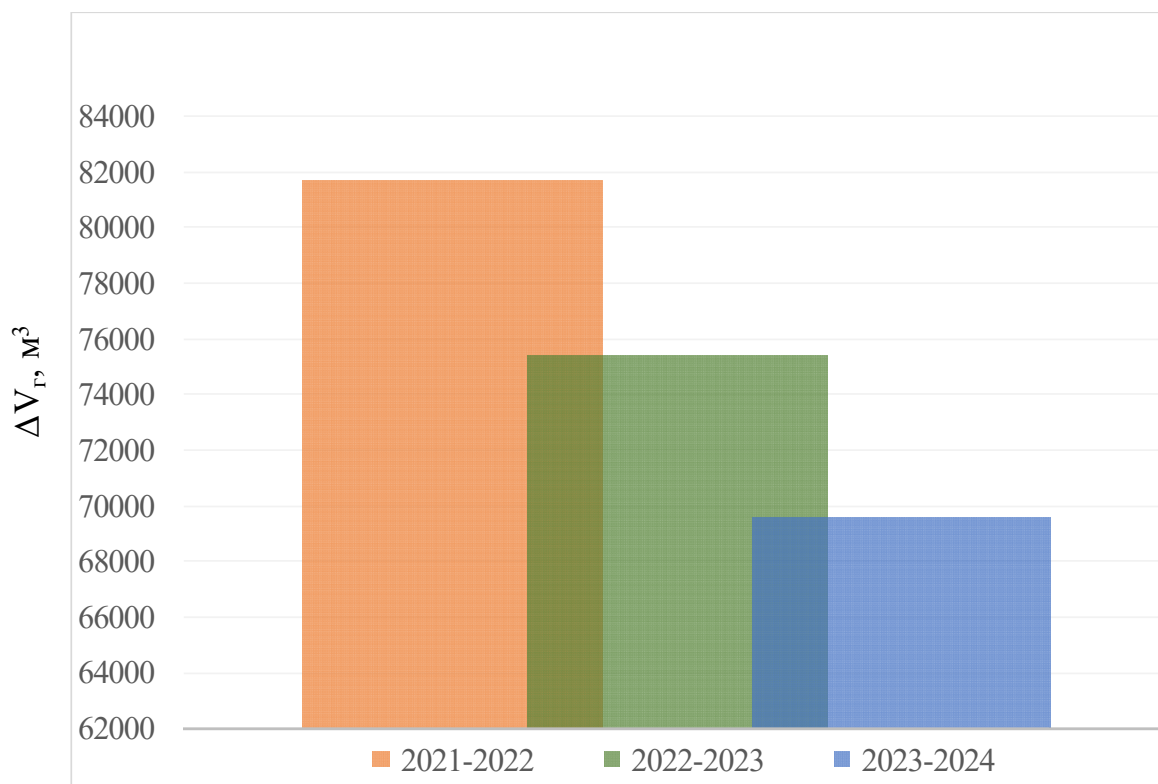


Рис. 4.11. Скорочення витрати природного газу за 2021-2024 роки (три опалювальні періоди).

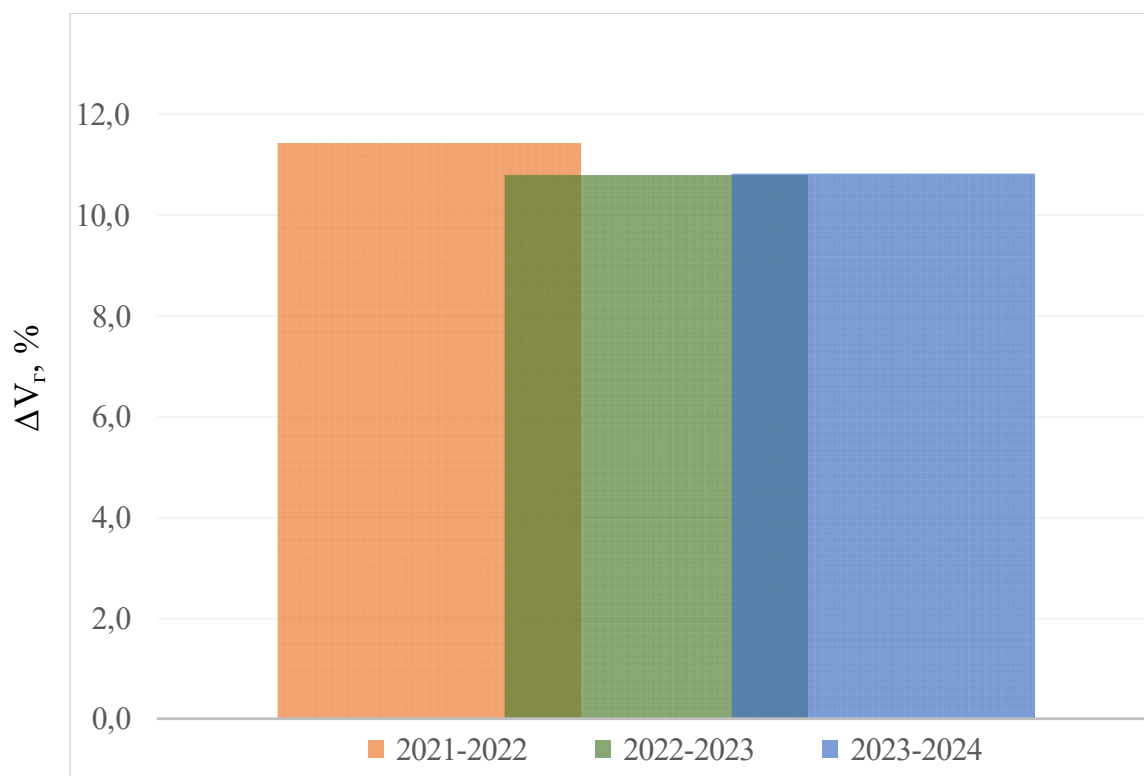


Рис. 4.12. Відносне скорочення витрати природного газу за 2021-2024 роки (три опалювальні періоди).

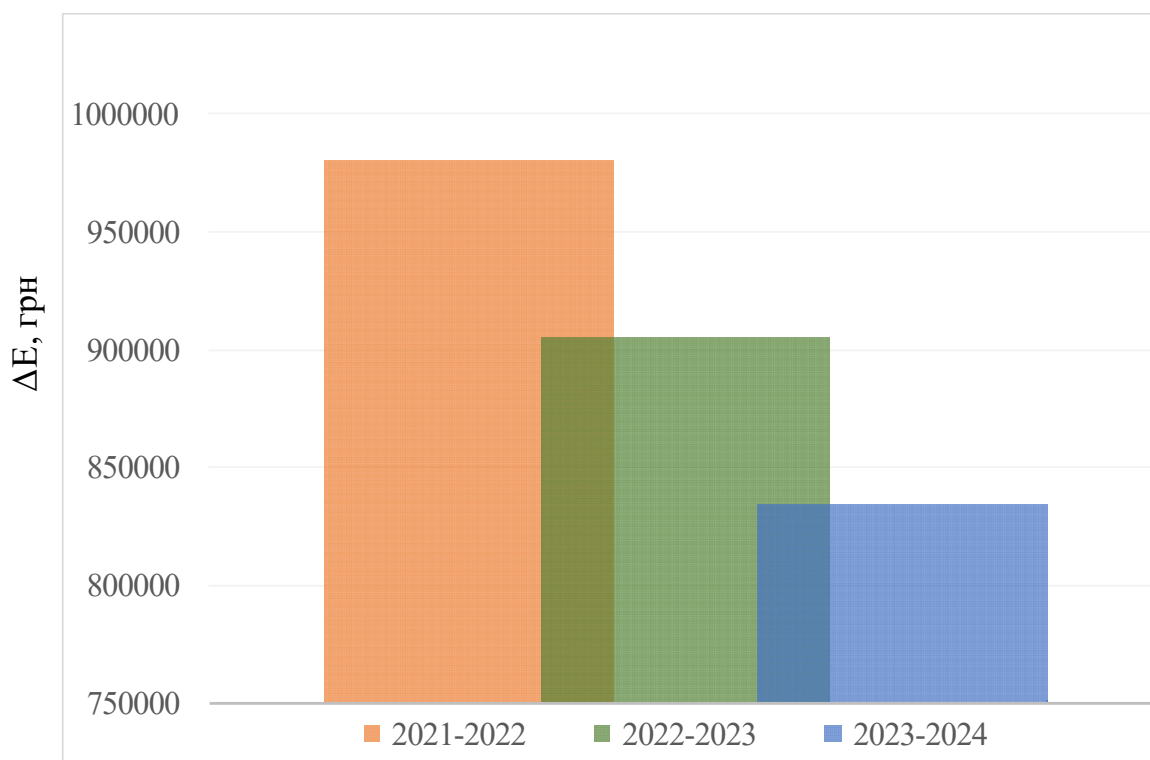


Рис. 4.13. Економія коштів за рахунок скорочення витрати природного газу за 2021-2024 роки (грн).

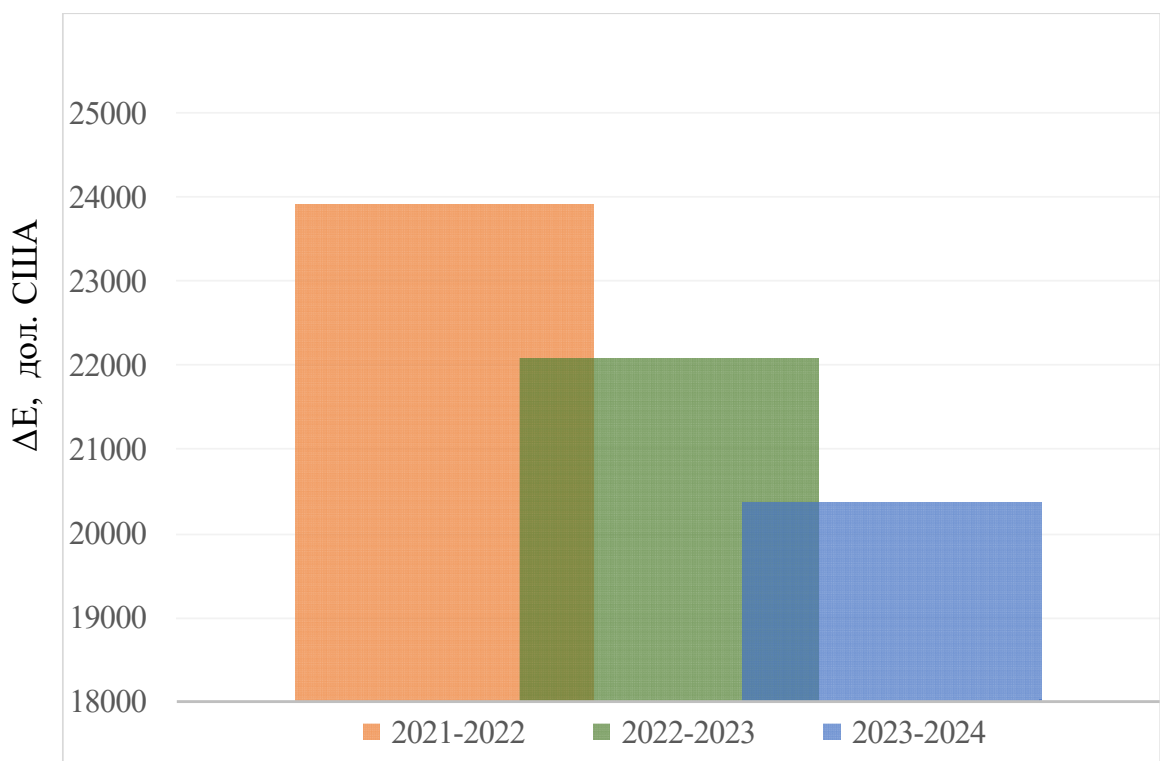


Рис. 4.14. Економія коштів за рахунок скорочення витрати природного газу за 2021-2024 роки (дол. США).

4.3 Висновки по розділу 4

1) Економічний аналіз впровадження модуляційного регулювання пальників котлів виявив значний фінансовий ефект, особливо в зимові місяці (грудень-січень), де місячна економія коштів становить 105-320 тис. грн (2,6-7,8 тис. дол. США).

2) Сумарне скорочення витрат природного газу за рахунок модуляційного регулювання складає 70-82 тис. м³ на рік, що становить 10,8-11,5% порівняно з базовим двоступеневим режимом роботи

3) Щорічна фінансова економія від впровадженого технічного рішення досягає 835-980 тис. грн (20,3-23,9 тис. дол. США), що підтверджує високу ефективність та перспективність застосування модуляційного регулювання пальників залежно від температури зовнішнього повітря.

4) Отримані результати демонструють не лише значний економічний ефект, але й потенціал для подальшої оптимізації енергоспоживання та зниження експлуатаційних витрат у теплоенергетичній галузі.

					КР.144.6241мх.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		74

					КР.144.6241мх.06.05.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
					Охорона праці	Літ.	Арк.
Студент		Нефьодов О.С.					Аркушів
Керівник		Кобалава Г.О.					
Консульт.						НУК	

5. ОХОРОНА ТА БЕЗПЕКА ПРАЦІ

5.1. Організація експлуатації електроустановок.

Обслуговування електроустановок, проведення в них оперативних перемикань, організацію та проведення ремонтних, монтажних або налагоджувальних робіт та випробування здійснюються спеціально підготовленим електротехнічним персоналом, що пройшов перевірку знань в обсязі, обов'язковому для даної роботи і мають кваліфікаційну групу з електробезпеки, передбачену «Правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (НПАОП 40.1-1.21-98).

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений усіма необхідними засобами захисту, що забезпечують безпеку його роботи відповідно до вимог «Правил експлуатації електрозахисних засобів» НПАОП 40.1-1.07-01.

Відповідальність за експлуатацію електроустановок несе особа, призначена з числа ІТП відповідно до п.1.3.1. «Правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (НПАОП 40.1-1.21-98). При експлуатації електроустановок необхідно дотримуватись вимог пожежної безпеки, викладені в НАПБ А.01.001-14 «Правила пожежної безпеки в Україні».

5.2. Захисні заходи. Заземлення, зрівнювання потенціалів.

Згідно ДСТУ Б В.2.5-38:2008 доповнення "А" п. 7 - у зв'язку з тим, що будівля котельні II ступені вогнестійкості вона не підлягає обов'язковому блискавкозахисту.

Згідно ДСТУ Б В.2.5-38:2008 доповнення "А" п. 12 димові труби вище 15м в не залежності від числа N відносяться до III рівня блискавкозахисту. Для захисту від прямих ударів блискавки металевих димових труб $h = 30,4\text{м}$,

					КР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		76

проектом передбачається встановлення в верхній частині металевої рами кріплення димових труб блискавкоприймача зі сталеві труби та сталі круглої Ф20мм, як струмовідвід, передбачається використання металевий корпус труби, нижня частина якої приєднується до контуру заземлення.

Для зрівнювання потенціалів всередині приміщення котельні проектом передбачається використання внутрішнього контуру заземлення котельні, який з'єднується з проєктованим зовнішнім контуром заземлення котельні.

Металеві корпуси технологічного обладнання, стаціонарно прокладених трубопроводів, будівельні металоконструкції приєднуються до ГЗШ. Приєднання до обладнання виконується шляхом зварювання або на болту, доступним для огляду. Заземлюючий болт оснащується пристосуванням для запобігання само відгвинчування.

Згідно ПУЕ п.1.7.84 основна система зрівнювання потенціалів повинна з'єднувати між собою наступні провідні частини:

- РЕ (PEN) - провідники електроустановки;
- заземлюючий провідник внутрішнього контуру заземлення котельні;
- металеві труби комунікацій (газопровід, водопровід, теплотраса і т.д.) Якщо трубопровід має ізольовану вставку на вводі в будинок, то до основної системи зрівнювання потенціалів приєднується тільки та частина трубопроводу, яка знаходиться з боку будівлі відносно ізолюючої вставки;
- металеві частини будівельних металоконструкцій. Опір заземлюючого пристрою в будь-який час року не повинно перевищувати 4 Ом.

Відповідно до НПАОП 40.1-129-97 «Правилами захисту від статичної електрики» захист від статичної електрики забезпечується приєднанням корпусів технологічного обладнання до заземлювального пристрою котельні.

5.3. Сигналізація котельні.

Цей розділ проєкту виконаний відповідно до вимог ДБН В. 2.5-77:2014 «Котельні», НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском», а також на підставі завдання сантехнічної групи.

Проєкт містить рішення по оснащенню засобами контролю, управління і автоматизації основного і допоміжного обладнання котельні яка працює без постійного обслуговуючого персоналу.

Проєктом передбачається установка в приміщенні котельні трьох газових котлів Viessmann VITOROND 200 тепловою потужністю 1100 кВт (3шт).

Автоматика безпеки котлів виконана в обсязі заводу-виробника і поставляється комплектно з обладнанням.

Водогрійні котли "Viessmann VITOROND 200" комплектується: на ведучому котлі встановлюється контролер каскаду "VITOTRONIC 300" CM1E, на двох ведених котлах встановлюються контролери "VITOTRONIC 100".

Контролери включають в себе наступні елементи управління і регулювання роботи водогрійного котла: сітка спостереження, головний вимикач, вимикач циркуляційного пристрою, термометр котла, що регулює датчик температури котла, датчик температури зворотної води T2, датчик температури димових газів, датчики тиску води в котлі, датчик температури димових газів, запобіжний термостат.

Системою автоматики передбачається аварійне відключення котла за такими параметрами:

- перевищення температури води на виході з котла (захисний обмежувач температури);
- перевищення максимально допустимого тиску в котлі (реле тиску з блокуванням);

					КР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		78

- зниження мінімального допустимого тиску в котлі (реле тиску з блокуванням);
- перевищення максимально допустимої температури димових газів.

Спрацьовування пристроїв безпеки призводить до блокування пальника. Повторний запуск пальника можливе тільки після втручання обслуговуючого персоналу.

Автоматичне регулювання теплопродуктивності здійснюється системою автоматики за сигналами термометра опору встановленого на штуцері вихідної лінії, який контролює температуру води на виході з котла. Регулювання подачі газу та повітря на горіння здійснюється за допомогою електричного виконавчого механізму (серводвигуна), механічно пов'язаного з повітряної й газової дросельними заслінками.

Проектом передбачається встановлення на ведучому котлі контролера "VITOTRONIC 300K CM1E" з платою модуля розширення 2-го контура системи опалення.

Контролер VITOTRONIC 300K CM1E призначений для каскадного управління двома веденими котлами "Viessmann VITOROND 200" з контролерами "VITOTRONIC 100".

Управління буде відбуватися за допомогою заданого алгоритму – регулювання температури в подавальному трубопроводі системи опалення за сигналами датчиків зовнішньої температури повітря и температури на подаючому трубопроводі від котлів.

Також контролер здійснює управління сервоприводом триходового змішувального клапана системи опалення і мережевими насосами системи опалення.

Каналом зв'язку LON, контролер VITOTRONIC 300K CM1E ведучого котла здійснює управління контролерами "VITOTRONIC 100", які встановлені на ведених котлах.

					КР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		79

Контролер VITOTRONIC 300K CM1E оснащується датчиками:

- датчик температури зовнішнього повітря;
- датчик температури котлової води;
- датчик температури на трубопроводі в систему опалення.

Для контролю заданих параметрів нормального режиму роботи обладнання котельні яка працює без постійного обслуговуючого персоналу, проектом передбачається установка пульта контролю роботи автономної газової котельні "Сигнал-1ДН".

Схема сигналізації Сигнал-1ДН контролює:

1. Перевищення температури води в загальному колекторі вище допустимої;
2. Зниження тиску води в трубопроводах перед насосами нижче допустимого;
3. Порушення електропостачання котельні;
4. Зниження температури повітря в приміщенні котельні;
5. Підвищення тиску газу вище допустимого;
6. Зниження тиску газу нижче допустимого;
7. Загазованість приміщення котельні при концентрації метану в повітрі вище 20%НКПВ;
8. Загазованість приміщення котельні при підвищенні мікроконцентрацій чадного газу вище допустимого значення - (0,005 об'ємних відсотків).
9. Спрацьовування пожежної сигналізації;
10. Спрацьовування охоронної сигналізації;
11. Аварійна зупинка кожного із трьох котлів;
12. Аварійна зупинка робочого мережевого насоса.

					КР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		80

5.4. Автоматизована система диспетчеризації інженерного обладнання.

Розробка проєктної документації на впровадження автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУ ТП) на котельні, що підлягає реконструкції. Проєкт для реконструкції котельні, виконано на підставі:

- технічного завдання на виконання проєктних рішень;
- завдань суміжних відділів;
- договору на виконання робіт.

Розділ проєкту розроблений у відповідності до діючих нормативних документів та виконує всі їх вимоги:

- ДСТУБ А.2.4-3-2009 «Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів»;
- СНиП 3.05.07-85 «Системи автоматизації»;
- ВСН 205-84 «Інструкція з проєктування електроустановок, систем автоматизації технологічних процесів»;
- НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок»;
- ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні»;
- ДБН В.2.5-20-2001 «Газопостачання».

Система призначена для автоматизованого диспетчерського управління та збору даних в котельні, і вирішує наступні завдання:

- обмін даними з промисловими контролерами в реальному часі через драйвери;
- обробка інформації в реальному часі;
- логічне керування;
- відображення інформації на екрані монітора в зручній і зрозумілій для людини формі;

					КР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		81

- ведення бази даних реального часу з технологічною інформацією;
- аварійна сигналізація і керування тривожними повідомленнями;
- підготовка та генерування звітів про хід процесу;
- здійснення мережевої взаємодії з ПК;
- забезпечення зв'язку із зовнішніми програмами (СУБД, електронні таблиці, текстові процесори і т. д.);
- ведення бази даних обслуговування обладнання, поточних, аварійних ремонтів.

Системою передбачається можливість дистанційного керування газовими котлами і електродвигунами насосів.

Метою створення системи управління є:

- забезпечення високої технологічної точності за рахунок зниження впливу людського фактору;
- оптимізація керування технологічним процесом;
- достовірний контроль за станом технологічного устаткування і діями оперативного персоналу;
- підвищення оперативності та достовірності одержуваної інформації про хід процесу і стану механізмів, документування технологічної та діагностичної інформації за рахунок розширення переліку контрольованих параметрів;
- зниження відмов та простоїв устаткування, скорочення часу і витрат на його ремонт, завдяки запобіганню аварійних ситуацій;
- створення загальної системи диспетчеризації.

Об'єктами автоматичного контролю є:

- тепломеханічне обладнання котельні;
- пристрої обліку;
- пристрої сигналізації.

Для водогрійних котлів передбачено візуальне відображення параметрів:

- температури води в загальному трубопроводі перед водогрійними котлами і на вході і виході з кожного котла (до запірної арматури);
- тиску води на виході з водогрійного котла;
- температури димових газів за котлом;
- тиску газоподібного палива перед пальниками;
- розрідження в топці;
- розрідження за котлом;
- вмісту кисню у відхідних газах (забезпечено переносним газоаналізатором).

5.5. Висновки по розділу 5.

Комплексний підхід до охорони та безпеки праці, що включає удосконалення систем електробезпеки, сигналізації та диспетчеризації, є запорукою створення безпечних умов праці, зниження ризиків аварійних ситуацій та підвищення загальної ефективності виробничих процесів.

					КР.144.6241мх.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		83

					КР.144.6241мх.06.06.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
					Заключний розділ			Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Нефьодов О.С.									
Керівник	Кобалава Г.О.									
Консульт.								НУК		
					84					

ВИСНОВКИ

1) Проведено аналіз кліматичних умов Херсона, які вимагають гнучких систем теплопостачання, здатних оперативно реагувати на коливання зовнішньої температури. Це обумовлює необхідність впровадження адаптивних систем регулювання потужності котельних установок.

2) У рамках дослідження розроблено та представлено концептуальну методологію моніторингу, яка передбачає комплексний підхід до збирання та аналізу гідрометеорологічних даних за конкретним регіоном. Методологія охоплює системні принципи збору експериментальної інформації, що дозволяє забезпечити достовірність та репрезентативність отриманих результатів.

3) Сучасні газові пальникові пристрої провідних виробників (Weishaupt, De Dietrich, Thermomatic, Elco) характеризуються високим рівнем автоматизації, широким діапазоном потужностей, низьким рівнем шуму та мінімальними викидами. Ключовими перевагами є плавне регулювання потужності, можливість роботи на різних типах палива та висока екологічність.

4) Економічний аналіз впровадження модуляційного регулювання пальників котлів виявив значний фінансовий ефект, особливо в зимові місяці (грудень-січень), де місячна економія коштів становить 105-320 тис. грн (2,6-7,8 тис. дол. США).

5) Сумарне скорочення витрат природного газу за рахунок модуляційного регулювання складає 70-82 тис. м³ на рік, що становить 10,8-11,5% порівняно з базовим двоступеневим режимом роботи

6) Щорічна фінансова економія від впровадженого технічного рішення досягає 835-980 тис. грн (20,3-23,9 тис. дол. США), що підтверджує високу ефективність та перспективність застосування модуляційного регулювання пальників залежно від температури зовнішнього повітря.

					КР.144.6241мх.06.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		85

7) Отримані результати демонструють не лише значний економічний ефект, але й потенціал для подальшої оптимізації енергоспоживання та зниження експлуатаційних витрат у теплоенергетичній галузі.

					КР.144.6241мх.06.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		86

ЛІТЕРАТУРА

1. Арсеньєва, О.П. и Бабаєв, В.М. и Білецький, І.В. и Блінов, І.В. и Гранкіна, В.В. и Планковський, С.І. и Плюгін, В.Є. и Романова, Т.Є. и Старостін, А.Ю. и Сухонос, М.К. и Телюра, Н.О. и Цегельник, Є.В. (2023) Системи централізованого теплопостачання з інтеграцією відновлювальних джерел енергії: монографія. Другой. ХНУМГ ім. О. М. Бекетова.

2. Хомишин В., Козак К. Аналіз систем теплопостачання житлових будівель. Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій», ТНТУ ім. І.Пулюя, 2019. С. 336-337.

3. Про Концепцію діяльності органів виконавчої влади у забезпеченні енергетичної безпеки України: Постанова Кабінету Міністрів України від 19.01.1998 р. № 48 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/48-98-%D0%BF>.

4. Теплозабезпечення великих міст України: поточний стан і напрями модернізації: кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, Є. І. Котлярова; авт. кол.: Кизим М. О., Котляров Є. І., Хаустова В. Є., Салашенко Т. І., Красноносова О. М., Костенко Д. М., Крячко Є. М., Пономаренко Є. В., Рудика О. В., Хаустов М. М. Харків: ФОП Лібуркіна Л. М., 2021. 340 с.

5. Атаманчук В. В. Особливості розвитку систем теплопостачання й шляхи їх оптимізації. Містобудування та територіальне планування. 2009. Вип. 35. С. 25–33.

6. Енергозбереження в теплопостачанні: текст лекцій для студентів спеціальності «Теплоенергетика» [Електронний ресурс] / Автор М.Ф. Боженко. Вид. 2-е, перероб. і доп. Київ: НТУУ «КПІ», ТЕФ, 2015. 225 с.

7. Драганов Б.Х., Долінський А.А., Міщенко А.В., Письменний Є.М. (за ред. Б.Х. Драганова). Теплотехніка: Підручник. Київ: «ІНКОС». 2005. 504 с.

					КР.144.6241мх.06.00.ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

8. Яковчук П.Є., Цяпа В.Б., Комаров В.І., Крохмальний Б.І. Тепловий насос як елемент енергозбереження. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2008. № 615: Електроенергетичні та електромеханічні системи. С. 194-200.

9. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку: навчальний посібник / В. М. Арсеньєв, С. С. Мелейчук. Суми: Сумський державний університет, 2018. 364 с.

10. Pattavina J. An Introduction Heat Pumps. Technical Report. 2023. 39 p.

11. International Energy Agency (IEA). Future of Heat Pumps. 2021. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4713780d-c0ae-4686-8c9b-29e782452695/TheFutureofHeatPumps.pdf> (дата звернення: 04.09.2023).

12. Цибулько, А. Новий освітній простір. Енергоефективність. Інформаційний посібник. 2019, 42 с.

13. Державні будівельні норми України. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_27_2010/5-1-0-929

14. Програма Meteomanz [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://meteomanz.com/>

15. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Газопостачання. ДБН В.2.5-20-2001 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://dbn.at.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-360>

16. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. ДБН В.2.5-39:2008 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://dbn.at.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-204>

17. Державні будівельні норми України. Опалення, вентиляція та

					КР.144.6241мх.06.00.ПЗ	Лист
						88
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

кондиціонування. ДБН В.2.5-67:2013 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://minregion.gov.ua/attachments/files/bydivnitstvo/texnichne-regulyuvannya/normuvannja/DBN/2014/DBN_V.2.5-67_2013.pdf

18. Про заходи з модернізації систем теплопостачання Постанова Кабінету Міністрів України від 20.05.2009 р. № 682 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/682-2009-п>

19. Про заходи щодо ефективного використання газу та інших паливно-енергетичних ресурсів в народному господарстві: Постанова Кабінету Міністрів України від 02.09.1993 р. № 699 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/699-93-%D0%BF>

20. Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу: Закон України від 05.04.2005 р. № 2509-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2509-15>

21. Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 11.02.1998р. №113/98ВР [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/113/98-вр>

22. Про невідкладні заходи щодо забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів: Указ Президента України від 28.02.2008 р. № 174/2008 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/174/2008>

23. Про оснащення житлового фонду засобами обліку та регулювання споживання води і теплової енергії: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.06.2008 р. № 838-р [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/838-2008-%D1%80>

24. Viessmann VITOROND 200. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.viessmann.ru/ru/zilye-zdania/gazovye-vodogrejnnye->

					КР.144.6241мх.06.00.ПЗ	Лист
						89
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

kotly/nizkotemperaturnye-gazovye-vodogrejnye-kotly/vitorond-200.html

25. Мандрика В.А. Підвищення еколого-економічної ефективності комунального теплопостачання шляхом використання теплових насосів. Механізм регулювання економіки, № 4, 2017. С. 201-210.

26. MITSUBISHI ELECTRIC AW-HT (Y) 0152. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://m-info.ua/ru/mitsubishi-electric-aw-ht-y-0122-0302-38-102-kvt/>

27. Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 11.02.1998р. №113/98ВР [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/113/98-вр>

28. Про невідкладні заходи щодо забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів: Указ Президента України від 28.02.2008 р. № 174/2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/174/2008>

					КР.144.6241мх.06.00.ПЗ	Лист
						90
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		