

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра “Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент”

«Допущено до захисту»
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
канд. техн. наук., професор
_____Петро ПЛЄШКОВ
«___» _____2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ
ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему

«Аналіз енерговитрат адміністративно-
побутового корпусу підприємства крафтового
виробництва хлібопродуктів та їх мінімізація»

Виконав здобувач вищої освіти
2 курсу магістратури, групи ЕЕ-23М
ОПП «Енергетичний менеджмент»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____Віталій ЗДОБНОВ
«___» _____2024 р.

Керівник роботи
канд. техн. наук, професор
_____Анатолій ОРЛОВИЧ
«___» _____2024 р.
Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Плешков П.Г.

« » 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Здобнова Віталія Костянтиновича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Аналіз енерговитрат адміністративно-побутового корпусу підприємства крафтового виробництва хлібопродуктів та їх мінімізація
Analysis of energy consumption in the administrative and amenity building of a craft bakery enterprise and its minimisation

2. Керівник роботи (проекту) Орлович Анатолій Юхимович, канд. техн. наук., професор

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) Метою даної аналіз шляхів підвищення енергетичної ефективності адміністративної будівлі, розробки технічних і організаційних рішень для мінімізації енерговитрат з урахуванням економічної доцільності та екологічних аспектів адміністративно-побутового корпусу підприємства крафтового виробництва хлібопродуктів.

Завданням є визначити основні джерела енергозатрат та розробити пропозиції щодо технічних рішень оптимізації енергоспоживання (включаючи модернізацію впровадження енергозберігаючих заходів на екологічний стан).

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>к.т.н, доц. Савеленко І.В.</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>4.10.24</i>	
2	<i>Проблеми з питань енергозбереження в нежитлових будівлях</i>	<i>14.10.24</i>	
3	<i>Дослідження рентабельності та оптимізації опалювальної системи адміністративної будівлі</i>	<i>5.11.24</i>	
4	<i>Обґрунтування ефективності застосування централізованої системи опалення адміністративного корпусу</i>	<i>18.11.24</i>	
5	<i>Особливості конструктивних рішень сучасної системи опалення адміністративно-побутового корпусу</i>	<i>21.11.24</i>	
6	<i>Охорона праці в системах електропостачання адміністративно-побутових споживачів</i>	<i>25.11.24</i>	
7	<i>Висновки</i>	<i>28.11.24</i>	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	<i>03.12.24</i>	
9	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>05.12.24</i>	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2024 р.

Підпис керівника _____

Анатолій ОРЛОВИЧ

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2024 р.

Підпис здобувача _____

Віталій ЗДОБНОВ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 88 с.; 29 рис.; 8 табл.; 21 джерело

Здобнов В. Аналіз енерговитрат адміністративно-побутового корпусу підприємства крафтового виробництва хлібопродуктів та їх мінімізація. – Рукопис.

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – ОПП «Енергетичний менеджмент». – Центральноукраїнський національний технічний університет. – м. Кропивницький, 2024 р.

Мета і завдання кваліфікаційної роботи зводиться до аналізу шляхів підвищення енергетичної ефективності адміністративної будівлі, розробки технічних і організаційних рішень для мінімізації енерговитрат з урахуванням економічної доцільності та екологічних аспектів адміністративно-побутового корпусу підприємства крафтового виробництва хлібопродуктів.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання: визначити основні джерела енергозатрат та розробити технічні рішення оптимізації енергоспоживання.

Показали вибір відповідного обладнання та технологій, що забезпечать мінімальні енергетичні витрати та максимальну ефективність в конкретних умовах. Детально проаналізовано конструктивні особливості піролізного котла та його переваги для використання в системах опалення адміністративно-побутового корпусу. Також було проведено порівняння ефективності цього котла з іншими типами опалювальних джерел.

Ключові слова: енергоефективність, енергоносії, теплопостачальні системи, піролізний котел, термозмішувальний вузол, мікроклімат будівлі

THE SUMMARY

Zdobnov V. Analysis of energy consumption in the administrative and amenity building of a craft bakery enterprise and its minimisation.

Specialty 141 – "Electric power, electrical engineering and electromechanics".
– "Electrical power consumption systems". – Central Ukrainian National Technical University. – Kropyvnytskyi, 2024

The purpose and objectives of the qualification work are to analyze ways to increase the energy efficiency of the administrative building, develop technical and organizational solutions to minimize energy costs, taking into account the economic feasibility and environmental aspects of the administrative and household building of the enterprise for the production of craft bread products.

To achieve the set goal, the following tasks were solved: to identify the main sources of energy costs and develop technical solutions for optimizing energy consumption.

The selection of appropriate equipment and technologies that will ensure minimal energy costs and maximum efficiency in specific conditions was shown. The design features of the pyrolysis boiler and its advantages for use in heating systems of the administrative and household building were analyzed in detail. The efficiency of this boiler was also compared with other types of heating sources.

Keywords: energy efficiency, energy carrier, heat supply systems, pyrolysis boiler, thermal mixing unit, building microclimate

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМИ З ПИТАНЬ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В НЕЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ	11
1.1 Напрями з підвищення енергоефективності будівель	11
1.2 Особливості конструктивних рішень сучасних систем опалення будівель .	
Класифікація систем опалення	16
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ	31
2.1 Основні теплоенергетичні параметри роботи систем опалення	31
2.2 Обґрунтування ефективності застосування централізованої системи опалення адміністративного корпусу	33
2.3 Вартісна оцінка впровадження та експлуатації децентралізованих систем опалення на різних видах палива.....	40
2.4 Аналіз впливу роботи котелень на довкілля за умови використання різних видів палива.....	44
2.5 Методика зіставлення проектних рішень систем опалення.....	59
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ АДМІНІСТРАТИВНО-ПОБУТОВОГО КОРПУСУ	54
3.1 Розробка рекомендацій щодо мінімізації енерговитрат.....	54
3.2 Рекомендації щодо система регулювання опалення	57
3.3 . Вибір джерела теплової енергії для адміністративно-побутового корпусу..	61

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АДМІНІСТРАТИВНО-ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ	73
4.1. Безпечній експлуатація технологічного обладнання	74
4.2. Електробезпека. Технічні заходи для запобігання електротравматизму під час штатної експлуатації установок	76
4.3. Технічні заходи по забезпеченню промисловій санітарії.....	79
 ВИСНОВКИ	 84
 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	 88

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І ТЕРМІНІВ

Основні позначення:

втр – втрати;

вік – вікно;

дв – двері;

ст – стіна;

пас – пасивна;

в – вентиляція;

заг – загальні;

ср.м – середньомісячна;

о – опалення;

гв – гаряче водопостачання;

х.в – холодна вода;

г.в – холодна вода;

кол – колектор;

бак – бак - акумулятор;

із – ізоляція.

в – буферна зона;

а – навколишнє середовище;

д – житлова зона

Основні скорочення:

ПС – пасивна система сонячного опалення;

ГВП – гаряче водопостачання;

СК – сонячний колектор для нагрівання води;

БЗ – буферна зона;

ЖЗ – житлова зона;

К – капіталовкладення в пасивну систему опалення;

Вступ

Україна залишається однією з енергозалежних держав Європи, яка використовує понад 50% імпортованих ресурсів у загальному енергетичному балансі. Це зумовлено не лише нестачею власних енергоресурсів нашої держави, але й недостатньо ефективним їх застосуванням, що створює загрозу стратегічним інтересам країни. Вирішення проблеми підвищення енергоефективності стає одним із пріоритетів в умовах сьогоденної енергетичної кризи.

Одним з факторів є й збільшення вартості ціни на енергоносії, що спостерігалось останнім часом, підкреслює актуальність питання енергоефективності будівель житлово-комунального комплексу, адміністративних і господарських приміщень. Це особливо помітно для власників бізнесів, приватних домогосподарств, які одразу відчують фінансове навантаження на власний бюджет. Покращення енергоефективності включає суттєве зниження витрат на комунальні послуги. Одночасно відбувається збереження паливно-енергетичних ресурсів країни та скорочення обсягів шкідливих газів у повітрі завдяки використанню менших кількостей енергоносіїв.

Отже, вирішення проблеми пошуку способів підвищення енергоефективності малих бізнесів залишається дуже важливим. Не менш актуальним є правильний вибір найкращого варіанту для кожної конкретної споруди, що вимагає здійснення техніко-економічного оцінювання запропонованих заходів енергозбереження.

Насичення імпортного обладнання, систем і технологій, що допомагають забезпечити комфортний мікроклімат створив перед споживачами дилему вибору. Питання вибору певної енергоефективної системи досліджуального об'єкту потребує проекту технічного рішення і економічного обґрунтування.

Мета та завдання дослідження зводиться до аналізу шляхів підвищення енергетичної ефективності адміністративної будівлі, розробки технічних і

організаційних рішень для мінімізації енерговитрат з урахуванням економічної доцільності та екологічних аспектів адміністративно-побутового корпусу підприємства крафтового виробництва хлібопродуктів. Завданням дослідження є визначити основні джерела енергозатрат та розробити пропозиції щодо технічних рішень оптимізації енергоспоживання (включаючи модернізацію впровадження енергозберігаючих заходів на екологічний стан).

Об'єктом дослідження є система теплопостачання адміністративно-побутового корпус підприємства крафтового виробництва хлібопродуктів.

Предмет дослідження – структура та особливості енергоспоживання адміністративно-побутового корпусу на потреби теплопостачання, а також технічні та організаційні рішення, спрямовані на підвищення енергоефективності та мінімізацію енерговитрат.

Основні наукові результати роботи: за темою роботи опубліковані тези у збірнику Всеукраїнської науково-практичної конференції.

Основні практичні результати: показана доцільність застосування твердопаливного котла у системі опалення приватного підприємства, надані економічні та технічні аспекти використання.

Основні наукові результати роботи:

1. Використання системи опалення на базі піролізного котла є сучасним інноваційним рішенням децентралізованого опалення, має мінімальний вплив на довкілля, одночасно забезпечує комфортні умови для перебування людей у адміністративних і побутових приміщеннях.

2. При виборі системи опалення або реконструкції існуючої маємо враховувати надійність самої системи, енергобезпеку, енергонезалежність, як наслідок надійність праці та зменшення викидів CO_2 .

3. Результати аналізу підтверджують необхідність вибору палива залежно від економічних можливостей підприємства, технічних вимог та екологічних міркувань.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМИ З ПИТАНЬ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В НЕЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ

1.1 Напрями з підвищення енергоефективності будівель

На даному етапі розвитку технологій, спрямованих на підвищення ефективності використання енергоносіїв, основним фактором у напрямку енергозбереження в будівлях є збереження теплової енергії. Це пояснюється тим, що витрати на теплозабезпечення значно більші за витрати на освітлення, електропостачання та вентиляцію. Оскільки економія теплової енергії має вирішальне значення, її впровадження суттєво впливає на ефективність роботи інших енергетичних систем у будівлі.

Існує безліч інженерних рішень, матеріалів та технологій для досягнення високої ефективності використання енергоносіїв у будівлях. Важливо вивчити теоретичний матеріал, який надає базову інформацію і допомагає правильно вибирати ефективні методи енергозбереження в різних типах будівель.

Системи теплопостачання є одними з найбільш енергоємних. Тому все частіше впроваджуються програми енергоощадності, а також нові технології та проекти для зниження енергоємності в житлових комплексах, з метою покращення енергоефективності систем теплопостачання. Основними заходами для зменшення витрат на теплопостачання будівель є: утеплення зовнішніх стін, дахових перекриттів, підвалів; модернізація або ущільнення вікон і дверей; зменшення площі скління конструкцій; установка теплоізоляційних рефлекторів за опалювальними приладами; застосування технологій для регулювання температури в приміщеннях у нічний та неробочий час, що дозволяє знизити споживання тепла на 5–10 %; встановлення ефективного теплообмінного обладнання в теплопунктах; а також впровадження систем моніторингу теплопостачання.

Ключовим кроком для модернізації систем теплопостачання є установка приладів обліку теплової енергії. Це дозволяє обґрунтувати майбутні

енергозберігаючі проєкти, а також здійснювати моніторинг споживання енергоносіїв і виявляти надмірні витрати. Обсяг споживання тепла залежить від геометрії будівель, їхніх теплоізоляційних характеристик і режиму використання тепла для підтримки належного температурного комфорту в приміщеннях.

Стратегічним напрямком розвитку сучасних технологій в країні, зокрема й у сфері будівництва, є зниження енергоспоживання. У контексті енергозбереження будівель особливу увагу приділяють поліпшенню теплоізоляції їхніх огорожувальних конструкцій, що допомагає знизити втрати тепла і підвищити енергоефективність будівельних об'єктів.

Енергетичну ефективність будівель означає зменшення споживання енергії при збереженні того ж самого рівня надання послуг. Щоб визначити інтегральний показник енергоефективності будівлі: слід річне енергоспоживання поділити на загальну площу споруди. Так, українські нормативи максимальних теплових витрат становлять 30-40 кВт·год/м², що можна співставити з європейськими стандартами. Тоді як фактичне споживання енергії більшості приватних побутових і житлових приміщень в Україні частіше перевищує 200 кВт·год/м². Для прикладу: фактичне споживання енергії таких об'єктів у Польщі становить 160 кВт·год/м², у Німеччині – 100 кВт·год/м², у Швеції – 60 кВт·год/м². Чітко помітно, наскільки суттєво відрізняється фактичний стан енергоспоживання України від заданих нормативними стандартів. Водночас це підкреслює великий резерв у сфері енергозбереження та відкриває можливості значного покращення енергоефективності за умови впровадження комплексних заходів. Певних результатів у цьому напрямку досягла Швеція. Основним трендом сучасної будівельної галузі є створення "пасивних" будинків та споруд з високим рівнем енергетичної ефективності. Енергоефективні будівлі вже є стандартом [1].

Модель так званого «пасивного» будинку передбачає зменшення річних витрат на опалення до 15 кВт·год/м²·рік. Зазначимо риси такої будівлі, зверну

увагу, що деякі можливо виконати при новобудові: а саме, компактність та герметичність; вікна та профілі високої якості; підвищена теплова ізоляція (приведений коефіцієнт теплопередачі складає $0,15 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$); відсутність "містків холоду", вентиляція з рекуперацією тепла(зберігає щонайменше 75% тепла відпрацьованого повітря за рахунок роточного теплообмінника); використання відновлювані джерела енергії – геліосистеми або теплові насоси для підігріву води, сонячні панелі для генерації електроенергії. Джерелом тепла для таких будівель можуть бути комбіновані системи.

До енергоефективних заходів, які можуть забезпечити економію енергії в межах 30-70%, належать такі: комплексна енергетична модернізація; контроль за використанням енергетичних ресурсів; впровадження систем комбінованого енергозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії.

Основною метою впровадження енергозберігаючих заходів є зниження витрат на опалення будівель. У вирішенні цієї проблеми основна увага зосереджена не лише на новому будівництві, а й на модернізації існуючого житлового та громадського фонду, технічні характеристики якого не відповідають сучасним вимогам енергозбереження. Для зниження енергоспоживання в експлуатованих будівлях важливо підвищити вимоги до теплоізоляційних властивостей матеріалів огорожувальних конструкцій, а також впровадити опалювальні системи з регульованими тепловими режимами для оптимізації споживаної енергії. Поряд із дослідженням шляхів підвищення ефективності будівель, основним завданням є вибір найкращого варіанту серед усіх можливих в кожному конкретному об'єкті. Для цього необхідно здійснювати техніко-економічний аналіз різних варіантів термомодернізації. Доцільність реалізації повинна обґрунтовуватися розміром прогнозованого зниження витрат теплової енергії та відповідним зниженням фінансових витрат кожного окремо взятої приватної будівлі. Так, прогнозований рівень економії теплової енергії за рахунок здійснення окремих термомодернізаційних заходів показано на рисунку 1.1, у %.

	ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЙНИЙ ЗАХІД	ЕКОНОМІЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ
	УТЕПЛЕННЯ ЗАХИСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ (СТІН, ДАХУ, СУМІЩЕНОЇ ПОКРІВЛІ, ПЕРЕКРИТТЯ НАД ПІДВАЛОМ), НЕ ВКЛЮЧАЮЧИ ВІКНА	15 – 25 %
	ЗАМІНА ВІКОН НА ГЕРМЕТИЧНІ, З КРАЩИМ ОПОРОМ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ R	10 – 15 %
	МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ, ВКЛЮЧАЮЧИ РЕГУЛЮВАННЯ ЗА ПОГОДНИМИ УМОВАМИ І НАСОСНУ ЦИРКУЛЯЦІЮ	10 – 30 %
	КОМПЛЕКСНА МОДЕРНІЗАЦІЯ ВНУТРІШНЬОЇ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОПАЛЕННЯ, ВКЛЮЧАЮЧИ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРІВ НА ВСІХ ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДАХ, АВТОМАТИЧНИХ БАЛАНСУВАЛЬНИХ КЛАПАНІВ НА СТОЯКАХ, ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЮ ТРУБОПРОВІДІВ	10 – 25 %

Рисунок 1.1 – Можлива економія теплової енергії за рахунок впровадження певних заходів з термомодернізації

Досвід європейських країн показав ефективність впровадження програм з енергозбереження призводить до суттєвого зменшення споживання енергетичних ресурсів близько 30–40%. За оцінками експертів, реалізація проектів термомодернізації адмінбудинків в Україні могла б дозволити економити понад 30 тис. мВт/год щороку, що може сягати 7 мільярд грн [2].

Ефективних та зручних спосіб оцінки енергетичної ефективності будівель є тепловізійне обстеження для виявлення проблемних ділянок. Обстеження дає оптимальну картинку огорожуючи конструкцій конкретної будівлі. Результатом має бути є термограма будівлі, які наочно демонструють розподіл температур по поверхні. Термограма дозволяє швидко виявити ділянки з підвищеними тепловтратами. Приклад термограми приватної окремо стоячої будівлі покажемо на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Приклад термограми адмінбудівлі [3]

Особливо важливим кроком є встановлення приладів обліку теплової енергії, оскільки це є основою для подальших проєктів з енергозбереження. Такі технології дозволяють моніторити споживання енергоресурсів і виявляти можливі випадки надмірних витрат. Споживання тепла для опалення, зафіксоване приладами обліку, залежить від геометрії будівель, характеристик їх огорожувальних конструкцій та режимів обігріву для підтримки оптимального комфорту в приміщеннях.

Стратегічним напрямком розвитку технологій у будівництві є скорочення споживання енергоресурсів, а важливим аспектом енергозбереження в будівлях є підвищення рівня теплозахисту огорожувальних конструкцій.

Покращення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій потребує значних витрат фінансових, матеріальних і трудових ресурсів. Тому роботи з утеплення мають виконуватись лише після створення відповідного проєкту.

У міжнародній практиці будівництва модернізація будівель, зокрема посилення теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій, є поширеним явищем. Це обумовлено регулярним оновленням нормативних вимог у напрямку їх посилення та швидкою імплементацією нових стандартів. Сучасні технології зосереджені на відновленні втрачених через експлуатацію теплозахисних властивостей будівель, а також на удосконаленні методів

утеплення конструктивних елементів і стиків, що не відповідають сучасним технічним вимогам, закладеним у застарілих проєктах.

1.2 Особливості конструктивних рішень сучасних систем опалення будівель . Класифікація систем опалення

Для більшості великих європейських централізованих систем теплопостачання характерним є використання кількох джерел тепла для забезпечення потреб опалення. Ці джерела можна умовно поділити на дві основні категорії: установки базового навантаження, які мають великі капітальні витрати, але відрізняються низькою вартістю первинного палива. До таких установок відносяться: комбіновані установки для виробництва тепла і електроенергії; установки для спалювання твердих відходів; промислові теплоутилізаційні установки; установки для утилізації побічних продуктів сільського господарства (наприклад, спалювання соломи).

Установки для покриття пікових навантажень, що мають менші капітальні витрати, але високі витрати на паливо. До таких відносяться: котельні, що працюють на природному газі; котельні на світлих нафтопродуктах. У типовій західноєвропейській системі централізованого теплопостачання потужність установок базового навантаження складає близько 60 % від максимальної потужності системи. Такий рівень потужності дозволяє цим установкам забезпечувати до 90 % річного споживання тепла.

Окрім теплообмінників, термостатичних і балансових вентилів, ключовими компонентами сучасної схеми споживчих установок є циркуляційний насос, система підтримки перепаду тиску, регулювальний клапан з приводом, регулятори і датчик; розширювальна система, лічильник енергії та контролер опалення.

Вартість опалення на сьогодні займає значну частину всіх витрат кожного господарства. Тому актуальне питанням - зменшення теплових втрат будівлі, і як наслідок зменшення фінансових витрат. Це передбачає поліпшення стану

теплотрас, трубопроводів, усунення аварійних ситуацій, заміна неефективного обладнання з низьким коефіцієнтом корисної дії. Очевидно, що значні теплові втрати є в під'їздах і приміщеннях через погану теплоізоляцію. Наочне обстеження систем опалення більшості об'єктів показало повну її не ефективність. Знос трубопроводів по країні досягає 50 – 70%. Будинки житлового і комунального фонду, що побудовані до 2000 року, мають погані теплозахисні характеристики і в порівнянні з сучасними будівельними стандартами потребують на опалення в 2 – 3 рази більше енергетичних ресурсів. Сьогодні ще є муніципальні заклади і міські будівлі, в яких працює система централізованого опалення: в школах, лікарнях, поліклініках, і вона виявляється недостатньо ефективною і нерентабельною через низку причин. Серед них - велика віддаленість від теплових мереж, необхідність регулярного обслуговування обладнання (відсутність обслуговуючого персоналу через мобілізацію), значна ймовірність аварій у критичні зимові місяці, щорічні труднощі з забезпеченням палива і недостатньою кількістю персоналу для роботи котелень (з тієї ж причини), втрати тепла під час його транспортування та в самих будівлях. Окремі виклики в опаленні мають також концертні зали, криті ринки, окремо стоячі офіси, спортзали, складські приміщення, великі торговельні точки .

Перехід на автономні системи опалення, де користувач сплачує лише за фактичне споживання, змушує більш відповідально ставитися до теплових втрат, прагнути до економії і обирати оптимальні режими для приміщень у процесі експлуатації. І враховуються аспекти, як надійність електроопалення, економічність, його мобільність (змога виключати у деяких приміщеннях взагалі або знижувати температури в нічний час і вихідні дні).

У житлових будинках і орендованих офісних приміщеннях в багатоповерхівках часто додатково встановлюють електроопалення до існуючої системи централізованого опалення. Така додаткова система є ефективною в міжсезоння, і у аварійних надзвичайних зимових випадках, якщо

централізована система не здатна підтримувати необхідний комфорт. Пряме стаціонарне електроопалення додатково забезпечує оптимальний температурний режим, а експлуатаційні витрати при цьому залишаються незначними.

Мікроклімат у приміщеннях постійно змінюється під впливом різних факторів тепломасообміну, що виникають через взаємодію з навколишнім середовищем, а також через антропогенні фактори, такі як виділення тепла, вологи, пилу, газів і інших елементів, пов'язаних з життєдіяльністю людей. Формування оптимального мікроклімату в приміщеннях має прямий вплив на комфорт людини, що є індивідуальним відчуттям, яке виникає при сприйнятті різних зовнішніх подразників, таких як температура, запахи, колір, освітленість, вібрація, звуки та інші фактори.

Основними фізичними параметрами, які визначають рівень енергоспоживання в приміщенні, є:

- середня температура повітря та її зміни протягом певного часу;
- середня температура всіх внутрішніх поверхонь приміщення;
- рівень вологості та санітарно-гігієнічні умови повітря в приміщенні.

Отже, діяльність людини відбувається в певній частині приміщення, яка називається робочою зоною. Усі системи, що приймають участь у формуванні мікроклімату разом з технологіями теплозахисту конструкцій, мають забезпечувати комфорт у названій зоні з мінімальним енергоспоживанням.

Комфортні умови визначаються такими, коли людина в робочій зоні не відчуває перегріву або переохолодження.

Кожна система опалення, призначена для підтримання в приміщеннях необхідної температури повітря, складається з трьох основних компонентів: теплового джерела, де теплоносію передається необхідна кількість енергії, мережі трубопроводів для переміщення теплоносія, а також опалювальних приладів, які передають тепло від теплоносія до повітря і конструкцій

приміщення. В системах опалення як теплоносієм використовують воду, водяну пару або повітря.

Вода, завдяки високій теплоємності та густині, дозволяє передавати значні обсяги тепла при невеликих кількостях, а також змінювати теплоємність шляхом підвищення або зниження температури. Для мінімізації енергетичних витрат її переміщення забезпечується при швидкостях не більше 3 м/с.

Перевага водяної пари як теплоносія полягає у великій кількості тепла, що виділяється під час її конденсації в опалювальних системах. Транспортування пари до об'єктів відбувається зі швидкістю 40–80 м/с, що дозволяє передавати багато тепла на великі відстані з мінімальними енерговитратами. Висока температура пари при тиску понад 0,1 МПа дозволяє її застосування переважно в системах опалення промислових або комунальних об'єктів, де температура опалювальних приладів не перевищує 130°C. Використання пари з температурою менше 100°C вимагає створення вакууму, що здорожує обладнання та ускладнює його обслуговування.

Повітря як теплоносієм хоча й не потребує використання опалювальних пристроїв у приміщеннях, проте для обігріву використовується рідко. Воно має низьку питому теплоємність — 1 кДж/(кг·К), через що для передачі навіть невеликої кількості тепла потрібне переміщення великих обсягів повітря. Це призводить до того, що енерговитрати стають більшими, ніж при транспортуванні еквівалентного обсягу тепла за допомогою води чи пари. Повітропроводи або канали для переміщення повітря мають значно більші перетини й займають більше місця порівняно із трубопроводами для води або пари.

Обігрів будівель нагрітим повітрям стає ефективним у ситуаціях, коли можливо повне або часткове повернення цього повітря для повторного нагрівання без облаштування складної системи трубопроводів. Доцільність і необхідність використання повітря як теплоносія зростає при поєднанні функцій обігріву та вентиляції приміщення.

Таблиця 1.1- Рекомендовані показники теплоносіїв у системах опалення

<i>Призначення будинків</i>	Температура теплоносія в магістралях, °C	
	що подають	зворотніх
Дитячі садочки, лікарні, родильні будинки й інші лікарняні установи	85	05
Житлові та адміністративні будинки, навчальні заклади, допоміжні будинки й приміщення промислових підприємств, поліклініки, санаторії, аптеки, музеї, архіви, бібліотеки	95-105	70
Підприємства, спортивні зали, криті стадіони	115	70
Виробничі приміщення, технологічний процес яких пов'язаний з виділенням негорючої, невибухонебезпечної, органічної	До 130	70
Плавальні басейни, сходові клітки, торговельні приміщення, комунальні підприємства, підприємства громадського харчування, вокзали, аеропорти	До 150	70

Серед різних теплоносіїв найбільш поширеною є вода, завдяки якій легко забезпечується регулювання постачання тепла користувачам. Споживання трубопровідних матеріалів і опалювальних приладів у парових системах є меншим, ніж у водяних, що зменшує вартість їх монтажу. Проте термін експлуатації водяних систем значно довший (30–40 років) через меншу вразливість до внутрішньої корозії.

Для проектування опалювальних систем будівель із різним призначенням прийнято враховувати стандартизовані параметри теплоносіїв, зазначені в таблиці 1.1. Ці параметри визначають вид теплоносія, середню температуру в опалювальних приладах, площу нагрівальних поверхонь і комфортний мікроклімат приміщень.

Залежно від масштабу обслуговування опалювальні системи класифікують на локальні, центральні та регіональні. Отже, місцевими системами опалення називаються такі системи, де генератор тепла і

опалювальний прилад знаходяться в одному конструктивному виконанні й встановлюються безпосередньо в приміщенні, яке потребує обігріву. До таких систем відносять: трубне опалення (система, що використовує різні види палива (дрова, газ, вугілля, торф), при цьому опалювальним приладом є піч, а продукти згоряння виводяться назовні); електричне опалення (система, в якій електрична енергія перетворюється в тепло за допомогою спеціальних електричних опалювальних приладів); газове опалення (система, в якій використовується як паливо природний газ).

Центральним опаленням називається система, при якій тепло отримується в загальному тепловому центрі і передається в приміщення через теплоносій. Всі опалювальні прилади встановлюються тільки в самих приміщеннях. Тепловий центр може бути як в самому будинку, так і за його межами. Якщо котельня обслуговує кілька будинків або район населеного пункту, це називається районним опаленням.

Системи центрального опалення поділяються на 3 категорії в залежності від теплоносія. Це можуть бути системи водяного, парового або повітряного обігріву. Системи водяного опалення у свою чергу поділяються на дві групи: з природною циркуляцією води, коли переміщення води в системі здійснюється за рахунок різниці в щільності гарячої та охолодженої води в вертикальній системі; з примусовою циркуляцією за допомогою насоса, який і забезпечує рух теплоносія.

В свою чергу, *повітряні системи* опалення також поділяються на категорії: з природною циркуляцією, що відбувається через різницю щільності нагрітого й охолодженого повітря; примусовою циркуляцією, яка здійснюється за допомогою вентиляторів.

Системи *парового опалення* поділяються на 3 види: високого тиску (коли надлишковий тиск пари перевищує 0,07 Мпа), низького тиску (коли тиск пари 0,005 - 0,07 Мпа), Вакуум-парове опалення (працює при тиску нижче атмосферного).

Для забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних умов виникла потреба в комбінованих системах опалення, які можуть включати різні поєднання теплоносіїв, такі як пароводяні, пароповітряні, водоводяні, водоповітряні та електроповітряні системи.

Для передачі тепла первинного теплоносія, що має підвищені параметри до вторинного, який доставляє тепло безпосередньо до приміщень, використовуються теплообмінники або спеціалізовані змішувальні пристрої для води та пристрої для зниження тиску пари.

Крім цієї класифікації водяні й парові системи опалення можуть мати більш точні назви: залежать від способу та місця прокладання теплопроводів, схеми подачі теплоносія в опалювальні прилади та інших специфічних аспектів. Розглянемо їх нижче.

Системи опалення класифікуються також за переважаючим видом тепловіддачі опалювальних приладів. Якщо основним методом тепловіддачі є конвекція, таку систему називають конвективною; коли основна тепловіддача здійснюється через випромінювання - променистою.

При конвективній системі опалення температура повітря в приміщенні завжди буде вищою за середню температуру всіх огорожуючих конструкцій. Однак, якщо опалювальні прилади переважно віддають тепло випромінюванням, наприклад плоскі панелі, то за певних умов розміщення цих панелей і вентиляції, повітря в приміщенні може виявитися холоднішим за середню температуру поверхонь. У такому випадку система опалення буде вважатися променистою. Така комбінація в технічній літературі називаються панельно-променистим опаленням.

Сучасні надійними опалювальні системи здатні функціонувати в автономному режимі, забезпечуючи потреби в теплі для найрізноманітніших споживачів - від окремих квартир до великих багатоповерхових будинків. Тому останнім часом активно впроваджуються автономні системи теплопостачання в багатоквартирних будинках, включаючи дахові котельні. В газифікованих

котельнях для автономного теплопостачання та гарячого водопостачання (ГВП) здебільшого використовуються котли малої потужності (від 50 до 100 кВт), на базі яких створюються блочно-каскадні міні-котельні. Використання такої котельні потужністю 0,6-0,8 МВт дозволяє заощадити до 30 тис. м³ газу на рік, що неможливо для централізованого теплопостачання від котелень районного масштабу. З автоматизованими системами регулювання ця економія збільшується удвічі. Термін окупності таких систем складає всього 1-2 роки.

Автономні системи теплопостачання значно знижують витрати споживачів - у два-три рази порівняно з оплатою за централізоване теплопостачання через будинкові або квартирні лічильники тепла. Більше 90% вартості теплопостачання в цих системах складає газ, спожитий котельнею. Оплата зазвичай розподіляється пропорційно площі квартир.

Досвід експлуатації показує, що впровадження автономної блочно-каскадної котельні в адміністративно-житловій будівлі, що вже тривалий час експлуатується, є не завжди можливим. По-перше, відсутність згоди та розуміння необхідності та вигідності цього рішення стає на заваді. По-друге, значні матеріальні труднощі та відсутність пільгового кредитування часто заважають встановленню котельні.

Сучасні опалювальні системи дозволяють ефективно вирішувати проблеми енергоощадності та забезпечення комфортного теплопостачання й гарячого водопостачання для окремих приміщень. Індивідуальне автономне опалення не потребує великих інвестицій, оскільки промисловість виробляє безліч типів котлів потужністю від 7 до 50 кВт для опалення, зокрема компактних навісних моделей, багато з яких є двофункціональними - забезпечують як опалення, так і гаряче водопостачання. Оскільки більшість адміністративно-житлових будинків не мають димохідних каналів, найкраще для автономного опалення підходять турбокотли з закритою камерою згорання, де подача повітря та виведення продуктів згорання здійснюється через

спеціальний газощільний повітропровід-димохід, прокладений через зовнішню стіну будинку. Такі димоходи поставляються разом із котлами.

Досвід показує, що автономні опалювальні системи є набагато більш економічними, надійними та зручними в порівнянні з централізованим теплопостачанням. Споживач отримує необхідну кількість тепла за вартістю, що в кілька разів нижча, ніж у централізованих системах. Основною частиною витрат є оплата за спожитий газ, незначні витрати на електроенергію що споживає циркуляційна помпа в котлі. Власники таких систем можуть створювати комфортні умови для проживання та мають можливість поступово впроваджувати енергозберігаючі заходи, враховуючи свої фінансові можливості.

Слід зазначити і *електроопалення*, як систему автономного опалення. Електричне опалення застосовується, коли відсутнє постачання природного або зрідженого газу, за умови надійного джерела електричної енергії. Сучасні автоматизовані енергоощадні системи для електричного опалення та гарячого водопостачання, особливо при використанні нічного тарифу на електроенергію, дозволяють значно знизити витрати на опалення. Сьогодні, нажаль, складно продовжувати тему надійності електропостачання у зв'язку з воєнною агресією і постійними обстрілами енергосистеми нашої країни. При всіх значних перевагах цієї системи автономного опалення, її слід розглядати паралельно з альтернативною системою сонячної чи вітрової генерації. Електроводонагрівач (ЕВН) працює автоматично, що дозволяє змінювати температуру теплоносія в діапазоні від 10 до 90°C. Спочатку, після включення котла, розігрівається сама система, що супроводжується збільшенням споживаної потужності, і протягом 1-4 годин починає нагріватися опалюване приміщення. Теплоносій нагрівається через йонізацію, що супроводжується виділенням енергії. Іонізаційна камера має компактний розмір, що дозволяє швидко нагрівати теплоносій, через що різко зростає тиск в системі (до 2 атм). Це дозволяє ЕВН функціонувати як циркуляційна помпа, що сприяє економії та підвищенню ефективності системи.

На ринку також є малогабаритні електроводонагрівачі котли проточного потужністю 2,5; 4,5; 5; 15 кВт для опалення приміщень об'ємом до 650 м³ (рис. 1.3).

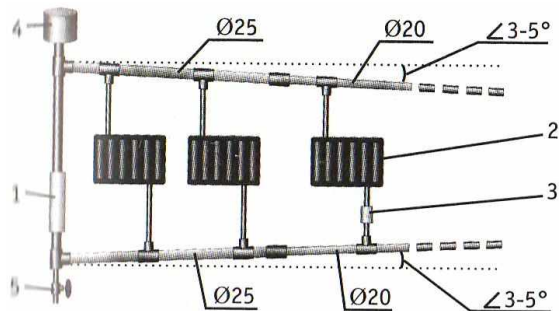


Рисунок 1.3 – Система опалення з електроводонагрівачем:

1 – котел електродний; 2 – радіатори; 3 – датчик температури;

4 – розширювальний бак; 5 – кран

Ефективність системи досягається і за рахунок використання нічного тарифу на електроенергію. Накопичення тепла в водяних баках-акумуляторах, які підбираються залежно від потреб енергоємності конкретного об'єкту. Для цього встановлюють додатково ємності 200 - 1500 л з гарною теплоізоляцією. Для роботи вночі з додатковою акумуляуючою ємністю потужність електричних обігрівачів повинна бути збільшена в 3-3,5 рази. В напівпікові та пікові години тепло з акумулятора, подається в систему опалення за допомогою сучасних малопотужних циркуляційних pomp (рис. 1.4).

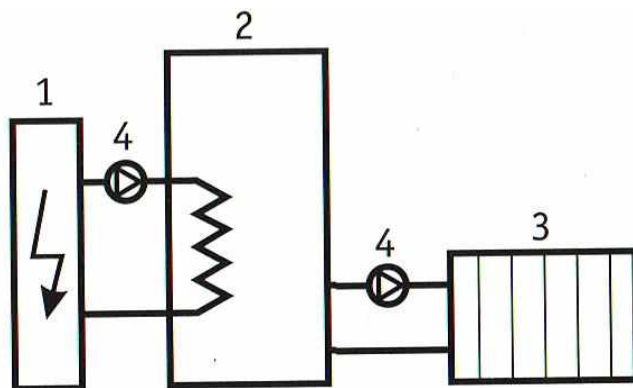


Рисунок 1.4 – Система електроопалення з акумуляцією тепла:

1 – електрокотел; 2 – бак-акумулятор; 3 – радіатор; 4 – помпа

Один з сучасних варіантів електричного обігріву приміщень за нічним тарифом включає використання електричних конвекторів з накопиченням тепла. У таких приладах функцію акумулятора виконують осердя з вогнетривкої цегли, оснащене гарною теплоізоляцією, в якому розміщено електричні ТЕНи відповідної потужності. Для автоматичного регулювання відведення тепла в цих системах використовується вентилятор (рис. 1.5).

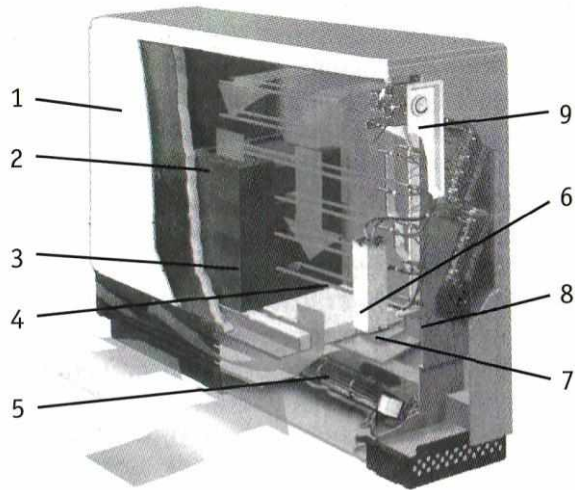


Рисунок 1.5 – Електроконвектор з акумуляцією тепла:

1 – захисна решітка на передній стінці; 2 – теплоізоляція; 3 – високоякісна магнєзитова цегла (для акумуляції тепла); 4 – вбудовані електронагрівачі; 5 – горизонтальний безшумний вентилятор; 6 – резистор управління процесом акумуляції; 7 – заслінка захисту від перегріву; 8 – камера електропідключення; 9 – прилади керування з терморегулятором

Центральна повітряна система обігріву. Центральне повітряне опалення в Україні ще не є широко поширеним, хоча в таких країнах, як Канада (де воно становить 80% усіх опалювальних систем), США та північноєвропейські держави, воно використовується досить часто. Ці системи мають наступні переваги в порівнянні з іншими типами опалення: теплоносієм є повітря, що одночасно є і об'єктом нагрівання; швидкість регулювання (такі системи мають низьку інерційність і можуть швидко досягати необхідних температур); очистка повітря (повітря проходить через фільтри, що покращує його якість в приміщеннях). Така система часто застосовується у громадських

спортмайданчиках, тренажерних залах, гіпермаркетах); Монтаж і обслуговування (системи легко встановлюються і ремонтуються завдяки простоті конструкції); звісно, Комфорт (при додатковому оснащенні кондиціонерами, зволожувачами, фільтрами для очищення та йонізації, а також ароматизаторами, системи можуть покращити умови в приміщеннях).

Така система є дуже ефективною і створюють виключно комфортний мікроклімат об'ємного приміщення. Для опалення приватних будинків, невеликих виробничих і громадських будівель застосовується повітряне обігрівання потужністю до 100 кВт. Система комплектуються нагрівальним пристроєм, що може працювати на природному і зрідженому газі, рідкому паливі, електроенергії, твердому паливі (пелети, брикети). Це можуть бути потужні прилади з високим ККД — до 85 %. Такі системи повітряного обігріву все більше набувають популярності, оснащені автоматичними пристроями для регулювання температури, а також засобами безпеки та сигналізації. Комбіновані системи дозволяють не лише обігрівати приміщення взимку, а й кондиціонувати повітря влітку. Їх можна встановлювати як під час нового будівництва, так і при реконструкції будівель.



Рисунок 1.6 – Приклад використання газового нагрівача повітряної системи серії IFH 45 кВт обігріву на птахоферми

Інфрачервоне опалення є сучасним і енергоефективним методом створення оптимального мікроклімату, хоча в нашій країні він ще не дуже поширений. За витратами на інвестиції та експлуатацію цей тип опалення є одним з найдоступніших. Тепло для таких систем створюють електричні, газові або рідкопаливні інфрачервоні випромінювачі. Теплове випромінювання цих пристроїв схоже на сонячне світло - воно не поглинається повітрям і безпосередньо досягає людей та предметів, нагріваючи їх. Це відрізняється від конвекційного опалення, де спочатку нагрівається повітря, і вже через нього - предмети. У випадку інфрачервоного випромінювання тепло спочатку поглинається підлогою та іншими об'єктами, а вже потім передається в повітря. Температура інфрачервоних випромінювачів може коливатися 100 - 750 °С.

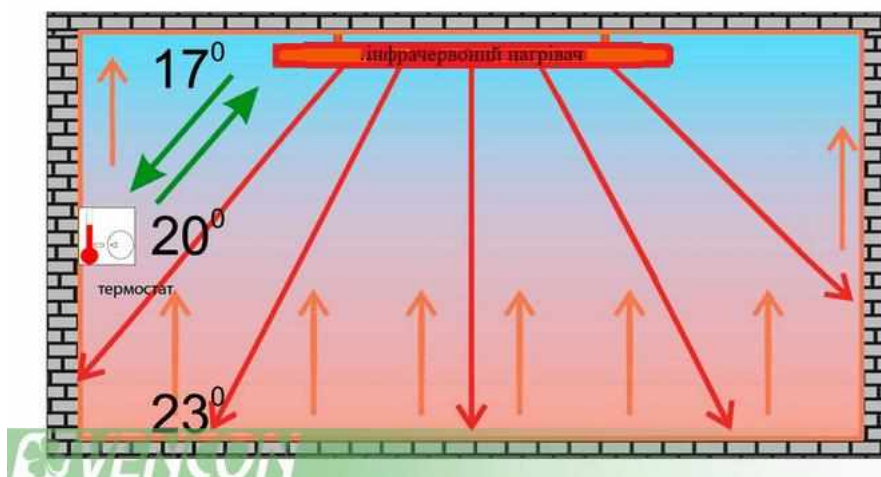


Рисунок 1.7 – Принципова схема інфрачервоного нагріву

Дослідження свідчать, що при конвекційному радіаторному опаленні температура змінюється на 1,7-2,5 °С на кожен метр висоти приміщення: тепле повітря піднімається вгору, а холодне опускається вниз. Водночас при інфрачервоному опаленні температура на поверхні підлоги або предметів вища, ніж під стелею (температурний градієнт становить лише 0,3 °С/м). У таких умовах комфортна температура на рівні людини (1,5 м) може бути на 2-3 °С нижчою за температуру підлоги (18-19 °С). Тому інфрачервоне опалення є дуже

ефективним, особливо клубах, високих актових залах та на відкритих майданчиках, де альтернативи йому поки що немає.

В офісних приміщеннях і для домівок використовуються низькотемпературні інфрачервоні нагрівачі з діапазоном температур від 100 до 200 °С. Вони оснащені випромінювальними елементами, що забезпечують коефіцієнт корисної дії (ККД) на рівні 90 %, і працюють від електричної мережі з напругою 220 В. У виробничих, спортивних та громадських будівлях з висотою приміщень понад 3,5 м використовують високотемпературні газові або рідкопаливні інфрачервоні нагрівачі з температурою від 200 до 700 °С. Випромінювальні елементи, які часто називають "чорними трубами" або спеціальними керамічними нагрівальними панелями, встановлюються разом із газовими пальниками в верхній частині приміщень. Найбільше поширення отримали моделі потужністю від 28 до 45 кВт і довжиною 6, 9 або 12 м (рис.1.8).



Рисунок 1.8 - Обігрів виробничих приміщень інфрачервоним нагрівачем

Основною складністю опалення виробничих приміщень є високі стелі та велика площа, що робить витрати на монтаж і експлуатацію систем дуже високими. Оптимальним рішенням для заводських цехів, складів, транспортних підприємств з великими гаражами та ангарами є встановлення інфрачервоних обігрівачів, які дозволяють організувати зональний і точковий обігрів.

Інфрачервоні обігрівачі забезпечують комфортну температуру в робочих зонах, де перебувають люди та обладнання. Вони особливо ефективні в умовах, де часто відкриваються ворота та двері, а також у місцях з високою

вентиляцією, наприклад, на виробництвах, що працюють з хімічними речовинами. Ці пристрої також активно використовуються для швидкого сушіння пофарбованих виробів, будівельних матеріалів, бетонних стяжок та для прогрівання техніки в зимовий період.

Інфрачервоні нагрівачі також незамінні в сільському господарстві, зокрема на тваринницьких фермах та птахофабриках, для обігріву місць сну та годівлі, а також у теплицях та оранжереях для прогріву ґрунту при заморозках. Вони широко використовуються для сушіння зерна, овочів і фруктів, оскільки забезпечують потрібну вологість і запобігають утворенню грибка та цвілі. ІЧ випромінювання також має біологічний ефект, що дозволяє обходитися без хімічних добавок та зберігати природні властивості продуктів.

Системи інфрачервоного обігріву мають попит у громадських і торгових закладах, таких як школи, лікарні, ресторани та кафе, де важлива безпека, ефективність та стиль. Вони можуть також бути елементом інтер'єру, додаючи престижу та привабливості закладу. Вуличні інфрачервоні обігрівачі створюють затишну атмосферу на відкритих майданчиках у холодну пору року, роблячи їх ідеальним рішенням для терас або пікніків.

Завдяки широкому асортименту і можливості налаштування за потужністю і дизайном, інфрачервоні обігрівачі є універсальним та економічно вигідним рішенням для приміщень будь-якого типу, значно знижуючи витрати на опалення.

Капітальні затрати на обладнання інфрачервоного обігрівання невисокі, монтаж і обслуговування є простим, що забезпечує високу рентабельність такої системи опалення.

Основне значення мають не лише капітальні витрати чи обсяги споживання енергії споживачем (у вигляді т. вугілля, м³ газу чи кВт електроенергії), а саме реальний обсяг первинної енергії, використаної для генерації кінцевої енергії. При цьому слід врахувати втрати енергії як у постачальників, так і у кінцевих споживачів. Втрати енергії при передачі до споживача залежать від типу застосованого обладнання для опалення і рівня автоматизації. У споживача втрати енергії поділяють на теплові втрати систем гарячого водопостачання та сумарні втрати у системах опалення і вентиляції (рис. 2.2). Крім того, у системах гарячого водопостачання та вентиляції слід дослідити ефективність використання теплових насосів, сонячних колекторів і регенераторів.



Рисунок 2.2 – Схематичне зображення розподілу тепловтрат корпусу

Основні параметри для подальшого порівняння різних систем опалення наведемо у вигляді табл. 2.1. Врахуємо температурні режими всередині будівель. Початок опалювального сезону залежить від кліматичних умов регіону. Верхні межі діапазону необхідних питомих теплових навантажень для будівель відповідають контрольним значенням для III і IV температурних зон України; зазначу для України ці показники перевищують відповідні європейські значення приблизно в 2,2–2,5 рази. Крім того, кратність повітрообміну для нашого регіону також є значно вищою ($1,0/0,4 = 2,5$). Це призводить до збільшення тепловтрат через вентиляційне повітря, яке виходить з приміщення.

Таблиця 2.1 - Граничні умови співставлення інженерних систем будівлі

Параметр	Значення
Середня температура повітря в будівлі	19 °C
Кратність повітрообміну	0,4 г
Гранична температура і опалювальний період	10 °C
Тривалість опалювального періоду (жовтень – квітень)	185 днів
Необхідне питоме теплове навантаження будівлі (опалювання + вентиляція) q_n	40.90 кВт·г/(м ² ·рік)

2.2 Обґрунтування ефективності застосування централізованої системи опалення адміністративного корпусу

Українська енергетика, орієнтована на теплофікацію та централізоване теплопостачання (ЦТ) для задоволення теплових потреб міст і промислових центрів, загалом технічно та економічно виправдовувала себе. Однак, у функціонуванні цих систем спостерігаються численні недоліки, неефективні технічні рішення та нереалізовані резерви, які знижують їх надійність та економічну ефективність. Додамо ще й проблеми пов'язані з умовами роботи ЦТ під час воєнного конфлікту у державі. То ж зазначимо основні проблеми централізованого теплопостачання: застарілі технічні рішення – інфраструктура теплових мереж базується на радянських стандартах, тоді як зросли радіуси теплопостачання та змінилися типорозміри труб; якість матеріалів – метал трубопроводів, теплоізоляційні матеріали та запірно-регулювальна арматура поступаються сучасним міжнародним стандартам, що спричиняє значні тепловтрати; проблеми гідроізоляції – недостатній рівень захисту трубопроводів підвищує їх пошкоджуваність, ускладнюючи експлуатацію та заміну; старіння обладнання – багато вітчизняних ТЕЦ мають обладнання що вже виробило свій ресурс, і як наслідок є висока аварійність; відсутність сучасних екологічних систем – на вугільних ТЕЦ відсутні установки очищення димових газів, а ефективність очищення твердих часток часто недостатня. Додамо сюди: руйнація котелень під час масованих обстрілів, дефіцит кваліфікованих кадрів для експлуатації та ремонту за причин масштабної

мобілізації.. І звісно, постійні удари по енергетичним об'єктам призводить до знеструмлення всіх станцій і котелен для функціонування насосів і регуляторів, що унеможливорює стабільну подачу тепла.

Для підвищення конкурентоспроможності ЦТ необхідне впровадження інноваційних технічних рішень, включаючи модернізацію структур, схем, обладнання енергоджерел та теплових мереж, перехід до децентралізації систем подачі тепла, автономності і мобільності систем тепlopостачання.

Традиційні режими роботи систем ЦТ мають низку суттєвих недоліків, які впливають на їх ефективність та економічність. Однією з ключових проблем є відсутність належного регулювання подачі тепла на опалення будівель у перехідні періоди, коли зовнішні фактори, такі як вітер, сонячне випромінювання та побутові тепловиділення, істотно впливають на температурний режим приміщень. Це часто призводить до перевитрати палива та перетопів у теплі дні опалювального сезону, що створює додаткові витрати.

Ще однією серйозною проблемою є значні втрати теплової енергії під час транспортування через мережі, які зазвичай становлять близько 10%, а в деяких випадках можуть бути навіть більшими. До цього додається нераціональне споживання електроенергії на перекачування теплоносія, обумовлене принципом центрального якісного регулювання. Тривала експлуатація трубопроводів у несприятливих температурних режимах лише ускладнює ситуацію, сприяючи корозії та зниженню надійності тепломереж.

Сучасні системи децентралізованого тепlopостачання пропонують значно ефективніші рішення. Вони являють собою комплекс функціонально пов'язаного обладнання, яке включає автономні теплогенеруючі установки, системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Такі системи використовують сучасні матеріали, зокрема пластикові або металопластикові труби, що забезпечують низькі теплові втрати й довговічність. До того ж, вони оснащуються ефективними системами подачі повітря та відведення продуктів згоряння, які відповідають сучасним екологічним стандартам.

В Україні останнім часом спостерігається підвищений інтерес до локальних систем теплопостачання. Вони дозволяють мінімізувати теплові втрати, скоротити витрати енергії та забезпечити більшу незалежність від централізованих мереж. Такі технології є важливим кроком до підвищення енергетичної ефективності й зменшення викидів парникових газів.

Впровадження автономних або децентралізованих систем теплопостачання має низку об'єктивних передумов, які роблять такі системи привабливими та ефективними. Однією з ключових причин є недостатність вільних потужностей на централізованих джерелах теплопостачання, що ускладнює забезпечення нових об'єктів теплом. Також ущільнена забудова міських районів, особливо житлових, створює додаткові виклики для централізованих систем, які не завжди можуть задовольнити зростаючі потреби.

Часто забудова здійснюється в місцевостях із нерозвиненою інженерною інфраструктурою, що робить підключення до централізованих мереж економічно недоцільним. У таких випадках децентралізовані системи стають вигідним рішенням завдяки їх нижчим капітальним витратам і можливості поступового збільшення потужностей для покриття теплових навантажень у міру потреби.

Ще однією перевагою автономних систем є можливість індивідуального регулювання мікроклімату в приміщенні, що забезпечує більший комфорт для мешканців. У квартирах із централізованим теплопостачанням температура залежить від загального рішення щодо початку або завершення опалювального сезону, тоді як автономні системи дозволяють мешканцям керувати цим самостійно.

Окрім цього, сучасний ринок пропонує широкий вибір теплогенераторів малої потужності як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва, що дозволяє підібрати найбільш ефективне обладнання для конкретних умов. Це створює додаткові можливості для розвитку локального теплопостачання та знижує залежність від централізованих джерел.

Теплогенератори можуть встановлюватися в окремому приміщенні, незалежно від його розташування в будівлі: на будь-якому поверсі, у підвалі або на горищі, а також у прибудовах. Типова схема автономної системи теплопостачання включає одноконтурний або двоконтурний котел, циркуляційні насоси для систем опалення та гарячого водопостачання, зворотні клапани, розширювальні баки закритого типу та запобіжні клапани. У випадку використання одноконтурного котла для приготування гарячої води зазвичай застосовують ємнісні або пластинчасті теплообмінники.

Децентралізоване теплопостачання має низку переваг. Зокрема, воно не потребує відведення земельних ділянок для прокладання тепломереж чи будівництва котельень. Завдяки відсутності зовнішніх теплових мереж суттєво знижуються втрати тепла, витрати мережної води, а також витрати на її підготовку. Такі системи забезпечують значну економію коштів на ремонт і обслуговування обладнання та дозволяють повністю автоматизувати режими споживання. Такі системи значно підвищують ефективність теплопостачання, оскільки виключають втрати енергії під час транспортування. Це знижує вартість тепла для кінцевого споживача, підвищує надійність систем опалення та гарячого водопостачання, а також відкриває можливості для будівництва житла в регіонах, де відсутня розвинена теплова інфраструктура.

Варто зазначити, що для автономних систем не рекомендується використовувати непідготовлену водопровідну воду через її агресивний вплив на елементи котла. Це вимагає додаткового обладнання, такого як фільтри та пристроїв водопідготовки.

Одним із головних недоліків є те, що висота димових труб у малих котельнях, зокрема дахових, зазвичай значно менша, ніж у великих централізованих котельнях. Хоча загальна теплова потужність можна підтримувати на одному рівні, зменшення висоти труб погіршує умови для розсіювання викидів, що може призвести до зростання забруднення повітря в окремих районах. До того ж, невеликі котельні часто розташовуються поблизу житлових зон, що підвищує ризики для здоров'я мешканців.

Таблиця 2.2 – Порівняння центрального опалення з системою децентралізованого опалення за основними показниками.

Основний тип показника:	Централізоване теплопостачання	Децентралізована система опалення
<i>1. Економічні</i>		
Приведені витрати ПВ = $E_n \cdot Ц$:		
джерело теплової та електроенергії	+	-
котел	+	+
теплові та електричні мережі	+	-
насоси	+	+
теплообмінники	+	-
баки акумулятори	+	+
місцеві системи теплопостачання	+	+
газова мережа	-	+
Експлуатаційні витрати		
щорічні відрахування на амортизацію, поточний ремонт і техніку безпеки	+	-
витрата палива	+	+
теплові втрати	+	-
перекачування теплоносія	+	-
теплоносій (вода)	+	+
ХВО підживлювальної води	+	+
обслуговування систем теплопостачання	+	+
відчуження землі	+	-
зарплата працівникам	+	-
<i>2. Екологічні</i>		
Викиди шкідливих речовин (CO ₂ , NO ₂ , зола) в атмосферу	+	+
Викиди шкідливих речовин у водойми	+	+
Додаткові потреба в невідновлюваних (природних) енергоресурсах	+	+
<i>3. Надійність</i>		
Надійність систем теплопостачання	+	+
<i>4. Комфортність, за умови використання</i>		
Коливання внутрішньої температури повітря протягом доби	-	+
Середньодобові витрати часу на обслуговування	-	+
Безпека (наслідки аварій)	+	+
Металоємність	+	+
Площа будівлі зайнята устаткуванням	+	+
Термін будівництва систем теплопостачання до введення в експлуатацію	+	+
Термін служби основного обладнання до повної заміни	+	+
Річна витрата палива	+	+
<i>5. Витрата електроенергії</i>		
На перекачування теплоносія в тепловій мережі	+	-

Однією з переваг централізованого теплопостачання є можливість комбінованого виробництва теплової та електричної енергії на теплоелектроцентралях (ТЕЦ). Важливо відзначити, що збільшення кількості автономних котелень не обов'язково зменшить споживання палива на ТЕЦ, якщо виробництво електроенергії залишиться на тому ж рівні. Це означає, що в місті загалом зросте споживання палива, що, у свою чергу, призведе до збільшення рівня забруднення повітря.

При порівнянні різних варіантів енергопостачання важливими факторами є витрати, які представлені в таблиці 2.2. Для зведення цих показників було проаналізовано розрахунки декількох систем теплопостачання - централізованої та децентралізованої. Детально розглянуто приклад опалення району з використанням котельні, у якості другого варіанту (II) може бути застосований індивідуальний котел, для забезпечення теплом і гарячим водопостачанням.

Графік залежності на основі використання імпортованої теплопродукції наведений на рис 2.3.

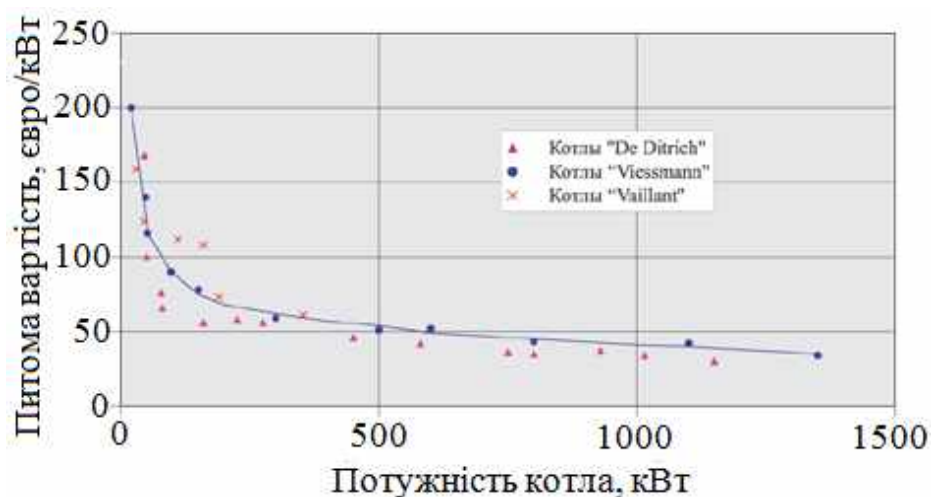


Рисунок 2.3 – Графік залежності питомої вартості котлів від встановленої потужності

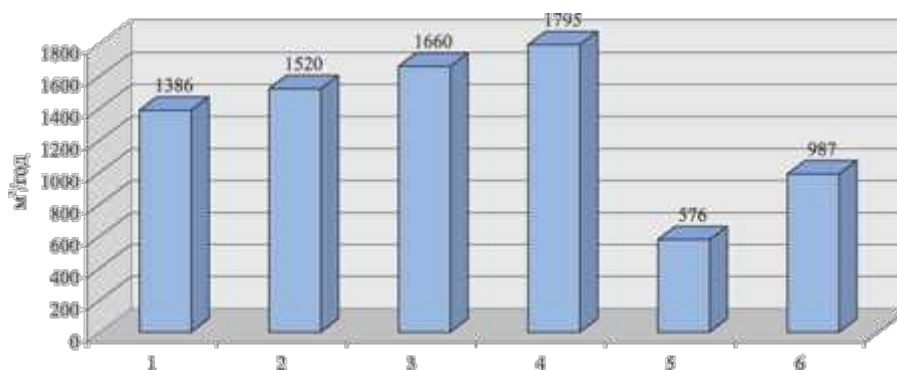


Рисунок 2.4- Річна витрата палива при ЦТ: 1 - без теплових втрат; 2-4 - відповідно для 10% -, 20% -, 30%-них теплових втратах) і 5,6 - децентралізованому (відповідно мінімальні і максимальні теплові втрати)

Котли вітчизняного виробництва зазвичай дешевші на 20-40% залежно від виробника та посередника. При визначенні техніко-економічних показників для децентралізованих систем теплопостачання необхідно враховувати додаткові витрати, пов'язані з необхідністю збільшення діаметрів газопроводів низького тиску. Це веде до підвищення витрат на газ через збільшення його втрат. Однак у цьому є і позитивний аспект, оскільки зникає потреба у прокладанні теплових мереж, що зменшує загальні витрати на інфраструктуру.

Розрахункові дані, представлені на рисунках 2.4-2.5, показують наступні результати:

1. Річна витрата палива при децентралізованому теплопостачанні зменшується в середньому на 40-50%.
2. Витрати на обслуговування знижуються приблизно в 2,5-3 рази.
3. Споживання електричної енергії скорочується втричі.
4. Загальні експлуатаційні витрати при децентралізованому теплопостачанні також значно менші, ніж при централізованому.

Так, використання поквартирної системи теплопостачання в багатоповерхових житлових будинках дозволяє повністю уникнути втрат тепла в теплових мережах та при розподілі між споживачами, що значно знижує теплові втрати на джерелі. Така система також дає можливість впровадити індивідуальний облік і регулювання споживання тепла, враховуючи економічні

можливості та фізіологічні потреби кожного споживача. Локальне теплопостачання сприяє зменшенню одноразових капітальних витрат та експлуатаційних витрат, а також дозволяє заощаджувати енергетичні та сировинні ресурси, що веде до зменшення навантаження на навколишнє середовище.

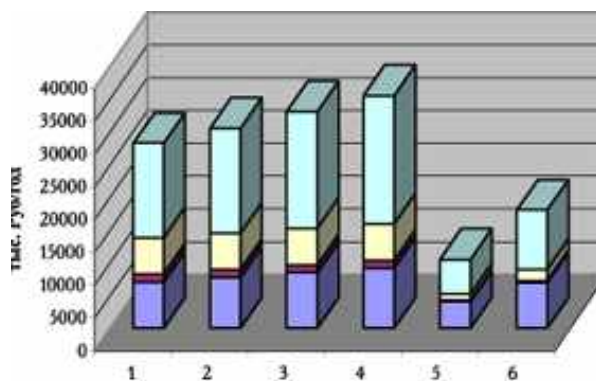


Рисунок 2.5 - Сумарні витрати ЦТ (1 - без теплових втрат; 2-4 - відповідно для 10% -, 20% -, 30%-них теплових втратах) і 5,6 - децентралізованому (відповідно мінімальні і максимальні теплові втрати) теплопостачанні

Якщо врахувати дослідження вище наведені і інформацію довідникових даних можна зробити висновок ефективності вішення застосування локальна система теплопостачання є ефективним рішенням для багатоповерхових будинків з економічних розрахунків, з умов надійності та екологічності.

2.3 Вартісна оцінка впровадження та експлуатації децентралізованих систем опалення на різних видах палива

Аналіз вартості систем опалення, що працюють на різних видах палива, базується на середніх значеннях, визначених експериментальним шляхом, а також на використанні необхідних довідкових даних для точних розрахунків. Для аналізу цих залежностей були використані дані для імпортованих котлів. Враховано також наступне: опалювальний сезон триває 8 місяців (жовтень-травень), середній час роботи котла на добу при максимальній потужності становить 6 годин. Для Кіровоградської області середні тепловтрати індивідуального опалювального приміщення складають 1 кВт на кожні 10 кв.м.

При цьому середня тривалість експлуатації котельні становить 20 років. Додаткові витрати на організацію гарячого водопостачання.

Найефективнішим підходом для оцінки доцільності використання різних видів палива в опалювальних котлах є аналіз вартості отриманого тепла, тобто ціни виробництва 1 кВт·год теплової енергії для кожного з енергоресурсів. Використовуючи інформацію про теплотворну здатність палива та його ринкову ціну, можна обчислити вартість 1 кВт·год тепла. Для більшої точності розрахунок коригується з урахуванням середнього коефіцієнта корисної дії (ККД) котлів, які працюють на конкретному виді палива.

Однак, визначення точної вартості дров є складним завданням через відсутність єдиних тарифів, як це є для електроенергії або природного газу. Вартість дров залежить від багатьох факторів, таких як вологість деревини, порода, форма (колоті чи неколоті), а також регіон придбання. У розрахунках було використано середню вартість дров для Кіровоградської області станом на початок 2024 року.

Для полегшення аналізу, теплотворну здатність усіх видів палива було приведено до єдиної одиниці вимірювання — кВт·год, що дозволяє легко порівнювати їхню економічну ефективність.

Вид палива	Од. вим.	Теплотворна здатність, кВт.	Ціна од., грн.	КПД, котла, %	Ціна 1 кВт. грн.
Ел. енергія	кВт	1	2,64	98	2,69
Природний газ	м³	8,2	7,96	90	1,08
Вугілля	кг	7,4	6,9	85	1,10
Торф	кг	4,2	4	80	1,19
Пелети з деревини	кг	4,5	6	89	1,57
Брикети з деревини	кг	4,5	5,8	85	1,52
Дрова (дуб)	кг	4,1	1,7	80	0,52
Дрова (сосна)	кг	4,4	1,3	80	0,37

Рисунок 2.6 - Вартості отриманого тепла за тарифами весни 2024 року

Аналіз результатів показує, що найбільш економічним видом палива сьогодні є дрова. Вартість отримання теплової енергії при їх використанні щонайменше вдвічі нижча, ніж у разі природного газу, і в п'ятеро нижча порівняно з електроенергією. Це свідчить про те, що використання твердопаливного котла як основного джерела тепла є обґрунтованим з економічної точки зору.

Для наочного уявлення розглянемо витрати на опалення протягом повного опалювального сезону для різних енергоресурсів, виходячи з таких умов: опалювальна площа приміщення(зручна для розрахунку) 100 м², середня висота стелі корпусу: 3 м, номінальна потужність котлоагрегату: 10 кВт, режим роботи котла: 50% часу на максимальній потужності, тривалість опалювального сезону: 6 місяців (жовтень-березень). Результати розрахунків представлені у таблиці нижче, що демонструють різницю у витратах залежно від типу палива.

Вид палива	Од. вим.	Теплотворна здатність, кВт.	Ціна од., грн.	КПД, котла, %	Ціна 1 кВт. грн.
Ел. енергія	кВт	122,45	323,27	9698,04	58188,24
Природний газ	м ³	16,26	129,43	3882,89	23297,33
Вугілля	кг	19,08	131,652	3949,56	23697,36
Торф	кг	35,71	142,84	4285,2	25711,2
Пелети з деревини	кг	29,96	179,76	5392,8	32356,8
Брикети з деревини	кг	31,37	181,95	5458,38	32750,28
Дрова (дуб)	кг	36,59	62,20	1866,09	11196,54
Дрова (сосна)	кг	34,09	44,32	1329,51	7977,06

Рисунок 2.7 - Витрати на опалення на сезон для різних видів палива

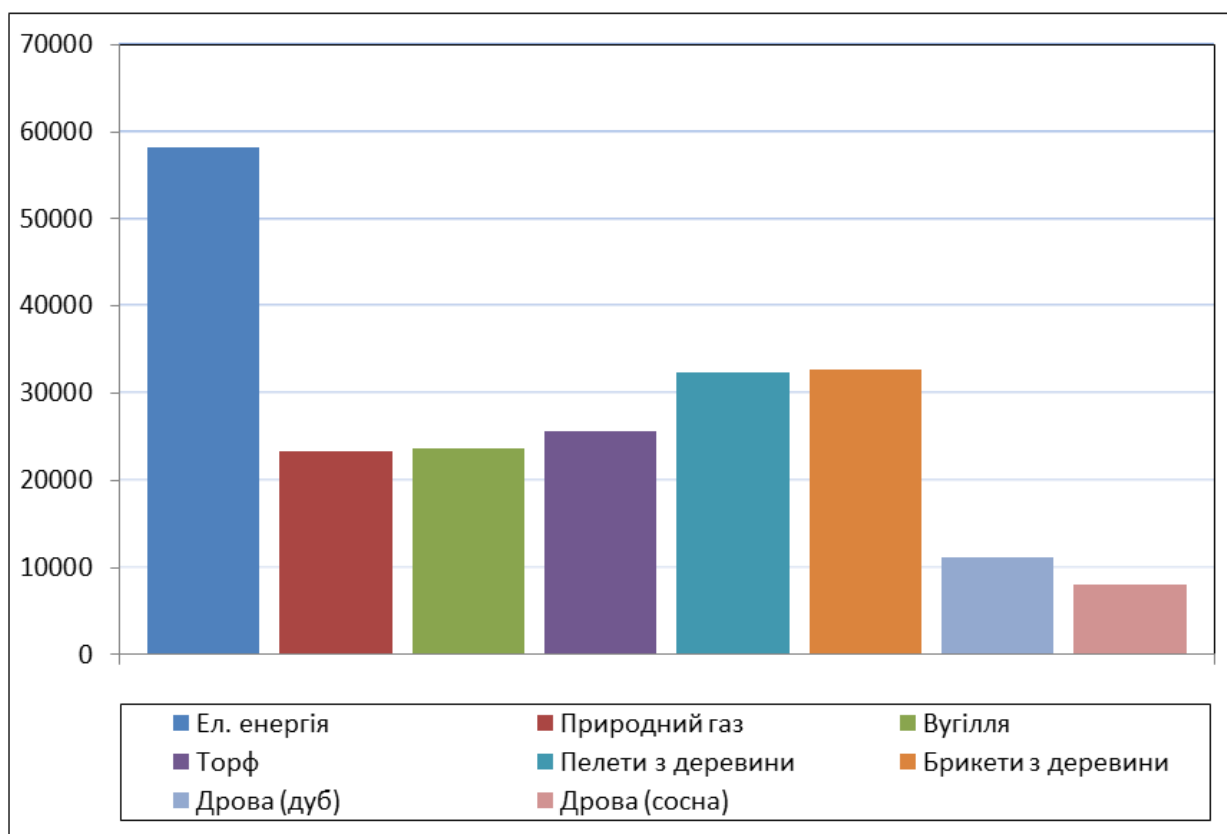


Рис.2 8 – Графічна ілюстрація вартості опалення при використанні різних енергоресурсів на опалювальний сезон

За отриманими результатами можемо розрахувати термін окупності твердопаливного котла (як основного джерела теплової енергії системи опалення) для промислового приміщення площею 100 м². Прикладом може бути котел модель Alter Classic 10 кВт, вартість такого становить 30400 грн.

Період окупності V (сезонів опалення):

$$V = P / (P_1 - P_2),$$

де P – ринкова ціна котла з ПДВ,

P_1 – витрати на опалення за умови використання певного енергоресурсу,

P_2 – витрати на опалення за умови використання дров.

При використанні природного газу:

$$V = 30400 / (23,297 - 7,977) = 1,98 \text{ (сезонів опалення)}$$

В порівнянні з використанням електроенергії:

$$V = 30400 / (58,188 - 7,977) = 0,52 \text{ (сезонів опалення)}$$

Результати розрахунків свідчать, що витрати на опалення значно залежать від типу використовуваного палива, причому дрова виявляються найдешевшим варіантом, а електроенергія — найдорожчим. Ефективність роботи котла впливає на загальні витрати: навіть при роботі на 50% потужності різниця в енергетичних характеристиках палива суттєво змінює підсумкові витрати. Оптимізація системи опалення через використання сучасних котлів із високим ККД та покращення ізоляції приміщення допомагає знизити енергетичні втрати. Твердопаливні котли залишаються економічно доцільним варіантом завдяки доступності та низькій вартості деревини, особливо в регіонах із значними лісовими ресурсами. Водночас вибір джерела енергії має екологічні наслідки, оскільки викиди CO_2 від спалювання дров або газу відрізняються від тих, що утворюються при використанні вугілля чи електроенергії, особливо якщо остання генерується з неекологічних джерел. Ці фактори дозволяють визначити найбільш вигідний і раціональний варіант опалення відповідно до економічних можливостей, доступності ресурсів та екологічних міркувань.

2.4 Аналіз впливу роботи котелень на довкілля за умови використання різних видів палива

В даному розділі слід розглянути всі популярні види палива для котелень з боку впливу на довкілля. Природний газ залишається одним із найекологічніших видів викопного палива. Його згоряння не супроводжується утворенням золи, а викиди оксидів сірки є мінімальними завдяки низькому вмісту сірки (до 0,02%). Це суттєво відрізняє його від інших викопних енергоресурсів, які утворюють більше шкідливих речовин під час спалювання. Проте варто зазначити, що Україна має обмежені запаси природного газу та інших викопних енергоносіїв, що ускладнює забезпечення енергетичної незалежності.

Так і з вугіллям: окрім екологічних наслідків, пов'язаних із видобутком, його спалювання створює значні проблеми. Це паливо не можна вважати ідеальним через середній рівень теплотворності (17–25 МДж/кг) та велику

кількість шкідливих викидів. У процесі згоряння вугілля в атмосферу потрапляють значні обсяги золи, оксидів вуглецю та азоту, діоксиду сірки, вуглеводнів (включно з канцерогенним бензапіреном) і незгорілих частинок палива. Для прикладу, теплова електростанція потужністю 2,5 млн кВт, яка споживає до 20 тисяч тонн вугілля на добу, щоденно викидає в атмосферу близько 680 тонн оксидів сірки (SO^2 та SO^3 , при вмісті сірки у паливі 1,7%), 200 тонн оксидів азоту (NO_x) і 120–240 тонн твердих частинок у вигляді попелу, пилу та сажі. Це відбувається навіть за умови ефективності пиловловлювальних систем на рівні 94–98%. Під час спалювання вугілля на теплових електростанціях значно зростає вміст радіоактивних елементів у викидах. Зокрема, концентрація радію-226 підвищується в 3–6 разів, а свинцю-210 — у 5–10 разів, причому свинець накопичується у попелі. У середньому, вміст урану у вугіллі становить 3,6 г/т, а торію — 4,2 г/т. Через це вугільні ТЕС суттєво забруднюють прилеглі території радіоактивними елементами, і це забруднення може поширюватися на сотні кілометрів.

Під час спалювання деревини викиди вуглекислого газу в атмосферу становлять 320–216 мг $\text{CO}^2/\text{кВт}\cdot\text{год}$. Хоча біопаливо не можна вважати повністю CO_2 -нейтральним через витрати викопного палива на вирощування, збирання та транспортування, його загальні викиди значно нижчі, ніж у викопних палив. До того ж частина вуглецю залишається у ґрунті завдяки опадінню листя, що робить деревину більш екологічно вигідним варіантом у порівнянні з однорічними культурами.

Дані про забруднення, які виникають під час спалювання деревини та викопного палива, зведено на рис. 2.9. Для аналізу загальних викидів шкідливих речовин у довкілля використовується діаграма в полярній системі координат (рис. 2.7). Вона показує, що чим більша площа фігури для кожного типу палива, тим вищий рівень забруднення. Це дає можливість порівняти екологічний вплив різних видів палива в котельнях.

Пелети та брикети є одним з найбільш екологічних видів палива після природного газу. Викиди забруднюючих речовин при згорянні пелет становлять лише 17,7 т/тис. тонн палива, що в 8,3 рази менше, ніж при спалюванні кам'яного вугілля, та у 2,6 рази менше, ніж при використанні

мазуту. Крім того, обсяги викидів оксидів сірки, азоту, вуглецю та твердих частинок значно нижчі. Наприклад, порівняно з вугіллям, викиди сірки зменшуються в 32,9 рази, азоту — у 6,8 разів, вуглецю — у 2 рази, а пилу — у 15,9 разів.

Вид палива	Викиди, т/тис. т палива				
	CO ₂	NO ₂	SO ₂	тверді частки	разом
Природний газ	1,18	3,52	0	0	4,7
Брикети, пелети	4,68	9,32	0,28	4,11	17,7
Деревина	4,9	9,4	0,3	4,3	18,9
Мазут	5,2	5,2	35,3	0,3	45,9
Брикети торф'яні	8,0	26,8	3,0	13,0	50,9
Кам'яне вугілля	9,6	63,6	9,2	65,3	147,7

Рисунок 2.9 - Викиди шкідливих речовин в атмосферу під час спалювання різних видів палива [4]

Пелети складають частину природного циклу вуглекислого газу, оскільки при їх згорянні в атмосферу вивільняється стільки ж CO₂, скільки було поглинуто рослинами під час фотосинтезу. Це означає, що при спалюванні пелет кількість вуглекислого газу в атмосфері не зростає, на відміну від інших видів палива. У свою чергу, дизельне паливо і мазут містять багато токсичних елементів, і їх спалювання призводить до викиду значної кількості шкідливих речовин, включаючи канцерогени.

Безумовно, використання біомаси має свої екологічні недоліки. Згідно з рис. 2.9 [4], спалювання деревини призводить до збільшення викидів метану та чадного газу в порівнянні з вугіллям, хоча й значно знижує викиди оксидів сірки та азоту. Викиди шкідливих речовин залежать від типу обладнання та технології спалювання. Наприклад, спалювання біомаси з вологістю 55-60% не тільки знижує теплотворну здатність, але й порушує процес горіння, що збільшує викиди чадного газу, метану, оксидів азоту і підвищує кількість деревного вугілля в попелі. Для покращення ефективності необхідно

попередньо висушувати біомасу до 10-15% вологості, що зменшує викиди шкідливих речовин.

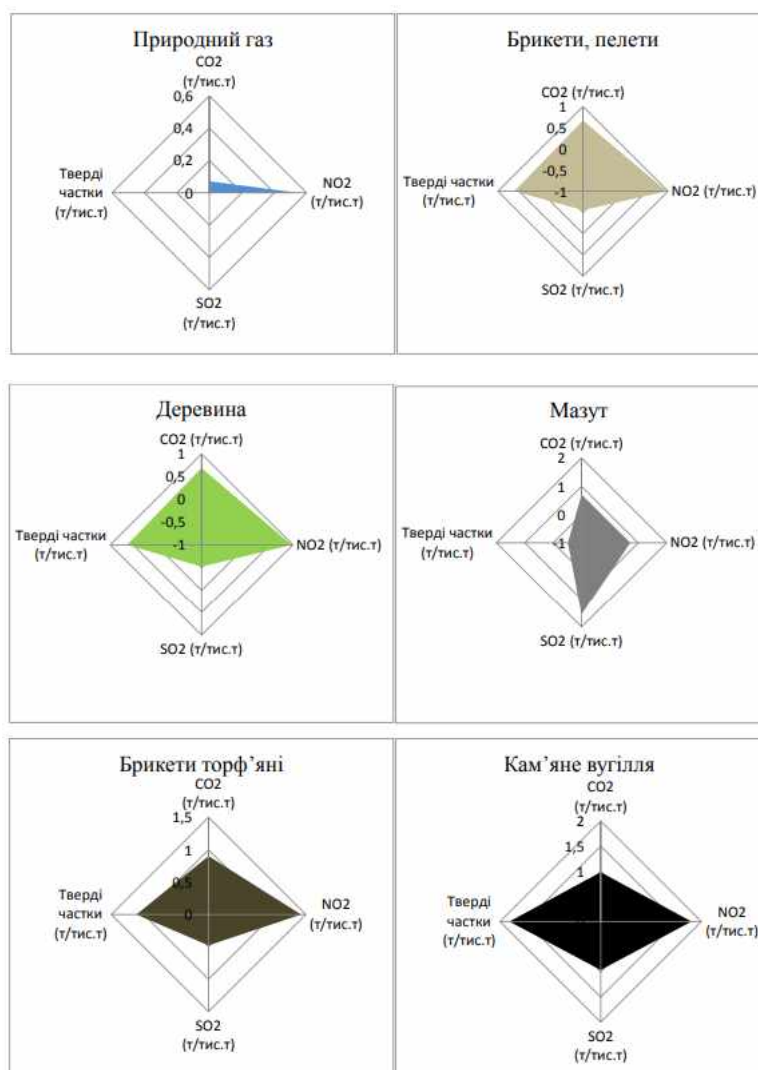


Рисунок 2.10 - Порівняння викидів забруднюючих речовин у довкілля при використанні різних видів палива [4]

Переваги використання гранул (пелет) включають низьку вартість, високу теплотворну здатність, практично повне згоряння, що полегшує обслуговування котлів, і низьку кількість попелу (менше 3%). Пелети мають також низьку вологість (8-12%), не шкодять довкіллю, не залежать від енергетичних компаній, є пожежобезпечними, оскільки не містять пилу, а також мають високу енергетичну концентрацію.

Основними забруднюючими речовинами, що утворюються при спалюванні пелет з деревини, є оксиди азоту (NO_x), оксид вуглецю (CO), оксиди сірки (SO_x), сполуки хлору та тверді частки. Ці речовини мають різний вплив на клімат, навколишнє середовище та здоров'я людини. Викиди NO_x можуть сприяти утворенню кислотних дощів і забрудненню повітря, CO є небезпечним для дихальної системи, а SO_x призводить до кислотних дощів і погіршення якості повітря. Сполуки хлору можуть бути токсичними, а тверді частки негативно впливають на дихальну систему та здоров'я в цілому. Детальніше про вплив цих забруднювачів на довкілля та здоров'я людей наведемо в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Продукти згоряння біомаси та їх наслідки [4]

Елемент	Джерело утворення	наслідки
Оксид вуглецю (CO)	При неповному згорання всіх видів паливної маси	На клімат: газ непрямої парникової дії, На людину: може викликати задуху в закритому приміщенні
Тверді частки	Сажа та конденсат важких вуглеводнів, Золові частки	На клімат: зворотний парниковий ефект через створення аерозолів. На здоров'я: погано впливає на органи дихання людини
Оксиди азоту ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$)	Побічний продукт згоряння паливної біомаси.	На клімат: непрямий парниковий ефект, бо впливає на утворення озону, і зворотний парниковий ефект має через утворення аерозолів. Можуть гинути рослини. Утворення смогу На здоров'я: погано впливає на органи дихання людини
Оксиди сірки ($\text{SO}_x = \text{SO}_2 + \text{SO}_3$)	Побічний продукт згоряння паливної біомаси.	На клімат: має зворотний парниковий ефект через утворення аерозолів, можуть бути кислотні опади, гибель рослинності. На здоров'я: погано впливає на органи дихання людини, викликають астму

Отже, при роботі з біомасою важливо враховувати два основні аспекти: необхідно регулярно моніторити концентрацію забруднюючих речовин, щоб запобігти значному забрудненню атмосфери; потрібно впроваджувати заходи і використовувати технології для ефективного вловлювання, нейтралізації та утилізації цих речовин, що забезпечить дотримання встановлених санітарних норм щодо допустимого рівня забруднення повітря.

2.5 Методика зіставлення проектних рішень систем опалення

Питомі показники теплової енергії в розрахунках приводять до корисної опалювальної площі корпусу A_N , м^2 , її визначаємо по формулі (2.1):

$$A_N = 0,32 \cdot V_B, \quad (2.1)$$

де V_B - внутрішній об'єм будівлі, всі теплопередаючі поверхні, м^3 .

Використання поняття умовної опалювальної дозволяє здійснити розрахунки енергетичної ефективності систем по питомих показниках, і потім порівнювати їх між собою:

Так знайдемо значення первинної розрахункової енергії Q_p , $\text{кВт}\cdot\text{г}/\text{рік}$, що споживається інженерними системами корпусу чи любого опалювального приміщення:

$$Q_p = e_p(q_n + q_{tw})A_N = e_p(q_n + 12,5)A_N \quad (2.2)$$

де e_p - коефіцієнт витрати енергії;

q_n - необхідне розрахункове теплове навантаження будівлі (опалювання і вентиляція), $\text{кВт}\cdot\text{г}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$;

q_{tw} - показник витрати теплоти на гаряче водопостачання, $\text{кВт}\cdot\text{г}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$;

A_N - корисна опалювальна площа корпусу, м^2 .

Необхідні теплові потоки, q_n та q_{tw} , є нормативні показники і мають бути забезпечені споживачам. В q_n є показник питомого теплового потоку для опалення житлових та громадських будівель, що визначається через

тепловтрати будівлі. Тому надалі q_n буде позначати питомі тепловтрати. Питомий тепловий потік на гаряче водопостачання q_{tw} . Зіставлення проектних рішень будівлі з різними ступенями теплозахисту здійснюється через споживану первинну енергію Q_p . Якщо ступінь теплозахисту однаковий, але варіанти інженерних систем різні, то для цього достатньо використовувати коефіцієнт витрат первинної енергії e_p , оскільки питомі тепловтрати будівлі q_n залишатимуться незмінними.

Далі проаналізуємо різні системи опалення за питомими витратами теплової енергії з урахуванням площі опалювального корпусу:

- централізоване теплопостачання (водяне) (q_{n1});
- газове теплопостачання від котелень на даху (водяне) (q_{n2});
- електричні системи опалення прямої дії (q_{n3}).

Необхідне питомі теплове навантаження для корпусу (опалення та вентиляція) q_n 60 кВт·г/(м²·рік). Отримаємо залежність тепловитрат будівлі від витрат при врахуванні опалювальної (рис. 2.11).

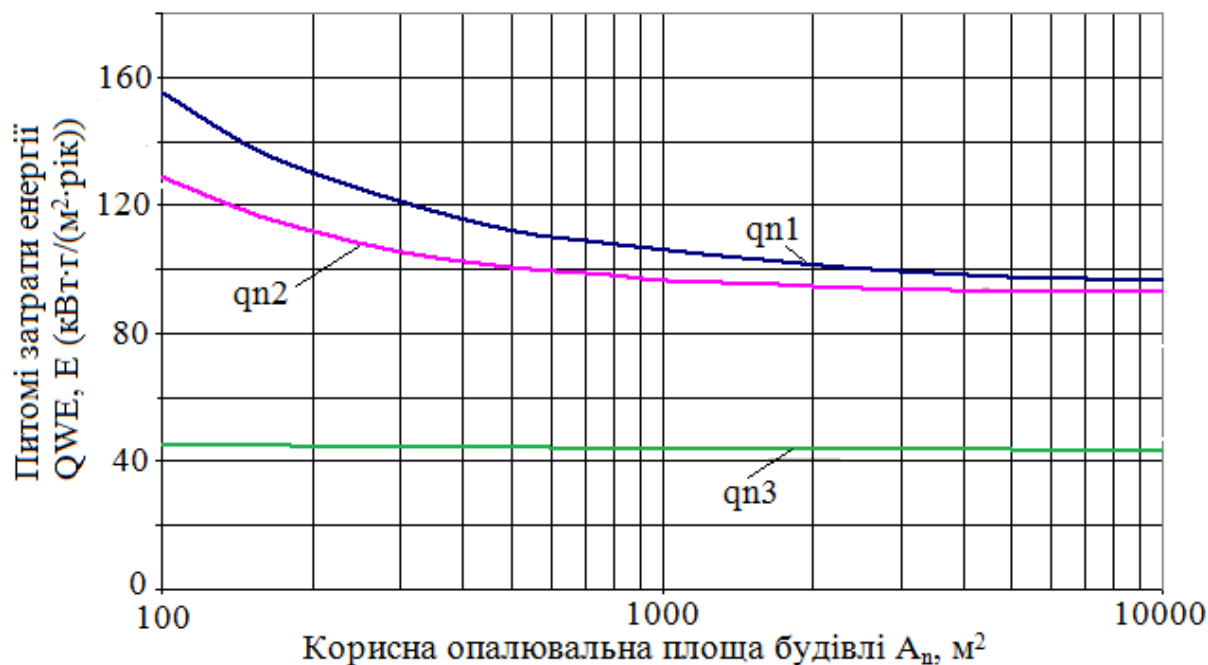


Рисунок 2.11 - Залежність теплових витрат корпусу будівлі від тепловтрат та площі опалення

Аналогічно, проведемо аналіз зазначених систем опалення за коефіцієнтом витрат первинної енергії (e_p). Отримаємо залежність коефіцієнта витрат первинної енергії від характеристик корпусу будівлі (рис. 2.12).

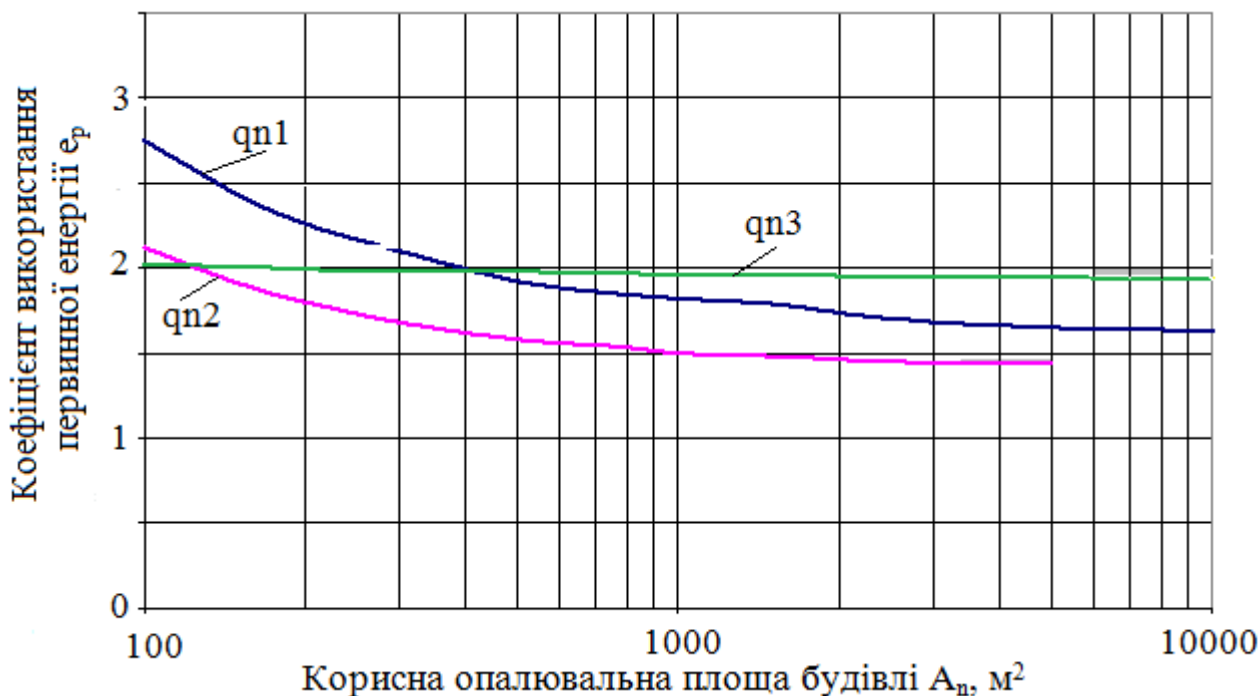


Рисунок 2.12 - Зв'язок між коефіцієнтом витрат первинної енергії та особливостями споруди

Аналіз різних систем опалення за питомими витратами теплової енергії з урахуванням площі опалювального корпусу дозволяє визначити ефективність кожної системи у забезпеченні комфорту та енергозбереження. Централізоване тепlopостачання (водяне) ($qn1$): Це традиційна система опалення, що характеризується помірними питомими витратами тепла, оскільки система передбачає централізовану генерацію та транспортування тепла. Однак її ефективність значною мірою залежить від якості теплоізоляції трубопроводів та надійності котелень. Загалом, така система є економічною в умовах великих будівельних комплексів і має розвинену інфраструктуру в містах.

Газове тепlopостачання від котелень на даху (водяне) ($qn2$): Газові котельні на даху забезпечують більш локалізовану генерацію тепла, що дозволяє зменшити втрати тепла через транспортування. Витрати на енергію в

таких системах можуть бути зниженими порівняно з централізованим теплопостачанням, проте їхня ефективність залежить від конкретних умов будівлі, включаючи вентиляцію та теплоізоляцію.

Електричні системи опалення прямої дії (qn3): Електричні системи мають найвищі питомі витрати тепла серед розглянутих варіантів. Хоча вони можуть бути простими в установці та обслуговуванні, їхня енергетична ефективність є нижчою через високі витрати електричної енергії порівняно з іншими видами палива. Проте ці системи можуть бути вигідними у випадках, коли немає доступу до централізованого теплопостачання або газу.

Так, показані основні теплоенергетичні параметри работ систем опалення. Проведений аналіз вартісної оцінка впровадження та експлуатації децентралізованих систем опалення на різних видах палива. Так зазначено, децентралізоване теплопостачання залишається економічно доцільним для великих об'єктів із належною інфраструктурою, оскільки воно забезпечує стабільне теплопостачання при порівняно низьких витратах. Це може бути газове теплопостачання від котелень на даху, може бути ефективнішим з точки зору енергозбереження. Така система потребує інвестицій в локальну інфраструктуру. Електричні системи опалення, хоча і мають вищі питомі витрати, можуть бути вигідними в певних умовах, наприклад, для малих або віддалених будівель без доступу до газу чи централізованого теплопостачання. Перехід до індивідуальних систем опалення став відповіддю на недоліки централізованих систем, таких як високі витрати енергії та низька гнучкість в управлінні температурою.

Отже, аналіз різних систем опалення за питомими витратами теплової енергії з урахуванням площі опалювального корпусу дозволяє визначити ефективність кожної системи у забезпеченні комфорту та енергозбереження.

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ АДМІНІСТРАТИВНО-ПОБУТОВОГО КОРПУСУ

3.1 Розробка рекомендацій щодо мінімізації енерговитрат

Представимо окремі заходи з енергозбереження в системах опалення разом із експертними оцінками їхнього енергозберігаючого потенціалу для зазначеного адміністративно корпусу крафтового виробництва розташованого поблизу м.Кропивницький:

1. Автоматичне регулювання температури теплоносія з урахуванням зовнішніх умов дозволяє зменшити тепловитрати на 4-6% за рахунок запобігання перевищенню нормативної температури в приміщеннях.
2. Теплоізоляція запірної арматури допомагає уникнути втрат тепла, еквівалентних одному метру неізольованого трубопроводу.
3. Регулювання опалення за часом може скоротити теплове споживання будівлі до 40%.
4. Зниження температури в нічний час забезпечує економію до 2% від загальних теплових витрат будівлі.
5. Усунення протікань через запірну арматуру дозволяє уникнути щорічних втрат води в обсязі 10-35 м³.
6. Організація тамбурів та секціонування входів із встановленням дверних пружин сприяє економії тепла на 3-4%.
7. Встановлення радіаторних термостатів дозволяє зменшити теплові витрати на 6-7%.
8. Використання повітряних систем опалення забезпечує економію тепла на 10-15% завдяки утилізації технологічного тепла.
9. Ліквідація теплових містків у місцях з'єднання віконних рам зі стінами зменшує теплові витрати на 2%.

10. Максимальна теплоізоляція будівель дає змогу скоротити теплові втрати: ізоляція стін — на 42%, холодних перекриттів — на 4%, покрівлі — на 8%.

11. Встановлення тепловідбиваючих ізоляційних прокладок між стінами та обігрівальними приладами знижує теплові втрати на 2-3%.

12. Відновлення теплоізоляції трубопроводів у системах опалення та гарячого водопостачання дозволяє скоротити втрати тепла на 3-9%.

13. Переведення системи опалення на гарячу воду з парового теплоносія забезпечує економію теплової енергії в межах 20-30%.

14. Усунення інфільтрації холодного повітря в приміщеннях знижує потребу в додатковій енергії для нагріву повітря (10-15 ккал на кубометр).

15. Енергозберігаючий режим тепловідпуску з урахуванням побутових тепловиділень забезпечує річну економію тепла в межах 4-17%.

16. Пофасадне регулювання тепловідпуску з урахуванням метеофакторів дозволяє зменшити перевитрату теплової енергії на 6-12% і досягти економії до 18% при врахуванні впливу вітру та сонячного випромінювання.

17. Впровадження економічного графіка подачі теплоносія з урахуванням типу системи опалення дозволяє знизити теплове навантаження на 5%.

18. Ізоляція трубопроводів у неопалювальних приміщеннях забезпечує річну економію 0,22 Гкал теплової енергії на кожний погонний метр незахищеного трубопроводу середнього діаметра.

Окрему увагу слід приділити заходам з енергозбереження в системах вентиляції та кондиціонування повітря у будівлі. Ці заходи спрямовані на підвищення енергоефективності таких систем, з акцентом на оптимізацію споживання теплової та електричної енергії. Варто зазначити, що теплове споживання систем вентиляції та кондиціонування в кілька разів перевищує їх електроспоживання. Наприклад, для промислових об'єктів це співвідношення часто досягає 10:1. Утім, через значні витрати електроенергії на переміщення повітря, заходи мають також враховувати підвищення ефективності електроспоживання. Нижче наведено ключові рекомендації:

1. Рециркуляція повітря в системах вентиляції та кондиціонування. Економічний ефект залежить від частки рециркульованого повітря у витяжних системах.

2. Рекуперація тепла. Встановлення рекуперативних теплообмінників у витяжних системах дозволяє знизити теплові витрати на 20–70 %, залежно від їх ефективності.

3. Вологопереносні рекуператори. Використання пристроїв із переносом вологи між витяжним і припливним повітрям підвищує економію тепла ще на 30 % порівняно зі звичайними рекуператорами.

4. Регенерація тепла. Регенеративні теплообмінники у витяжних системах забезпечують ефективне утилізування теплової енергії, залежно від параметрів обладнання.

5. Два теплообмінники в системах вентиляції. Ефективність таких рішень залежить від конструктивних характеристик і роботи обох рекуперативних теплообмінників.

6. Автоматичні регулятори у припливних системах. Використання таких пристроїв зменшує споживання теплової енергії на 10 %, а електроенергії — на 20–30 %.

7. Теплоізоляція повітроводів у зонах з низькою температурою. Це забезпечує зниження теплових втрат у межах 10–15 %.

8. Частотно-регульовані електроприводи вентиляторів. Їх застосування дозволяє зменшити витрати електроенергії на 6–26 % у витяжних системах і на 3–12 % у припливних.

9. Комбіноване використання загальнообмінної та місцевої вентиляції. За рахунок локальних відсосів та повітряних завіс досягається оптимізація витрат енергії, що розраховується індивідуально.

10. Локалізація припливу та витяжки (зони повітряного комфорту, душення тощо). Це дозволяє скоротити обсяг повітрообміну в системах кондиціонування на 25–50 %.

11. Усунення витоків повітря через нещільності повітроводів. Такий захід зменшує витрати електроенергії на роботу вентиляторів на 9–10 %.

Впровадження цих заходів допоможе не лише знизити енергоспоживання, а й підвищити ефективність роботи систем вентиляції та кондиціонування повітря, зменшивши вплив на довкілля.

3.2 Рекомендації щодо система регулювання опалення

Основне завдання регульованої системи полягає в забезпеченні стабільності певного фізичного параметра або його зміни відповідно до заданих умов. У системах опалення такими параметрами зазвичай є температура в приміщеннях і температура теплоносія. Регулювання подачі теплової енергії здійснюється з урахуванням потреб, що дозволяє використовувати лише ту кількість енергії, яка необхідна для створення комфортного мікроклімату.

На рисунку 3.1 показано загальний принцип роботи системи регулювання. Для підтримання заданої температури в приміщенні користувач вручну налаштовує теплову потужність радіатора за допомогою терморегулятора.

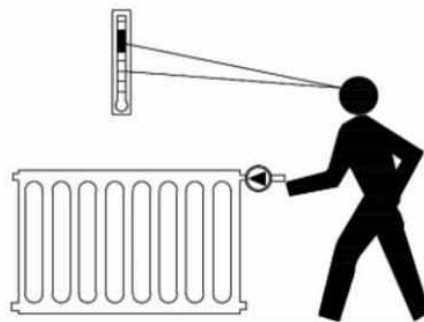


Рисунок 3.1 – Схема ручного регулювання

Регулювання теплового навантаження має велике значення, оскільки потреба в тепловій енергії в приміщенні змінюється залежно від погодних умов та уподобань користувачів. Зазвичай, замість ручного налаштування, використовуються автоматичні системи керування (Рис. 3.2).

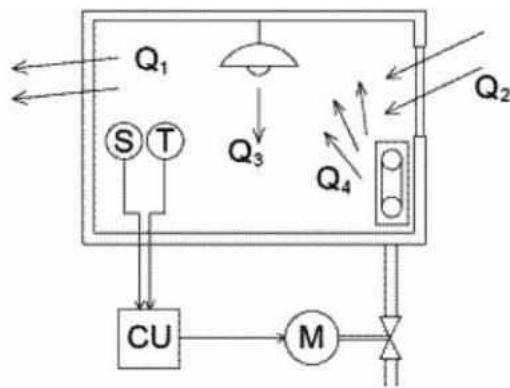


Рисунок 3.2 – Схема автоматичного регулювання температури приміщення: де Q_1 – тепловтрати приміщення; Q_2 – надходження тепла від сонця ; Q_3 – надходження тепла від джерел в приміщенні; Q_4 –теплота від радіаторів; CU – регулятор; T – сам температурний датчик; S – програмований прилад для встановлення бажаної температури в приміщенні; M – прилад керування регулювальним клапаном

Теплове навантаження визначається співвідношенням теплових втрат і теплонадходжень. Теплові втрати залежать від стану огорожувальних конструкцій будівлі та різниці температур між зовнішнім середовищем і внутрішнім повітрям приміщення. Теплонадходження включають сонячну енергію, тепло, що виділяється освітленням, обладнанням та присутністю людей. Регулювання температури дозволяє мінімізувати різницю між бажаною та фактичною кімнатною температурою.

Автоматичне регулювання є особливо ефективним там, де є технічна можливість забезпечення комфортної температури повітря в приміщенні. Установлення автоматичних регуляторів на радіаторах дозволяє підтримувати задану температуру завдяки раціональному використанню внутрішніх теплонадходжень.

Вартість і трудомісткість такої модернізації залежать від типу системи опалення. Наприклад, для вертикальної одноконтурної системи витрати будуть вищими, ніж для двоконтурної. Однак незалежно від використання регуляторів,

ефективна робота системи опалення можлива лише за умови правильної гідравлічної ув'язки. Вона забезпечує оптимальну витрату теплоносія, сприяючи економії енергії та підтриманню необхідних параметрів роботи системи.

Централізоване регулювання температури в приміщеннях дозволяє адаптувати температуру теплоносія залежно від показників у контрольному приміщенні будівлі. Для цього використовують змішувальні клапани або акумулювальні баки, які забезпечують ефективне управління температурою подачі теплоносія до системи опалення.

Змішувальний клапан як регулювальний елемент дозволяє коригувати температуру теплоносія відповідно до температури в контрольному приміщенні, тоді як котел підтримує постійну температуру, наприклад, 75°C. Змішувальний клапан забезпечує змішування води, що повертається із системи опалення, з гарячою водою з котла для досягнення необхідної температури теплоносія в системі.

Регулювання температури в приміщеннях з урахуванням погодних умов здійснюється шляхом коригування температури теплоносія відповідно до зовнішньої температури повітря. У Західній Європі такі системи широко застосовуються разом із радіаторними терморегуляторами, що забезпечує раціональне використання енергії та високий рівень теплового комфорту.

Як регулювальний елемент можуть використовуватися пальник котла або змішувальний клапан на трубопроводах. У випадку з пальником температура води в котлі змінюється залежно від зовнішньої температури повітря шляхом регулювання його роботи. Температура теплоносія в системі опалення відповідає вихідній температурі води з котла та варіюється в діапазоні від 40 до 75 °C, відповідно до температурного графіка.

Таблиця 3.1 - Порівняння регулювального обладнання для систем опалення

<i>Спосіб регулювання</i>	<i>Бажана температура в будівлі</i>	<i>Тепло надходження в приміщенні</i>	<i>Зниження втрат при розпад. тепла</i>	<i>Можливість зниження темпер у нічний час</i>	<i>застосовування</i>
Ручне регулювання	--	--	--	-	Не рекомендовано
Ручне регулювання температури теплоносія в котельні в поєднанні з терморе-гуляторами на радіаторах.	+	+	--	-	Цей метод використовується лише для невеликих систем опалення, за умови регулярного використання терморегуляторі в користувачами.
Автоматичне регул-ня температури теплоносія в котельні в залежності від погодних умов, доповнене ручним регулюванням радіаторними кранами (за умови регулярного використання споживачами).	-	-	+	++	Застосовується в тих випадках, коли теплонадходження від сонця та внутрішніх джерел не мають значного впливу на теплове навантаження приміщень.
Автоматичне регул-ня температури теплоносія в котельні в залежності від погодних умов з корекцією температури приміщення, а також ручне регулювання радіаторними кранами (за умови регулярного використання споживачами).	+	-	++	++	Рекомендується для малих систем опалення з незначними коливаннями теплового навантаження в різних приміщеннях.
Автоматичне регул-ня температури теплоносія в котельні в залежності від погодних умов, доповнене регулюванням за допомогою радіаторних терморегуляторів.	+	++	++	-	стандартна система для житлових будинків, малих бізнесах
Автоматичне регул-ня температури теплоносія в залежності від погодних умов з коригуванням за температурою приміщення, а також регул-ня за допомогою радіаторних терморегуляторів.	++	++	++	++	Система регулювання високої якості, що рекомендується для всіх типів житлових будівель, малих бізнесів

*-- незадовільно;- задовільно; ++ дуже добре; + добре

Комбіноване регулювання, яке враховує як погодні умови, так і температуру всередині приміщення, дозволяє поєднати адаптацію до зовнішніх умов із точним налаштуванням комфортного мікроклімату. Для запобігання корозії важливо підтримувати мінімально допустиму температуру води. Стабільність температури води на виході з котла забезпечується використанням додаткового регулювального вузла.

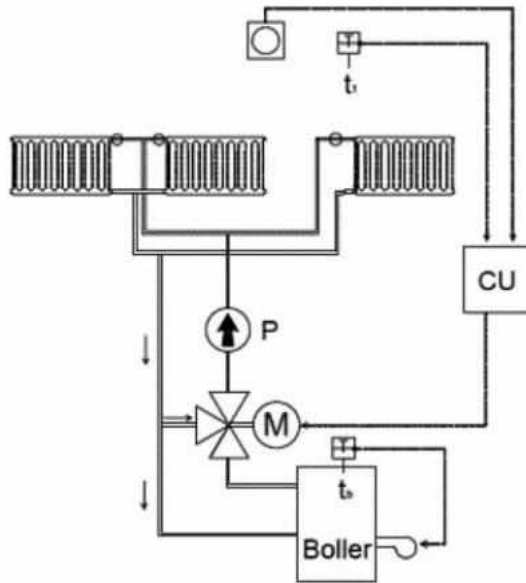


Рисунок 3.3 - Система регулювання температури приміщення змішувальним клапаном

3.3 Вибір джерела теплової енергії для адміністративно-побутового корпусу

Аналіз вибору джерела теплової енергії доцільно розпочати з оцінки вже встановленого обладнання. Це питання є особливо актуальним для адміністративно-побутових будівель, де важливо забезпечити раціональне використання енергоресурсів і мінімізувати вплив на довкілля. Серед сучасних технологій, які відповідають цим вимогам, вирізняється піролізне опалення. Воно дозволяє досягати високого рівня енергоефективності та екологічності, одночасно скорочуючи викиди шкідливих речовин у атмосферу.

Піролізні котли (рис. 3.4) є прогресивним рішенням для систем опалення, що працюють на біопаливі, такому як деревина або пелети. Завдяки високій

теплотворній здатності таких котлів, витрати на енергоспоживання суттєво знижуються порівняно з традиційними газовими чи електричними системами опалення. Основною перевагою піролізних котлів є використання технології високотемпературного розкладу органічних матеріалів у середовищі з обмеженим доступом кисню. Це забезпечує зменшення обсягів шкідливих викидів і підвищення ефективності процесу горіння.

Системи опалення, побудовані на основі піролізних котлів, демонструють оптимальне поєднання високих експлуатаційних характеристик та екологічних переваг. На українському ринку такі котли вже широко представлені, хоча їх вартість вища у 1,5–2 рази порівняно з традиційними твердопаливними котлами. Проте ця різниця компенсується підвищеною ефективністю та довшим часом роботи на одному завантаженні палива, що робить піролізні котли економічно вигідними в довгостроковій перспективі.



Рисунок 3.4 - Загальний вигляд котла Vissmann Vitoligno 100-S

Піролізні котли можуть функціонувати на одному завантаженні палива до 24 годин і більше. Тривалість їхньої роботи визначається низкою факторів: зовнішньою температурою, необхідним рівнем обігріву приміщення, якістю та

вологістю палива, ступенем утеплення будівлі, а також правильним проектуванням і монтажем системи опалення. Однак, їх перевага в ефективності над традиційними моделями залишається беззаперечною.

Принцип роботи піролізного котла базується на технології піролізного горіння, також відомого як суха перегонка палива. Цей процес полягає в термічному розкладанні деревини під впливом високих температур за умов обмеженого доступу кисню. У результаті утворюються два основні продукти: піролізний газ (летка частина) і твердий залишок у вигляді деревного вугілля (коксу).

Піроліз деревини здійснюється в температурному діапазоні від 200 до 800°C і супроводжується виділенням тепла, оскільки це екзотермічний процес. Це тепло сприяє додатковому нагріванню та висушуванню палива, а також підігріву повітря, що подається в зону горіння.

На завершальній стадії горіння піролізний газ змішується з киснем за високої температури, утворюючи основне джерело теплової енергії. Під час цього процесу газ вступає в реакцію з активним вуглецем, завдяки чому димові гази на виході практично не містять шкідливих домішок, складені переважно з вуглекислого газу та водяної пари.

Піролізний котел також викидає в атмосферу втричі менше CO₂ порівняно зі звичайними дров'яними або вугільними котлами. Під час піролізного горіння утворюється мінімальна кількість сажі та золи, що знижує необхідність частого очищення котла порівняно зі стандартними моделями. Це робить їх популярними серед сучасних опалювальних систем. Котли мають можливість регулювати потужність у широкому діапазоні (зазвичай від 30 до 100%), що забезпечує високу енергоефективність і зручність в експлуатації. Вони споживають менше палива завдяки високому коефіцієнту корисної дії, прості в обслуговуванні та рідко потребують чищення. Ще однією перевагою є те, що для завантаження палива достатньо кілька разів на добу, навіть при інтенсивній експлуатації, а згоряння великих шматків деревини відбувається

без втрати ефективності. Піролізні котли можуть використовувати деревину з вологістю до 20%, що надає їм більшу гнучкість у виборі палива та знижує витрати на попередню підготовку. Ці характеристики забезпечують стабільність роботи, економію часу та ресурсів, а також сприяють екологічності процесу опалення.

Для адміністративного корпусу підприємства з виробництва хлібобулочних виробів, розташованого далеко від газової мережі, було запропоновано встановлення піролізного котла Vissmann Vitoligno 100-S для опалення цехів і адміністративних будівель.

Особливості Vitoligno 100-S, що зробили його оптимальним вибором для сучасних опалювальних систем:

- Двоступеневий процес згоряння: Спочатку деревина під високою температурою та обмеженим доступом кисню розкладається на горючий деревний газ (піроліз), після чого цей газ спалюється з високою ефективністю, досягаючи ККД до 88%.
- Міцність і довговічність: Завантажувальна камера виконана з сталі товщиною 8 мм, що гарантує тривалий термін служби.
- Енергоефективність: Вбудований вентилятор з регульованою швидкістю (40–100%) забезпечує стабільну роботу котла та допомагає зекономити енергію.
- Екологічність: Котел під час роботи виробляє мінімум шкідливих викидів, значно знижуючи рівень викидів CO₂ порівняно з традиційними котлами.
- Технічна надійність: Теплообмінник захищає систему від перегріву, а камера згоряння виготовлена з жаростійкого матеріалу на основі карбіду кремнію.
- Зручність використання: Велика завантажувальна камера та зручне розташування дверцят дозволяють без проблем додавати паливо.

- Простота обслуговування: Система має механізми для швидкого очищення теплообмінних поверхонь, а електронний регулятор сигналізує про необхідність поповнення палива.

- Гнучкість: Котел може працювати з полінами довжиною до 50 см, що забезпечує зручність при виборі палива.

- Тривала робота: Завдяки великій завантажувальній камері котел може працювати довше без потреби в частому додаванні палива.

Технічні характеристики котла Vitoligno 100-S наведено на рис.3.5., сам Laddomat 21 (рис. 3.6) є інноваційним рішенням, яке замінює традиційні схеми з'єднання окремих компонентів системи опалення, забезпечуючи максимально ефективну роботу котла навіть при повному навантаженні. Цей пристрій виконує низку важливих функцій, таких як: швидке досягнення робочої температури Laddomat 21 забезпечує швидкий прогрів котла після розпалювання, що значно підвищує ефективність початкового етапу роботи; регулювання накопичення тепла в акумулювальних баках пристрій оптимізує процес накопичення тепла в системі, що дозволяє зберігати енергію для подальшого використання; захист від перегріву у разі відключення електроенергії Laddomat 21 забезпечує гравітаційну циркуляцію теплоносія між котлом і акумулювальним баком, запобігаючи перегріву котла та потенційному пошкодженню системи. Цей пристрій є важливою складовою для стабільної та безпечної роботи опалювальної системи, підвищуючи її ефективність і надійність.

Технічні характеристики піролізного котла Vitoligno 100-S

Теплова потужність	кВт	25	30	40	60	80
Допустима температура подачі	С	95	95	95	95	95
Мінімальна температура зворотної магістралі	С	55	55	55	55	55
Максимальний робочий тиск	бар	3	3	3	3	3
Клас котла по EN 303-5		3	3	3	3	3
Габаритні розміри						
Довжина	мм	1289	1289	1366	1389	1389
Ширина	мм	618	678	678	751	841
Висота	мм	1190	1390	1490	1885	1885
Розміри завантажувального отвору						
Ширина	мм	340	400	400	450	540
Висота	мм	264	414	414	614	614
Розміри без дверей котла						
Довжина	мм	1005	1005	1089	1134	1134
Ширина	мм	526	586	586	655	749
Висота	мм	1063	1263	1363	1757	1757
Вага	кг	461	551	629	822	864
Вага котла без дверей	кг	391	470	540	708	740
Обсяг завантажувальної камери	л	100	160	190	290	350
Введення котла: вхід, вихід	G	1	1	1 1/4	1 1/2	1 1/2
Діаметр димоходу	ф	150	150	150	200	200

Рисунок 3.5 - Технічні характеристики піролізного котла Vitoligno 100-S [21]

Для забезпечення стабільної роботи твердопаливного котла необхідно створення граничного шару в акумулювальному баку — це зона, що розділяє гарячу воду зверху і більш холодну воду внизу. Laddomat 21 гарантує правильне змішування води та зберігає стабільність цього шару завдяки своїй

конструкції, яка забезпечує поступове і рівномірне заповнення бака гарячою водою.



Рисунок 3. 6— Зовнішній вигляд термозмішувального вузла Laddomat 21

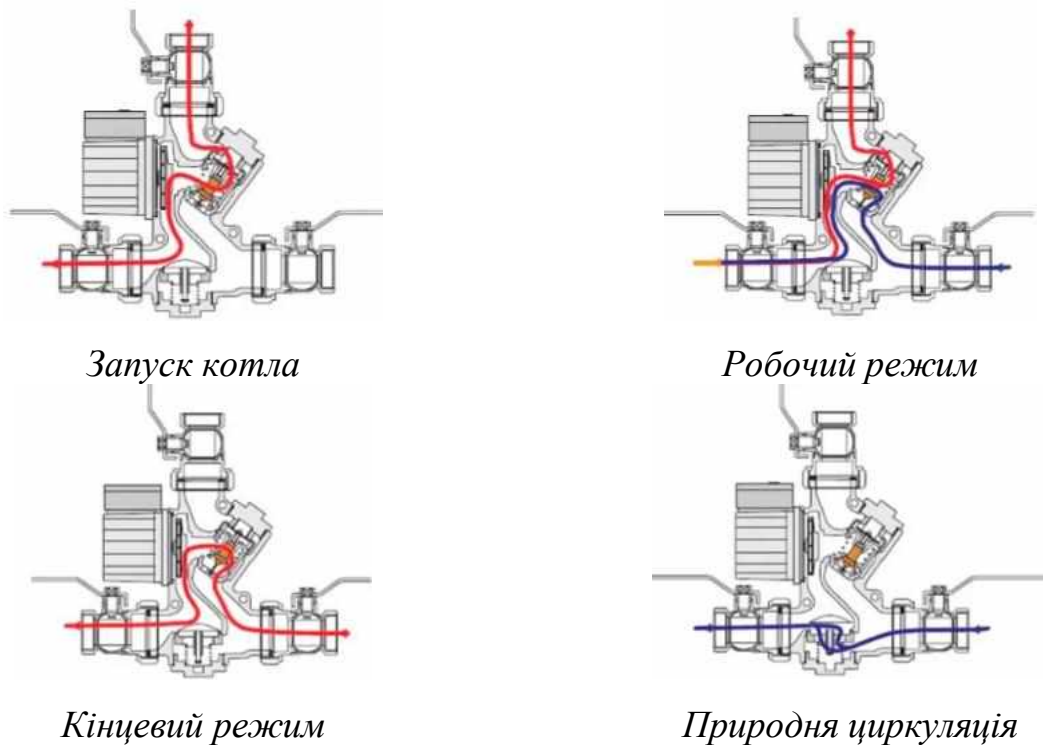


Рисунок 3.7 – Режими роботи термозмішувального вузла Laddomat 21

Запуск котла: Коли температура води в котлі нижча за 78°C, термостатичний клапан залишається закритим. Також вентиль для природної циркуляції закритий через тиск, створений насосом.

Робоча фаза: Коли котел досягає робочої температури 85°C, термостатичний клапан відкривається, і вода з котла починає змішуватися з холодною водою з резервуара. Температура змішаної води на вході в нижню частину котла підтримується на рівні 70°C. При збільшенні потужності котла температура в Laddomat 21 підвищується, термостатичний клапан відкривається ширше, змішуючи більше холодної води. Таким чином, навіть при температурі води на виході з котла до 90°C, Laddomat 21 забезпечує підтримку температури води на вході в котел не нижче 70°C.

Кінцева фаза: Коли температура води в акумулювальному баку досягає заданого рівня і гаряча вода починає циркулювати через Laddomat 21, термостатичний клапан повністю відкривається для потоку води з бака і закривається для потоку з котла. Уся циркуляція води відбувається через бак, що гарантує його повне заповнення гарячою водою.

Природна циркуляція: У разі відключення електроенергії або поломки насоса автоматично відкривається вбудований клапан для природної циркуляції, що дозволяє воді самостійно циркулювати між котлом і баком, запобігаючи перегріву та закипанню котла. Ця система дає змогу підтримувати опалення та зберігати тепло в будинку навіть під час тривалого відключення електрики.

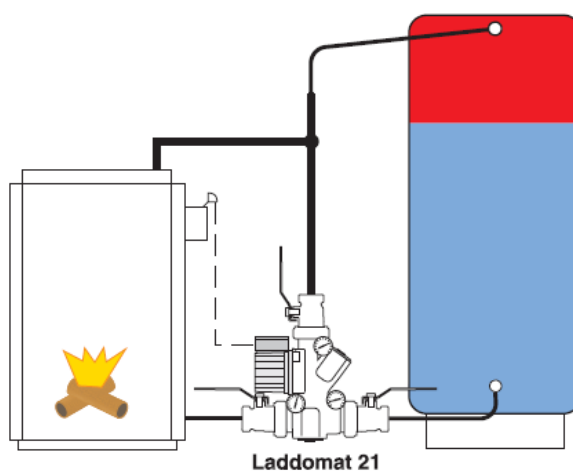


Рисунок 3.8 – Схема під'єднання до акумулюючої ємності

Пристрій забезпечує оптимальне накопичення тепла на заключних етапах горіння завдяки спеціальному термодіафрагмі, який запобігає надмірному потоку води. Після завершення горіння залишкове тепло передається в бак через природну циркуляцію, що мінімізує тепловтрати. У неробочому стані рециркуляція води відсутня, що додатково знижує енергоспоживання.

Laddomat 21 відрізняється простотою конструкції, герметичними ущільненнями і легкістю в обслуговуванні. Завдяки запірним клапанам пристрій можна обслуговувати без необхідності зливати воду із системи, що робить його зручним і надійним вибором для сучасних опалювальних систем.

Запірні вентиля мають низькі втрати тиску, що дозволяє забезпечити максимальний потік води під час останнього етапу накопичення тепла та природної циркуляції. Три термометри дозволяють здійснювати повний контроль за процесом накопичення тепла і можуть бути розміщені з будь-якого боку пристрою.

Експлуатаційні характеристики:

- Максимальний робочий тиск: 0,25 МПа
- Розрахунковий надлишковий тиск: 0,25 МПа
- Випробувальний надлишковий тиск: 0,33 МПа
- Максимальна робоча температура: 100°C.

Покажемо економічну ефективність використання твердопаливного газогенераторного котла на дровах в порівнянні витрат на енергопостачання з іншими джерелами тепла.

Врахуємо тариф на природний газ для промислових споживачів, станом на 2024 рік: 43 грн за м^3 з ПДВ. Дрова ціна різниться : сосна 1100 грн за 1 м^3 , дуб, ясьонь – середня 1400 грн за 1 м^3 .

Калорійність дров значно залежить від їх вологості. Чим більше вологи в деревині, тим менша її теплотворна здатність. Свіжо заготовлені дрова можуть містити від 45% до 60% вологи, а дрова, заготовлені на початку зими, мають менший вміст води. Твердолистяні породи зазвичай мають нижчий вміст

вологи, порівняно з м'яколистими. Для ефективного використання дров вони повинні бути розпиляні, розрублені та висушені. Дрова, що зберігалися на складі протягом року, мають вологість 20-25%, а після двох років зберігання — 13-17%. Для роботи котлів рекомендується використовувати дрова з вологістю не більше 25%. Чим вища вологість палива, тим менша його ефективність у котлі, а також підвищується зольність, що негативно впливає на якість палива. Залежність теплотворної здатності дров від їх вологості наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Показник розрахункової теплотворної здатності від вологості деревини за нормативним методом

Вологість		Вологовміст	теплотворна здатність дерева			Коефіцієнт при переводі в умовне паливо
W_i^r	U_i^r		C_i^r	Q_i^r		
Відн.	абсол.					
%	%	кг/кг		ккал/кг	мдж/кг	
80	400	4,01	413	1,72	0,48	0,059
75	300	3,0	666,8	2,78	0,78	0,095
70	233	2,34	920	3,86	1,07	0,131
65	185,7	1,86	1173	4,92	1,36	0,168
60	150	1,5	1427	5,99	1,66	0,204
55	122	1,22	1680	7,05	1,95	0,240
50	100	1,01	1933	8,11	2,25	0,276
45	81,8	0,82	2186	9,17	2,54	0,312
40	66,7	0,67	2440	10,23	2,84	0,349
35	53,8	0,54	2693	11,29	3,13	0,385
30	42,8	0,43	2947	12,36	3,43	0,421
25	33,3	0,3	3200,6	13,42	3,72	0,457
20	25	0,25	3573	14,98	4,16	0,510
15	17,65	0,18	3707	15,54	4,31	0,530
10	11,1	0,1	3960	16,60	4,61	0,566
5	5,26	0,05	4213	17,66	4,90	0,602
0	0	0,0	4467	18,73	5,20	0,638
0	0	0,0	4460	18,68	5,19	0,637

Таблиця 3.3- Кількість теплоти на 1 кг

Вид деревини	Ккал	кДж	кВт/год
Деревина з ялини	3900	16250	4.5
Деревина з сосни	3800	15800	4.4
Деревина з берези	3700	15500	4.3
Деревина з дуба	3600	15100	4.2
Деревина з бука	3450	14400	4.0
брикет	4400		5.1

Для опалення адміністративної будівлі $S = 600 \text{ м}^2$, висота стелі 3м.

Потужність обраного котла рахували наступним чином:

$$P = \frac{k \cdot S}{10} = \frac{0,8 \cdot 600}{10} = 48, \quad (3.1)$$

Тут врахований коефіцієнт тепловтрат для приміщень з утепленими стінами, дахом і підлогою та подвійними склопакетами), $k = 0,8$. Слід також у розрахунках врахувати тривалість опалювального сезону – 199 днів, рекомендовану температуру всередині приміщення – 20°C . Розрахунки по затратах по данному корпусу внесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахункові затрат на тепло

Тип палива	Необхідний об'єм палива		Вартість палива		Затрати на сезон
	кількість	Од.вим.	сума	Од.вим	
Дрова дуб	53,79	м^3	1400	Грн./ м^3	75306
брикети	19,13	т	6100	Грн./т	116693
Газ (юр. спож)	9563	м^3	43	Грн./ м^3	411212
Ел.ен. (юр. спож)	68854	кВт·год	5,17	грн/ кВт·год	355976

Вартість одного кубічного метра (720 кг) деревини становить не більше 1300 грн. Ціна одного кілограма дров із доставкою складає 1,8 грн. Для виробництва 1 кВт·год теплової енергії потрібно $0,125 \text{ м}^3$ природного газу або 0,25 кг деревини (за умови використання піролізного котла з коефіцієнтом корисної дії 90%).

То ж, аналіз результатів розрахунків показує. Дрова дубові палива є найекономічнішим серед представлених варіантів за умови доступності дров за зазначеною вартістю ($1400 \text{ грн}/\text{м}^3$, ціна постійно змінюється). Проте ефективність їх використання ще залежить від якості спалювання та умов зберігання дров. Тоді як брикети забезпечують вищу ефективність горіння

порівняно з дровами і їх вартість більша (6100 грн/т). такий варіант буде більш зручний у використанні палива, його зберіганні. Це гарантуватиме не тільки підвищення теплового комфорту опалювального приміщення, а й ,що сьогодні дуже важливо, енергобезпеку, енергонезалежність, надійність праці і зменшення викидів CO^2 в порівнянні з традиційними видами палива. Газ вводили в розрахунки для порівняння та його на об'єкті немає. Використання електроенергії для опалення в зазначеному адміністративному корпусі також є дорогим варіантом і в теперішніх умовах не забезпечується надійність постачання. Основними перевагами є точність регулювання та відсутність необхідності зберігання палива, але витрати на електроопалення залишаються значними.

Отже, у розділі проведений вибір джерела теплової енергії для адміністративно-побутового корпусу. Запропоновано піролізний котел Vissmann Vitoligno 100-S. У цьому розділі детально показані конструктивні особливості, його переваги для використання в системах опалення адміністративно-побутового корпусу. Запропоновано використання цього копла разом з термозмішувальним вузлом Laddomat 21, що забезпечує швидкий прогрів котла після розпалювання, значно підвищує ефективність початкового етапу роботи; регулювання накопичення тепла в акумулювальних баках пристрій оптимізує процес накопичення тепла в системі, що дозволяє зберігати енергію для подальшого використання; захист від перегріву у разі відключення електроенергії.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АДМІНІСТРАТИВНО-ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ

Охорона праці має важливе соціальне, економічне та політичне значення. З політичної точки зору, незадовільний стан охорони праці може стати причиною зростання соціальної напруги та негативно впливати на загальний політичний клімат у суспільстві. Економічний аспект проявляється у втраті суспільних ресурсів і виникненні соціально-економічних проблем для окремих осіб і сімей.

Державна політика у сфері охорони праці ґрунтується на таких принципах: пріоритет життя та здоров'я працівників над виробничими показниками; повна відповідальність роботодавця за забезпечення безпечних умов праці; соціальний захист працівників; та повне відшкодування шкоди постраждалим від виробничих травм і професійних захворювань. З огляду на специфіку роботи енергоємного виробництва, його працівники знаходяться в умовах підвищеної небезпеки, що вимагає впровадження заходів для забезпечення безпеки праці. Ці заходи починаються ще на етапі проектування котельних. Конституційне право громадян на охорону життя та здоров'я під час трудової діяльності закріплене в Законі "Про охорону праці". Людина є головним пріоритетом у всіх питаннях охорони праці. На підприємствах, в установах і організаціях повинні бути створені здорові й безпечні умови праці. Відповідальність за це покладається на керівництво підприємства, установи чи організації. Адміністрація зобов'язана дотримуватися трудового законодавства, впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, організовувати своєчасні медичні огляди та проводити інструктаж і навчання персоналу. Стан охорони праці та дотримання законів і норм контролюються державними та громадськими органами.

4.1 Безпечній експлуатація технологічного обладнання

Зони обслуговування. Елементи обладнання, що знаходяться на висоті більше 1,5 м від рівня підлоги (робочого майданчика), обслуговуються зі стаціонарних майданчиків, які оснащені огорожами та сходами. Сходи та майданчики мають огорожі з поручнями висотою не менше 1,0 м, а також бортовий елемент на висоті не менше 0,14 м. Відстань від майданчика до верхнього перекриття повинна бути не менше 2,0 м. Сходи виготовляються з листової просічної сталі товщиною 5 мм. По периметру котла встановлені обслуговувальні майданчики через кожні 3–4 м. Для підвищення оперативності управління та безпеки експлуатації, а також для виведення персоналу з небезпечних зон обслуговування, передбачена автоматизація основних та допоміжних процесів, включаючи:

- управління котлом автоматизовано через БЩУ, розташоване поруч з котлом, де є мнемосхема блоку;
- контроль більшості технологічних параметрів;
- захист і блокування при порушенні нормальної роботи агрегату.

Створення безпечних умов праці. Засувки та вентилі, що використовуються для роботи з парою або гарячою водою і потребують значних зусиль для відкривання, оснащені електричними або механічними приводами. Рухомі частини виробничого обладнання, до яких можливий доступ персоналу (наприклад, димососи, дуттєві вентилятори та інші), обгороджуються механічними щитками. Такі огорожі також встановлені на з'єднувальних полумуфтах електродвигунів та механізмів, що обмежують доступ обслуговуючого персоналу до обертових частин. Для забезпечення нормальних умов експлуатації котельного агрегату (КА) використовуються арматура з електроприводами. В системі також застосовуються дренажі і зворотні клапани.

Всі трубопроводи та теплообмінні апарати мають повітропроводні з'єднання на верхніх точках, що сполучаються з атмосферою. Приєднання арматури на трубопроводах виконані шляхом зварювання. Вихлопні гази від

клапанів виводяться на дах котельного відділення в місцях, недоступних для персоналу. Обмуровка котла виконана на каркасній, щитовій основі (шамотобетон, важкий бетон, ізоляційна вата, вулканізований кремнезем, теплоізоляційна цегла). У конструкції котла передбачено можливість термічного розширення його елементів (екранних труб та ін.), що досягається за допомогою кріплення до стін і стелі за допомогою пружинячих кріпильних деталей.

Усі гарячі частини обладнання, трубопроводи, баки та інші елементи, дотик до яких може призвести до опіків, оснащені тепловою ізоляцією. Матеріали ізоляції обрані таким чином, щоб температура їх поверхні не перевищувала 45°C за температури навколишнього повітря 25°C. Як ізоляційні матеріали використовуються фасонні вироби з перміту, скловолоконні та базальтові мати.

Решітки, що закривають отвори блочної станції управління (БСУ), мають розміри не більше 350×350 мм. Усі трубопроводи, розташовані у зонах доступу персоналу та мають температуру поверхні понад 45°C, покриваються теплоізоляцією відповідно до їхньої робочої температури.

Трубопроводи для пари та води фарбуються по всій довжині, із нанесенням кольорових кілець, що визначає правила ідентифікації трубопроводів промислових підприємств.

Для компенсації теплових розширень корпусу використовуються гнучкі опори та компенсатори. Пускові впорскуючі пароохолоджувачі, обладнані захисною сорочкою з двох частин, які жорстко кріпляться на кінцях до корпусу пароохолоджувача, мають ковзні з'єднання в центральній частині. Пояси жорсткості для зварних екранів виконуються з ферм, виготовлених із сортового профільного металу.

Для моніторингу параметрів, необхідних під час експлуатації котельного агрегату (КА), встановлені прилади для відображення показників. Зокрема, для параметрів, відхилення яких може призвести до аварії, передбачені сигналізуючі прилади. Котел оснащений датчиками температури, тиску,

витрати води, які подають звукові та світлові сигнали у разі перевищення допустимих меж параметрів.

Згідно з правилами безпеки, котел має бути обладнаний такими захисними пристроями:

- Відсічниками палива при зниженні рівня води нижче допустимого.
- Захистом від зниження тиску або перевищення температури води.
- Запобіжниками від підвищення тиску в вихідному колекторі до 1,05 від розрахункового значення.

Для живлення котлів підібрано кількість і продуктивність насосів таким чином, щоб у разі виходу з ладу одного з них решта забезпечували роботу котла з номінальною продуктивністю, враховуючи втрати.

4.2 Електробезпека. Технічні заходи для запобігання електротравматизму під час штатної експлуатації установок

Приміщення за рівнем електробезпеки належить до категорії особливо небезпечних через наявність високих температур, підвищеної вологості та інших несприятливих умов. Основні параметри: напруга мережі становить 220 В і 380 В, з допустимими для обслуговуючого персоналу трансформаторами напругою 6.3 кВ та глухо-заземленою нейтраллю.

Основні заходи для зменшення ризику електротравматизму:

- Використання знижених напруг: 42 В для ручного електроінструменту та локального стаціонарного освітлення.
- Для переносного та аварійного освітлення застосовується напруга 12 В, а освітлення всередині топок забезпечується акумуляторними або батарейними ліхтарями.
- Світильники встановлюються на висоті не менше 2,5 м над робочими місцями.
- Електропроводка виконується із застосуванням захищеного кабелю в металорукавах.
- Передбачено заземлення паливних трубопроводів.

- Використання знижених напруг: 42 В для ручного електроінструменту та локального стаціонарного освітлення.
- Для переносного та аварійного освітлення застосовується напруга 12 В, а освітлення всередині топків забезпечується акумуляторними або батарейними ліхтарями.
- Світильники встановлюються на висоті не менше 2,5 м над робочими місцями.
- Електропроводка виконується із застосуванням захищеного кабелю в металорукавах.
- Передбачено заземлення паливних трубопроводів.

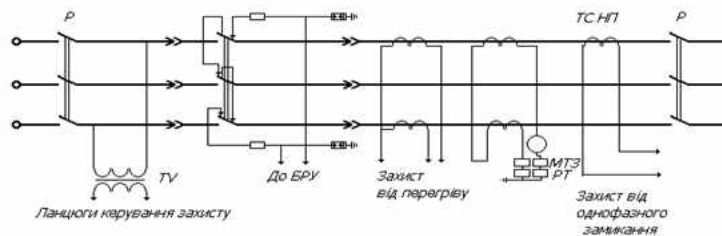


Рисунок 4.1 - Схема захисту комірки розподільчого пристрою

- Пускова апаратура електродвигунів витяжних вентиляторів розміщується поза приміщенням котельної.
- Усі струмопровідні частини обладнання огорожені, а на видимих місцях розміщуються попереджувальні знаки: *"Стій! Напруга!"*, *"Не влізай, уб'є!"*, *"Не вмикати – працюють люди!"*. Передбачено блокування, яке автоматично вимикає напругу при знятті огорож.
- У котельній передбачено два поперечні тунелі для прокладання кабелів на кожну установку, а на майданчиках димососів і вентиляторів кабелі прокладаються в трубах.
- Струмоведучі частини обладнані поліхлорвініловою чи іншою ізоляцією, що забезпечує опір не менше ніж 1 кОм на 1 В напруги електромережі.

- Напруга освітлювальної мережі в котельній, як і на всьому підприємстві, становить 220 В із заземленою нейтраллю.
- Розподільні шафи, пускові пристрої та клемні коробки виконані у закритому виконанні (захищені кожухами), що унеможливорює доступ до неізолюваних струмопровідних частин.
- Обслуговуючий персонал забезпечується ізолюючими засобами захисту: гумовими рукавичками, килимками, інструментом з ізолюваними ручками, покажчиками напруги, переносними заземленнями тощо.

Основним технічним рішенням для усунення ризиків при замиканні на корпус є застосування захисного заземлення. Це забезпечується шляхом цілеспрямованого електричного з'єднання металевих частин електроустановки із «землею» або її еквівалентом. Захисне заземлення застосовується у мережах з ізолюваною нейтраллю для напруги до 1000 В, а також у мережах з будь-якою напругою за наявності нейтралі з напругою понад 1000 В.

Електродвигуни з напругою 6,3 кВ, що живляться від мережі з ізолюваною нейтраллю, заземлюються через залізобетонні фундаменти будівель, металеві чи залізобетонні конструкції, створюючи безперервний електричний ланцюг.

Також широко використовується занулення — це електричне з'єднання металевих частин електроустановки із заземленою точкою джерела живлення за допомогою нульового захисного провідника.

Захисне занулення або заземлення виконується у таких випадках:

- для змінного струму з номінальною напругою 380 В і вище, а також постійного струму з напругою 440 В і більше;
- для змінного струму з напругою від 42 В до 380 В та постійного струму від 110 В до 440 В — у випадках робіт в умовах підвищеної небезпеки або особливо небезпечних умов.

4.3 Технічні заходи по забезпеченню промисловій санітарії

Шум. Основою для розробки технічних рішень слугують такі передумови: автоматизація технологічного процесу, управління з приміщень щитових, а також мінімізація присутності персоналу у виробничих зонах.

Джерела шуму включають котлоагрегати, димососи та вентилятори (89–90 дБА), паропроводи (87–98 дБА) і насоси (90 дБА). Для зниження рівня шуму в котельному відділенні до допустимих показників передбачено такі заходи:

- Забезпечення теплоізоляції джерел шуму, таких як трубопроводи, димососи, що водночас виконує функцію шумоізоляції.
- Використання дистанційного керування димососами, повітропроводами та іншими джерелами шуму з щитової кімнати.
- Ізоляція блоку щитового управління (БЩУ).
- Розміщення шумних об'єктів у окремих приміщеннях, наприклад, розташування газорозподільних установок поза будівлею котельної, вентиляційного обладнання та повітропроводів в ізольованих зонах.
- Установка фіксованих направляючих пристроїв у трубопроводах із високою швидкістю робочого середовища. На запобіжних клапанах головних трубопроводів встановлено шумопоглиначі.
- У системі кондиціонування БЩУ та щитової передбачена установка шумоглушників.
- Під час ремонтних робіт для захисту від шуму встановлюються звукопоглинальні екрани.
- Контроль рівня шуму здійснюється не менше одного разу на рік із використанням шумомірів.
- Застосування індивідуальних засобів захисту: вушних вкладишів, навушників, звукоізолюючих касок, шоломів та костюмів.
- Забезпечення рівня шуму у виробничих приміщеннях не більше 80 дБА, у щитових — до 75 дБА.
- Обладнання зон із рівнем шуму понад 85 дБА знаками безпеки

Вібрації. Джерела вібрації включають димососи, вентилятори, трубопроводи та обертові механізми. Вібрація нормується за середньоквадратичними значеннями швидкості вібрації (м/с) та її логарифмічним рівнем (дБ) в октавних смугах частот, залежно від типу, частоти, напрямку дії та тривалості впливу. У разі підвищення рівня вібрації трубопроводів, вентиляторів, насосів чи іншого обладнання виконується ремонт.

Методи зниження вібрації:

- У підмурівку котельного відділення влаштовані деформаційні шви для зменшення загальної вібрації.
- Використання обладнання з низьким рівнем вібрації.
- Балансування обертових вузлів, зокрема вентиляторів, та заміна підшипників ковзання на підшипники кочення, якщо це можливо.
- Використання еластичних прокладок, вставок, компенсаторів і амортизаторів для зменшення передачі вібрації.
- Облицювання підлоги вібродемпфіруючими матеріалами.
- Установка вентиляційного та насосного обладнання на віброізолюючі основи.
- Застосування індивідуальних засобів захисту: взуття з віброгасячими властивостями та рукавичок із амортизаційними вставками.

Для створення нормативних умов праці всі приміщення повинні бути забезпечені належним рівнем освітлення. У котельному відділенні передбачено систему комбінованого освітлення, яка включає загальне освітлення, розташоване на фермах перекриття, та місцеве освітлення для вимірювальних приладів, щитів управління і обслуговуваних майданчиків обладнання.

На підприємстві застосовуються такі види електричного освітлення:

- робоче;
- аварійне освітлення для евакуації;
- ремонтне освітлення.

У котельному залі використовується комбінована система освітлення, що включає бічне одностороннє природне світло та постійне штучне освітлення.

Для підключення переносних ручних світильників передбачена мережа розеток з напругою 12 В. Освітлювальна мережа в виробничих приміщеннях прокладається проводами та кабелями, які розташовуються відкрито на будівельних конструкціях в лотках та коробах. У котельному приміщенні освітлення виконано за допомогою кабелю ППВ, який прокладається приховано під штукатуркою та в порожнинах плит перекриття. Перерізи кабелів і проводів перевірені для мінімізації падіння напруги, що дозволяє забезпечити відхилення напруги на світильниках в межах $+5\ldots-2,5\%$ для робочого освітлення та $\pm 5\%$ для аварійного освітлення (в аварійному режимі).

Для захисту від електричного струму передбачено занулення корпусів світильників, групових освітлювальних щитів та кабельних конструкцій. Для розеток споживачів також передбачено захисне відключення. Для спеціальних світильників місцевого освітлення допускається використання напруги 220 В.

Пожежна безпека. На підприємстві пожежна небезпека пов'язана з великою кількістю палива, високими температурами обладнання, електроустановок та розгалуженими кабельними мережами, а також сировинними матеріалами. Котельня вважається пожежонебезпечною і належить до категорії "Г", з вогнестійкістю ступеня 2. Клас пожежної небезпеки зони – П-1.

Система пожежної безпеки. На газопроводах, що підводять газ до котельної, встановлена запорна арматура з електричним приводом, а також вивішуються таблички з написом "закрити при пожежі". Для огляду паливної системи дозволено використовувати вибухобезпечні лампи напругою 12 В із справною ізоляцією.

Всі гарячі поверхні, температура яких перевищує 45°C, покриті теплоізоляцією.

Під час підготовки до растопки котла вентиляція топки та газоходів проводиться протягом 10-15 хвилин за допомогою димососа та дуттєвого вентилятора при відкритих шиберів в газоповітряному тракті. У разі зриву факела негайно припиняється подача палива до пальників для запобігання вибуху, після чого проводиться ретельна вентиляція і повторне розпалювання.

Перед заповненням газом газопроводи повинні продуватися ним через збросні свічки (повітропроводи) до витіснення всього повітря, поки вміст O_2 не перевищить 1%. При зупинці котла газопроводи продуваються для витіснення газу. Газ виводиться через збросні свічки за межі котельної, де виключена можливість його запалення, оскільки при концентрації газу в межах 0,05-0,15% (5-15%) утворюється вибухонебезпечна суміш.

Для газопроводів застосована стальна арматура 1 класу герметичності.

Для запобігання проникненню вогню з одного приміщення в інше передбачено встановлення протипожежних загороджувальних стін з керамзитобетонних і залізобетонних панелей.

Система протипожежного захисту

Протипожежне обладнання включає стаціонарну розводку пожежної води та піни, оснащену пожежними рукавами і кранами, а також ящики з піском і совками, розташовані на відмітці 0.00 м. Ступінь вогнестійкості котельної – 2. Для гасіння кабелів, масла, що загорілося, та енергоустаткування до зняття навантаження використовуються пересувні вуглекислотні установки типу УП-2М (2-х та однобалочні). Установки розташовані по 2. Пінні вогнегасники типу ОП-6, ОУ-2, ОУ-8 знаходяться на пожежних щитах. Для гасіння кабельних тунелів та напівповерхів застосовується хімічне вогнегасіння.

Водопостачання для виробничо-протипожежних потреб здійснюється від насосної станції виробничо-протипожежного водопостачання. Кабелі в

кабельних тунелях, напівповерхах і каналах прокладаються окремо одна від одної, з вогнестійкими перегородками, що витримують до 1,5 години. Для контролю кабелів використовуються багатошарові прокладки в металевих коробах. Кабельний напівповерх відділений від котельної глухими стінками, і в ньому постійно контролюється тепловий режим роботи кабелів.

У разі пожежі в системі охолодження передбачена схема газового господарства, що забезпечує видалення водню з системи охолодження та заміну його вуглекислим газом, що має обсяг подвійного прокачування.

Для евакуації людей з відмітки підлоги 1-го поверху передбачені хвіртки, що ведуть до фасаду тимчасового торця. Вентилятори та кондиціонери мають автоматичне відключення нагнітання повітря до зони пожежі, щоб не сприяти її поширенню.

Отже, впровадження рекомендацій, наведених у розділі, щодо поліпшення умов праці в котельні, сприятиме зниженню рівня виробничого травматизму та зменшенню кількості випадків професійних захворювань серед персоналу. Це дозволить підвищити загальний рівень безпеки на підприємстві, що, в свою чергу, позитивно позначиться на ефективності роботи та збереженні здоров'я працівників

ВИСНОВКИ

Основне завдання кваліфікаційної роботи зводиться до аналізу шляхів підвищення енергетичної ефективності адміністративної будівлі, розробки технічних і організаційних рішень для мінімізації енерговитрат з урахуванням економічної доцільності та екологічних аспектів адміністративно-побутового корпусу підприємства крафтового виробництва хлібопродуктів.

В розділі 1 зазначено, що теплопостачальні системи є одними з найбільш енергоємних у будівлях. Тому дедалі частіше впроваджуються програми з енергоощадження, різноманітні проекти та технології для зниження енергоємності підприємства, що дозволяє підвищити ефективність роботи систем теплопостачання. Зазначені основні заходи для мінімізації витрат на опалення будівель, що включають: утеплення огорожувальних конструкцій, даху і підвалів; заміну або модернізацію вікон і дверей, перевірка на містки холоду, ущільнення вікон і дверей; при можливій реконструкції зменшення площі скління; встановлення тепловідбивних екранів за опалювальними приладами; застосування технологій для регулювання і зниження температури в приміщеннях у нічний та неробочий час, що дозволяє скоротити споживання енергії на 5-10%; встановлення ефективного теплообмінного обладнання на тепlopунктах; впровадження систем моніторингу витрат тепла та інші. В розділі наведені ефективні приклади застосування різних систем опалення громадських і промислових будівель: зазначені переваги і недоліки окремих систем теплопостачання.

В другому розділі приділено увагу рентабельності систем опалення. Показані основні теплоенергетичні параметри робот систем опалення. Проведений аналіз вартісної оцінка впровадження та експлуатації децентралізованих систем опалення на різних видах палива. Так зазначено, децентралізоване теплопостачання залишається економічно доцільним для великих об'єктів із належною інфраструктурою, оскільки воно забезпечує

стабільне теплопостачання при порівняно низьких витратах. Це може бути газове теплопостачання від котелень на даху, може бути ефективнішим з точки зору енергозбереження. Така система потребує інвестицій в локальну інфраструктуру. Електричні системи опалення, хоча і мають вищі питомі витрати, можуть бути вигідними в певних умовах, наприклад, для малих або віддалених будівель без доступу до газу чи централізованого теплопостачання. Перехід до індивідуальних систем опалення став відповіддю на недоліки централізованих систем, таких як високі витрати енергії та низька гнучкість в управлінні температурою. Отже, для кожного типу системи важливим є вибір відповідного обладнання та технологій, що забезпечать мінімальні енергетичні витрати та максимальну ефективність в конкретних умовах.

У третьому розділі розглянуті особливості конструктивних рішень сучасної системи опалення адміністративно-побутового корпусу. У розділі запропоновані заходи та рекомендації щодо мінімізації енерговитрат. Показана актуальність регулювання і надані рекомендації щодо системи регулювання опалення. Проведений вибір джерела теплової енергії для адміністративно-побутового корпусу. Запропоновано піролізний котел Vissmann Vitoligno 100-S. У цьому розділі детально показані конструктивні особливості, його переваги для використання в системах опалення адміністративно-побутового корпусу. Запропоновано використання цього котла разом з термозмішувальним вузлом Laddomat 21, що забезпечує швидкий прогрів котла після розпалювання, значно підвищує ефективність початкового етапу роботи; регулювання накопичення тепла в акумулювальних баках пристрій оптимізує процес накопичення тепла в системі, що дозволяє зберігати енергію для подальшого використання; захист від перегріву у разі відключення електроенергії.

Також було проведено порівняння ефективності цього котла з іншими типами опалювальних систем, що дозволило оцінити його внесок у зниження енергоспоживання, раціональне використання ресурсів та покращення

екологічних характеристик будівель. Проведений економічний розрахунок затрат на тепло для даного корпусу х використанням різних опалювальних систем. Серед розглянутих варіантів дрова дубові є найбільш економічно вигідним паливом, хоча їх використання потребує певних умов зберігання та підготовки. Брикети також забезпечують прийнятний баланс між вартістю та зручністю, але коштують майже на 55% дорожче за дрова. Використання газу та електроенергії є найменш економічно вигідними, особливо для юридичних споживачів, але може бути виправдане через зручність і автоматизацію процесів. То ж запропонована система опалення є економічно обґрунтованим рішенням, що на сучасному етапі гарантує. Це гарантуватиме не тільки підвищення теплового комфорту опалювального приміщення, а й, що сьогодні дуже важливо, енергобезпеку, енергонезалежність, надійність праці і зменшення викидів CO^2 в порівнянні з традиційними видами палива.

У 4 розділі розглядались питання охорони праці в системах електропостачання адміністративно-побутових споживачів. Відзначено, організація охорони праці на підприємстві знаходиться на високому рівні, що дозволяє забезпечити безпеку працівників та відповідність вимогам чинного законодавства.

Відділ охорони праці створений відповідно до вимог законодавчих та нормативних актів, а також галузевих стандартів. Завдяки високій кваліфікації та досвідченості фахівців, які працюють у відділі, він успішно виконує свої функції та забезпечує ефективну реалізацію політики безпеки праці на підприємстві.

Впровадження рекомендацій, наведених у розділі, щодо поліпшення умов праці в котельні, сприятиме зниженню рівня виробничого травматизму та зменшенню кількості випадків професійних захворювань серед персоналу. Це дозволить підвищити загальний рівень безпеки на підприємстві, що, в свою чергу, позитивно позначиться на ефективності роботи та збереженні здоров'я працівників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беззуб І. Підвищення енергоефективності – запорука забезпечення енергетичної незалежності України / І. Беззуб // Центр досліджень соціальних комунікацій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuviap.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=745:pidvishchennya-energoefektivnosti
2. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6- 31:2016. - К.: Мінбуд України, 2016. – 30 с. – (Державні будівельні норми України)ю
3. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6- 31:2006. - К.: Мінбуд України, 2006. – 70 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Практичні поради, як збільшити енергоефективність житла [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vdalo.info/praktichni-poradi-yak-zbilshiti-energoefektivnist-zhitla/>
5. ДСТУ 9190:2022 ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ
6. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель
7. Баранов В.І Енергоефективна експлуатація хлібопекарських печей. – Київ, 2015.-С.75.
8. Закон України від 22.06.2017 року №2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель» <https://www.ukrstat.gov.ua/>
9. Тепло- і масообмінні апарати і установки промислових підприємств. Ч.1 / за ред. Б.О. Левченко.–Харків: ХДПУ, 1999. 420 с.
10. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. - К.: Мінбуд України, 2006. – 70 с. – (Державні будівельні норми України).
11. Тепловизор для зданій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://si-/teplovizor-dlya-zdaniy/>

12. Економне опалення. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tt-kotel.com.ua/ekonomiya/>
13. ДБН В.2.6-31:2021. ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ
14. М. Робакевич, А. Панек. Термомодернізація житлового будинку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://thermomodernisation.org/wp-content/uploads/2017/.pdf>
15. Довідник з охорони праці на промисловому підприємстві / К. Н. Ткачук, Д. Ф. Іванчук, Р. В. Сабарно. – К. : Техніка, 1991. – 192 с.
16. Закон України України "Про охорону праці" https://ips.ligazakon.net/document/t269400?ed=2022_07_28.
17. Правила пожежної безпеки України <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0459-23#Text>.
18. Кваліфікаційна робота магістра : метод. рекомендації до змісту, структури та оформлення кваліфікаційної роб. : для студ. спец. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. П. Г. Плешков, К. Г. Петрова, Н. Ю. Гарасьова та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 74 с.
19. Осокін В.В. Селезньова Ю.А., Охорона праці: питання і відповіді (у сфері торгівлі, виробництва харчової продукції, митної справи, підприємницької і економічної діяльності): Навч. посіб. – 2-ге вид. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2004. – 139с.
20. Основи безпечної експлуатації електроустановок : підручн. / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків : УкрДУЗТ, 2021. – 149 с.
21. Технічні характеристики Vitoligno 100-S [Електронний ресурс] https://climaster.com.ua/viessmann-vitolig-150-25-kw?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIzrXFlqGQigMVLA-iAx00HB3IEAQYASABEGJxMfD_BwE