МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота/проєкт

другий (магістерський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз заходів щодо енергозбереження в системі теплопостачання об'єкта промисловості»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1443
спеціальності 144 Теплоенергетика
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Теплоенергетика
(назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
А.І.Головащенко
(ініціали та прізвище)

Керівник доц.,к.т.н. Єрофєєва А.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент ст. викл. Таратута В.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М.Потебні
Кафедра____Електричної інженерії та кіберфізичних систем _____
Рівень вищої освіти____другий (магістерський) рівень_____
Спеціальність __144 Теплоенергетика_____
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика_____
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

д.т.н., проф. _____ В.Л. Коваленко
«_____»_____ 2024 року

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

Головащенко Анастасія Іванівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) «Аналіз заходів щодо енергозбереження в системі теплопостачання об'єкта промисловості»
керівник роботи (проєкту) Єрофєєва Аліна Анатоліївна, доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «28» лютого 2024 року № 361-с
2.Строк подання студентом роботи _____01 грудня 2024 р._____
3 Вихідні дані до роботи : загальні відомості про систему теплопостачання об'єкта промисловості, теплотехнічні характеристики зовнішніх огороджень будівлі; об'єм будівлі $V_б$=31027 м^3; висота побутових приміщень $h_{пп}$=3 м, будівельна кубатура опалювальних приміщень - 22472 м^3.
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз системи теплопостачання 2) Вибір та обґрунтування раціональної системи теплопостачання об'єкта промисловості 3) Техніко-економічне обґрунтування заходів щодо енергозбереження в системі теплопостачання.
5 Перелік графічного матеріалу 1) Порівняльна характеристика котлів. 2) Динаміка зростання децентралізованих систем теплопостачання в Україні 3) Загальний вид електричного водогрійного підлогового котла. 4) Дослідження

впливу автоматики на теплоприхід та температуру повітря в приміщенні 5) Управління процесом теплопостачання за допомогою контролерів 6) Характеристики насосних станцій SPERONI CAM 7) Техніко-економічне обґрунтування заходів щодо енергозбереження в системі теплопостачання.8) Висновки.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Єрофєєва А.А., доц., к.т.н.		
Розділ 2	Єрофєєва А.А., доц., к.т.н.		
Розділ 3	Єрофєєва А.А., доц., к.т.н.		

5 Дата видачі завдання 24.06.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	АНАЛІЗ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	01.10.2024	
2	ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТА ПРОМИСЛОВОСТІ	14.11.2024	
3	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	01.12.2024	

Студент _____ А.І.Головащенко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту). _____ А.А.Єрофєєва
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ І.І.Коваленко
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

А.І. Головащенко. Аналіз заходів щодо енергозбереження в системі теплопостачання об’єкта промисловості.

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник А.А. Єрофєєва. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2024.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз заходів щодо енергозбереження в системі теплопостачання об’єкта промисловості.

Запропоновані можливі рішення з підвищення енергоефективності системи теплопостачання підприємства. Проведені заходи з енергозбереження - відмова від централізованого теплопостачання та впровадження локальної автономної мінікотельної. Запропоновано алгоритм та математичну модель управління теплопостачанням за допомогою контролерів. Представлено техніко-економічне обґрунтування заходів щодо енергозбереження в системі теплопостачання.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, алгоритм управління теплопостачанням, теплове навантаження, автоматика, контролер, математична модель, автономна котельня, насосні станції, котел, строк окупності.

ABSTRACT

Golovashchenko A.I.. Analysis of energy saving measures in the heat supply system of an industrial facility.

Qualifying final work for the degree of master's degree in specialty 144 - Heat and power engineering, scientific supervisor A.A. Yerofieieva. Zaporizhzhia National University. Y.M. Potebnyi Engineering Education and Research Institute. Department of Electrical Engineering and Cyberphysical Systems, 2024.

The qualification work analyzes energy saving measures in the heat supply system of an industrial facility.

Possible solutions to improve the energy efficiency of the company's heat supply system were proposed. Energy saving measures have been taken, such as the rejection of centralized heat supply and the introduction of a local autonomous mini-boiler house. The algorithm and mathematical model of heat supply management using controllers are proposed. A feasibility study of energy saving measures in the heat supply system is presented.

Keywords: energy saving, energy efficiency, heat supply control algorithm, heat load, automation, controller, mathematical model, autonomous boiler house, pumping stations, boiler, payback period.

ЗМІСТ

ВСТУП. 6
1. АНАЛІЗ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. 8
1.1 Різновиди систем теплопостачання. 8
1.2 Класифікація опалювальних котлів. 16
1.3 Гаряче водопостачання. 23
1.4 Тепловий баланс котла. 24
1.5 Аналіз ринку електричного котельного устаткування. 25
2. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТА ПРОМИСЛОВОСТІ 28
2.1 Загальні відомості про систему теплопостачання об'єкта промисловості..... 28
2.2 Теплотехнічний розрахунок конструкцій, що обгороджують будівлю складів промислового об'єкта. 28
2.3 Розрахунки витрат тепла на гаряче водопостачання. 39
2.4 Обґрунтування доцільності установки електричної мінікотельної 42
2.5 Вибір обладнання для електрокотельні та системи ГВП. 47
2.6. Алгоритм та математична модель управління теплопостачанням за допомогою контролерів..... 57
2.7 Заміна вікон будинку промислового об'єкта на енергозберігаючі. 60
3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ 64
3.1 Впровадження автономної міні котельної 52
3.2 Заміна вікон будинку промислового об'єкта на енергозберігаючі. 72
ВИСНОВКИ. 76
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ 77

ВСТУП

Актуальність роботи. В умовах сучасної енергетичної кризи, яка зумовлена значним подорожчанням енергоносіїв та загрозами для енергетичної безпеки, питання децентралізації систем теплопостачання в Україні стає надзвичайно актуальним. Існуючі централізовані системи опалення часто є застарілими, малоефективними та енерговитратними, що призводить до значних теплових втрат та високих тарифів для кінцевих споживачів.

Автономні котельні в Україні стають все більш актуальними через їх економічну ефективність, енергетичну незалежність та екологічні переваги. В умовах війни та енергетичної кризи вони є важливим рішенням для забезпечення стабільного теплопостачання як для приватних будинків, так і для промислових об'єктів. Державна підтримка та розвиток технологій роблять їх ще більш привабливими для широкого впровадження.

Об’єкт дослідження – мінікотельня промислового об’єкта.

Предмет дослідження – енергетична ефективність системи теплопостачання.

Мета роботи - аналіз заходів щодо енергозбереження в системі теплопостачання об’єкта промисловості.

Задачі дослідження. Для досягнення зазначеної мети дослідження в магістерській роботі вирішуються такі задачі:

- аналіз централізованих та децентралізованих систем теплопостачання;
- вибір та обґрунтування раціональної системи теплопостачання об’єкта промисловості;
- розробка алгоритму та математичної моделі управління теплопостачанням за допомогою контролерів;

- техніко-економічне обґрунтування заходів щодо енергозбереження в системі теплопостачання.

Методи дослідження - теоретичний, розрахунковий, аналіз і синтез літератури, математичне моделювання, техніко-економічний аналіз.

Апробація роботи. Участь у І ВСЕУКРАЇНСЬКІЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ ЗА УЧАСТЮ МОЛОДИХ УЧЕНИХ ТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СУСПІЛЬСТВА У СФЕРАХ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, МЕНЕДЖМЕНТУ ТА ЕКОНОМІКИ» 16-18 жовтня 2024 року Запоріжжя: ЗНУ, 2024.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

1.1 Різновиди систем теплопостачання

Теплопостачання - система забезпечення теплом будинків і споруд, призначена для забезпечення теплового комфорту людей, які знаходяться в них або для можливості виконання технологічних норм.

За місцем вироблення теплоти системи теплопостачання поділяються на:

- централізовані (джерело виробництва теплової енергії працює на теплопостачання групи будинків і пов'язане транспортними пристроями з приладами споживання тепла);

- місцеві (споживач і джерело теплопостачання знаходяться в одному приміщенні або в безпосередній близькості).

Централізовані системи теплопостачання. Системи теплопостачання великих житлових масивів, міст, селищ і промислових підприємств. Джерелами теплоти у них служать теплоелектроцентралі або великі котельні, які мають високі ККД, що транспортують і розподіляють теплоносій по тепловим мережам довжиною 10-15 км, з максимальним діаметром труб 1000-1400 мм, що забезпечує подачу споживачам теплоносія в необхідних кількостях і з необхідними параметрами. Потужність ТЕЦ становить 1000-3000 МВт, котельних 100-500 МВт. Великі централізовані системи постачання мають кілька джерел теплоти, пов'язаних резервними тепломагістралями, що забезпечують маневреність і надійність їх функціонування. В централізовані системи постачання входять і системи теплопостачання будівель, пов'язані з нею єдиним гідравлічним і тепловим режимами і загальною системою управління. Проте зважаючи на різноманіття технічних рішень теплопостачання будівель їх виділяють в самостійну технічну систему, звану

системою опалення. Тому централізовані системи постачання починаються джерелом теплоти і закінчуються абонентським введенням в будівлю [1-4].

Централізовані системи постачання бувають водяні та парові. Основна перевага води як теплоносія в значно меншій витраті енергії на транспортування одиниці теплоти у вигляді гарячої води, ніж у вигляді пари, що обумовлюється більшою щільністю води. Зниження витрати енергії дає можливість транспортувати воду на великі відстані без істотної втрати енергетичного потенціалу. У великих системах температура води знижується приблизно на 1°С на шляху в 1 км, тоді як тиск пари (його енергетичний потенціал) на тій же відстані приблизно на 0,1 - 0,15 МПа, що відповідає 5 - 10°С. Тому тиск пари у відборах турбіни у водяних систем нижче, ніж у парових, що призводить до скорочення витрат палива на ТЕЦ. До інших переваг водяних систем відносяться можливість центрального регулювання подачі тепла споживачам шляхом зміни температури теплоносія і простіша експлуатація системи (відсутність конденсатовідвідників, конденсатопроводів, конденсатних насосів). До переваг пари слід віднести можливість задоволення і опалювальних і технологічних навантажень, а також малий гідростатичний тиск. Враховуючи переваги і недоліки теплоносіїв, водяні системи використовують для теплопостачання житлових масивів, громадських і комунальних будівель, підприємств, що використовують гарячу воду, а парові - для промислових споживачів, яким необхідний водяний пар. Водяні централізовані системи постачання - основні системи, що забезпечують теплопостачання міст. Централізація теплопостачання міст становить 70-80%. У великих містах з переважно сучасною забудовою рівень використання ТЕЦ в якості джерел теплоти для житлово-комунального сектора досягає 50-60%[3,5].

В теплофікаційних системах пар високих параметрів (тиск 13, 24 МПа, температура 565°С), що виробляється в енергетичних котлах, подається в турбіни, де, проходячи через лопатки, віддає частину своєї енергії для отримання електроенергії. Основна частина пари проходить через відбори і

надходить у теплофікаційні теплообмінники, в яких він нагріває теплоносій системи теплопостачання. Таким чином, на ТЕЦ теплота високого потенціалу використовується для вироблення електроенергії, а теплота низького потенціалу - для теплопостачання. Комбіноване вироблення тепла й електроенергії забезпечує високу ефективність використання палива, дозволяє скоротити його витрату.

У більшості централізованих систем постачання максимальна температура гарячої води приймається 150 °С. Температура пари в теплофікаційних відборах турбіни не перевищує 127 °С. Отже, при низьких температурах зовнішнього повітря в теплофікаційних теплообмінних апаратах підігріти воду до необхідного рівня не можна. Для цього використовують пікові котли, які працюють тільки при низьких зовнішніх температурах, тобто знімають пікове навантаження. Так як опалювальне навантаження змінюється зі зміною зовнішньої температури, змінюється і кількість пари, що відбирається з турбіни для теплопостачання. Невідпрацьована пара проходить через циліндри низького тиску турбіни, віддає свою енергію і надходить в конденсатор, де підтримується вакуум (тиск 0,004-0,006 МПа), якому відповідають низькі температури конденсації 30-35 °С, а охолоджуюча вода має ще більш низьку температуру, тому не використовується для теплопостачання. Таким чином, для теплопостачання використовується тільки частина пари, що проходить через відбори турбіни, що знижує економічний ефект теплофікації. Однак витрата палива на вироблення електроенергії та теплоти для теплопостачання в середньому за рік скорочується приблизно на 1/4 - 1/3. Економічний ефект дає і використання в якості джерел теплоти великих районних котелень установок (теплових станцій), які мають високий ККД [5,6].

Теплоносій від джерел теплоти транспортується і розподіляється між споживачами за розвиненими тепловими мережами. В результаті теплові мережі охоплюють всі міські території, а їх спорудження викликає найбільші містобудівні та експлуатаційні труднощі. У процесі експлуатації вони

піддаються корозії і руйнуванню. Аварійні пошкодження призводять до відмов теплопостачання, соціальному та економічному збиткам. В результаті теплові мережі, будучи основним елементом великих систем теплопостачання, стають і найбільш слабкою складовою їх частиною, що знижує економічний ефект від централізації теплопостачання, обмежує максимальну потужність систем. Залежно від способу приготування гарячої води централізовані системи постачання поділяють на закриті та відкриті. У закритій системі циркулююча в ній вода використовується тільки як теплоносій. Вода нагрівається на джерелі теплоти, несе свою ентальпію до споживачів і віддає її на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Вода для гарячого водопостачання береться з міського водопроводу і підігрівається в поверхневих теплообмінних апаратах циркулюючим теплоносієм до необхідної температури. Система закрита по відношенню до атмосферного повітря. У відкритих системах гаряча вода, яку використовує споживач, відбирається з теплової мережі. Отже, гаряча вода в системі використовується не тільки як теплоносій, а й безпосередньо як речовина. Тому система теплопостачання є частково циркуляційною, а частково прямоточною. Вода гарячого водопостачання готується на джерелі теплоти, прямоточно рухається до споживачів і виливається через водорозбірні крани в атмосферу.

Для великих міст централізація теплопостачання - перспективний напрямок. Централізовані системи, особливо теплофікаційні, витрачають менше палива. Скорочення і укрупнення джерел теплоти покращують умови для містобудування та екологію великих міст. Менша кількість джерел теплоти дозволяє різко скоротити число димових труб, через які в навколишнє середовище викидаються продукти згоряння. Виключається необхідність створення безлічі дрібних паливних складів для зберігання твердого палива, звідки при децентралізованих системах теплопостачання доводиться розвозити паливо, а з розкиданих по всьому місту невеликих котелень відвозити золу і шлаки. Крім того, при централізації джерел теплоти легше очищати димові гази від токсичних компонентів.

Централізовані системи постачання раціонально будувати за ієрархічним принципом. Для підвищення надійності теплопостачання ТЕЦ складається з декількох енергетичних котлів та парових турбін: основні елементи ТЕЦ мають резерви. Водяний пар з котлів через пароперегрівач надходить в турбіни, де віддає частину своєї теплової енергії, яка перетворюється в механічну і далі, в електрогенераторі, в електричну. Пара з відборів турбіни надходить в теплофікаційні підігрівачі, в яких нагріває циркулює в системі теплоносій до 120°С. Невідпрацьована пара надходить в конденсатор, де підтримуються параметри: 0,005 МПа і 32 °С, при яких вона конденсується і віддає свою теплоту охолоджуючій воді. Конденсат з конденсатора за допомогою конденсатного насоса надходить в деаератор. На шляху до нього він проходить регенеративні підігрівники. В деаератор надходять підживлювальна вода з хімводоочистки і пара з відбору турбіни для підтримки необхідної температури. В деаераторі з води виділяються кисень і вуглекислий газ, які викликають корозію металу. Підживлювальна вода з деаератора підживлювальними насосами подається в парові енергетичні котли (парогенератори). На шляху вода підігрівається в регенеративних підігрівачах високого тиску. Цей підігрів підвищує термінальний ККД циклу. Теплофікаційна вода, що циркулює в системі, нагрівається в теплофікаційних підігрівачах в теплопідготовчій установці ТЕЦ. Нагрівання здійснюється парою, яка відбирається з турбіни і конденсується в підігрівачах. У нижній підігрівач пара надходить більш низького тиску (до 0,2 МПа), ніж у верхній (до 0,25 МПа). Конденсат з верхнього підігрівача через конденсатовідвідник надходить в нижній підігрівач і далі конденсатним насосом направляється в живильну лінію. В теплофікаційних підігрівачах вода може нагрітися приблизно до 120°С (при 0,25 МПа температура насичення 127°С). При низьких температурах зовнішнього повітря догрів води до 150°С здійснюється в пікових котлах. Циркуляцію води забезпечують циркуляційні насоси, перед якими в трубопровід надходить підживлювальна вода [3,7].

Теплові мережі проєктують у вигляді двох рівнів: магістральні теплопроводи - другої ієрархії, рівень і розвідні мережі мікрорайонів і кварталів - третій ієрархічний рівень. Магістральні теплові мережі резервують.

При великих діаметрах тепломагістралей відгалуження від них приєднують дубльованим способом з двох сторін секційної засувки. При відмові ділянки праворуч від засувки теплоносій рухається по відгалуженню зліва і навпаки. Таке приєднання виключає вплив відмов магістральних теплопроводів на надійність теплопостачання. Поблизу вузла приєднання відгалуження до магістрального теплопроводу доцільно встановлювати районний тепловий пункт - основна споруда системи теплопостачання мікрорайону, яке забезпечує автоматичне керування експлуатаційними та аварійними гідравлічними і тепловими режимами. Управління здійснюється з диспетчерського пункту з допомогою телесистеми. До теплових мереж мікрорайонів і кварталів будівлі приєднують через індивідуальні теплові пункти, групи будинків - через центральні теплові пункти. Ці мережі не резервують і виконують тупиковими, тому їх діаметри обмежують величиною в 300-350 мм. В індивідуальних теплових пунктах встановлюють теплообмінники гарячого водопостачання і вузол приєднання системи опалення та вентиляції, в центральних також встановлюють підігрівачі гарячого водопостачання, але вузли приєднання систем опалення і вентиляції розташовують у будівлях. Тому від централізованих систем теплопостачання до будинків йде чотиритрубна система: дві труби з розрахунковими температурами 150-70°С на опалення та вентиляцію, одна з температурою 60°С і циркуляційна для гарячого водопостачання.

Надійність функціонування системи теплових мереж перевіряють розрахунком. Нормативи надійності в кінцевому рахунку визначають долю нерезервованих мереж, ступінь секціонування і дублювання окремих елементів системи[7,8].

Децентралізовані системи теплопостачання. Останнім часом швидкими темпами виходять на вітчизняний ринок децентралізовані системи теплопостачання.

До децентралізованих автономних систем опалення відносять системи з тепловою потужністю менше 23 МВт.

Постійне зростання попиту на автономні джерела опалення в даний час визначено інвестиційно-кредитною політикою. На будівництво централізованої системи теплопостачання потрібен великий обсяг капіталовкладень в джерело, теплові мережі та внутрішні системи будинку, при чому з невизначеним терміном окупності або практично на безповоротній основі. При будівництві децентралізованої системи теплопостачання, капіталовкладення на порядок нижче через відсутність теплових мереж, а так само існує можливість перекласти витрати з будівництва на вартість житла (споживача), даний фактор і є причиною в даний час підвищення попиту на децентралізовані системи теплопостачання для об'єктів нового будівництва житла. Організація автономного теплопостачання дозволяє здійснити реконструкцію об'єктів в міських районах старої та щільної забудови при відсутності вільних потужностей у централізованих системах. Децентралізація на основі сучасних високоефективних теплогенераторів здатна задовільнити запити практично будь-якого споживача.

Перераховані фактори на користь децентралізації теплопостачання призвели до того, що воно вже стало розглядатися як безальтернативне технічне рішення, позбавлене недоліків. Тому необхідно детально розглянути ті проблеми, які проявляються при більш уважному підході до цього питання, проаналізувати окремі випадки застосування децентралізованих систем, що дозволить вибрати раціональне рішення в комплексі.

До переваг децентралізованих систем відносять:

- економічна ефективність, з урахуванням фінансових наслідків реалізації проєкту для його безпосередніх учасників;

- комерційна ефективність, що враховує пов'язані з проєктом витрати і результати, що виходять за межі прямих фінансових інтересів його учасників і допускають вартісне вимірювання;

- рівень споживання органічного палива - оцінка з цього натуральному показнику повинна враховувати як прогнозовані зміни вартості палива, так і стратегію розвитку паливно-енергетичного комплексу регіону (країни);

- вплив на навколишнє середовище;

- енергетична безпека [3,7].

На рисунку 1.1. представлено динаміку зростання децентралізованих систем теплопостачання в Україні за 2000-2025р.р. відносно частки системи. Графік наочно ілюструє тенденцію зменшення централізованих систем та зростання популярності децентралізованих.

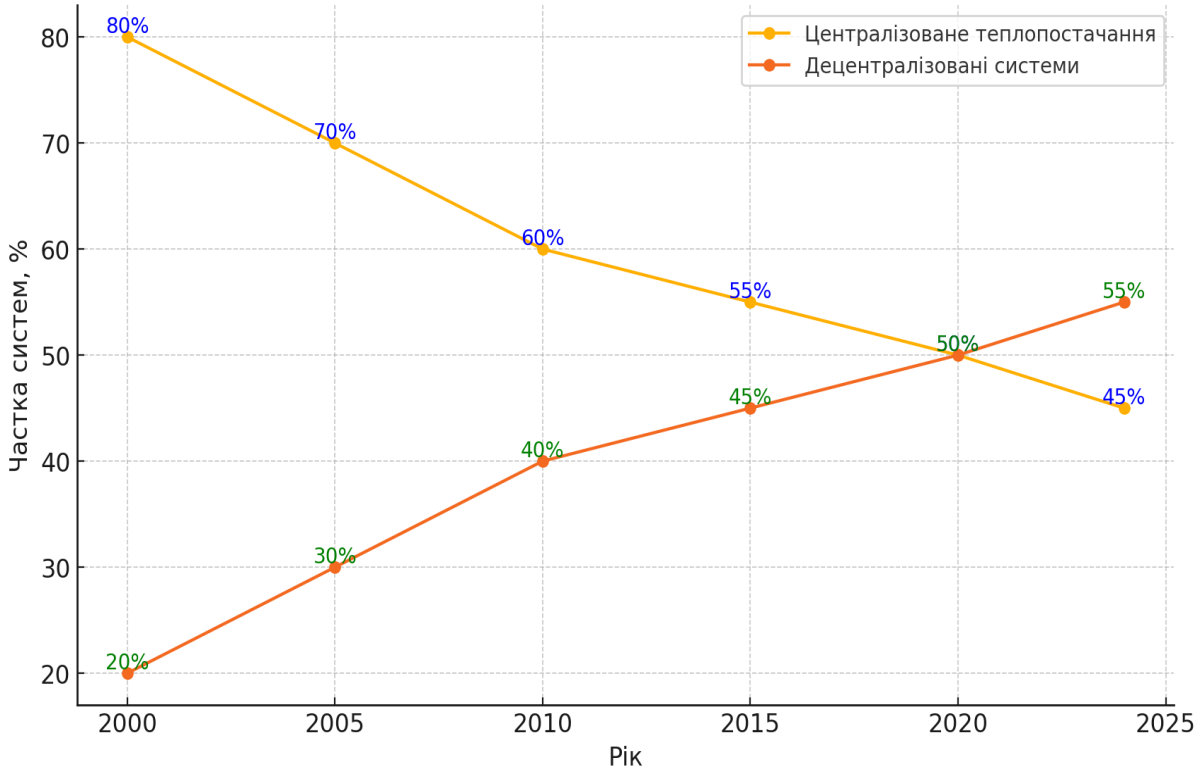


Рисунок 1.1 Динаміка зростання децентралізованих систем теплопостачання в Україні за 2000-2025р.р.

При виборі джерела автономного теплопостачання необхідно враховувати цілий ряд факторів. Перш за все, це зона розташування об'єкта теплопостачання, на яку треба подати тепло (окрема будівля або група будинків). Істотний вплив на вибір джерела теплопостачання має характер забудови в місці розташування будівель (поверховість та щільність забудови).

Важливим фактором є стан інженерної інфраструктури (стан основного технологічного обладнання та теплових мереж, ступеня їх морального та фізичного зносу та ін.). Не менше значення має вид використовуваного в даному місті чи населеному пункті палива (газ, мазут, вугілля, деревні відходи та ін.)

Визначення економічної ефективності є обов'язковим при розробці проєкту створення автономних систем для будівель, що знаходяться в зоні дії централізованого теплопостачання.

Використання автономних джерел знижує показники економічної ефективності системи централізованого теплопостачання:

- скорочується підключене теплове навантаження до міської котельні, а отже відбувається збільшення собівартості відпускної теплової енергії;
- в теплофікаційних системах, скорочується рівень виробленої електроенергії з комбінованого циклу, що тягне до погіршення енергетичної ефективності роботи станції.

1.2 Класифікація опалювальних котлів

Котли - найбільш оптимальна альтернатива центральному опаленню. Незаперечною перевагою автономної системи теплопостачання є можливість створення комфортних умов окремого житла. Але як не помилитися при виборі котла? Необхідно враховувати безліч факторів і характеристик.

В залежності від роду теплоносія котли поділяють на парові і водогрійні. Тут має значення, в якому стані вода перебуває на виході з котла - у вигляді пари або води, нагрітої до високої температури.

Існують котли з одноконтурною системою, яка дозволяє виключно опалювати приміщення, і двоконтурної, яка дає можливість, крім обігріву приміщення, підігрівати проточну воду.

За типом виконання котли діляться на підлогові і настінні. Останні, в свою чергу, поділяються на атмосферні (з відведенням продуктів згоряння через димохід) і турбовані (з відводом продуктів згоряння через стінку, на якій встановлений котел). Також котли можуть бути з відкритою і закритою камерами згоряння.

За типом використовуваного палива котли бувають електричні, газові, рідкопаливні, твердопаливні, комбіновані. До речі, при виборі котла необхідно враховувати вартість застосовуваного палива, оскільки з часом недороге, на перший погляд, устаткування може виявитися абсолютно не вигідним [9,10].

Щодо переваг електричних котлів (рис.1.1), то електрокотли вважаються найбезпечнішими: в них немає відкритого полум'я.



Рисунок 1.1 – Електричний котел виробника «Титан», Україна

Завдяки незначній вазі їх можна вішати на стіну, отже економиться місце в приміщенні. Для їх установки не потрібно окреме приміщення з витяжкою, не потрібно міняти пальник (як у газових і рідкопаливних котлів); вони безшумні, екологічні.

Основні недоліки електрокотлів - висока вартість електроенергії і відсутність достатньої електричної потужності на деяких ділянках (наприклад, у віддалених від міста дачних селищах).

Газові котли (рис 1.2). Цей вид, мабуть, самий популярний у нашій країні. І, мабуть, не просто так - використовуючи дешеве паливо, газовий котел має високий ККД.

Крім того, газову опалювальну систему особливо зручно встановлювати, якщо поряд з будинком проходить газова магістраль. Котлами на газі (їх потужність - від 7 кВт) добре опалювати великі приміщення. Використовувати ж котли, що працюють від балонного газу, - задоволення не для бідних, через пару місяців ваш котел стане «платиновим». Слід також враховувати, що тиск в газопроводі часто то підвищується, то знижується (взимку зменшується, влітку збільшується).



Рис.1.2 – Газовий котел

Зниження тиску в мережі газопостачання до 6-8 Мбар (замість допустимих 13 Мбар) приводить до роботи пальників на половину їх потужності. Полум'я може бути настільки маленьким, що вогонь пропалює сам пальник. В іншому випадку - занадто велике полум'я призводить до перегріву котла і пропалювання його корпусу. Правда, сьогодні можна вирішити цю проблему, встановивши виносний пальник. Плюсом газової опалювальної установки є простота в експлуатації: не треба стежити, чи досить палива - газ подається постійно [9,11].

Настінні газові котли, незважаючи на те, що дуже компактні, містять в собі всі необхідні елементи для роботи: пальник, теплообмінник, пристрій управління, один / два циркуляційних насоси, розширювальний бак, манометр, термометр, систему, що забезпечує безпечну роботу котла. Їх ще називають міні-котельні. На ринку ці котли з'явилися недавно, але вже встигли завоювати свою нішу.

Існують моделі з природною та примусовою тягою. Останні обладнані вентилятором, який допомагає продукти згоряння виводити на вулицю через так званий коаксіальний димар, часто іменований «труба в трубі». По внутрішній трубі виводяться продукти згоряння, а по зовнішній поступає повітря, чим виключається спалювання кисню в приміщенні, де знаходиться опалювальна установка.

Що стосується недоліків газових котлів, слід назвати кілька основних нюансів. По-перше, на установку такого котла необхідно одержати дозвіл (часто оформленням документації займається монтажна організація за окрему плату). По-друге, необхідний димар і добре провітрюване приміщення з окремим виходом на вулицю. Газовий котел повинен бути обов'язково оснащений автоматикою, яка реагує на витік газу і повністю перекриває газову трубу, якщо раптом такий витік відбувається.

Рідкопаливні котли (рис.1.3). По продуктивності дизельні (рідкопаливні) котли близькі до газових. По суті кажучи, їх різниця полягає лише в застосовуваному паливі. Дизельний котел (його потужність складає від

10 кВт) доцільно використовувати для опалення будинку, поруч з яким немає газопроводу [12,13].



Рис.1.3 - Рідкопаливний котел

Якщо говорити про вартість дизпалива, то його ціна в середньому в два рази нижче вартості електроенергії. Двох-п'яти тон дизельного палива достатньо для обігріву будинку площею 300-400 м^2 протягом опалювального періоду. Найчастіше власники таких котлів купують відразу цистерну дизельного палива.

Переваги дизельних котлів наступні. Вони високопотужні, завдяки чому ними можна опалювати великі площі. Для їх установки не потрібно спеціальних дозвільних документів (як для установки газових); їм характерний високий ККД.

З недоліків застосування опалення соляркою - необхідність установки фільтру тонкого очищення палива, який знижує вірогідність засмічення форсунок, що тягне за собою неповне спалювання палива і падіння ефективності роботи опалювального котла. Крім того, дизельний котел коптить і вимагає окремого приміщення з витяжкою (щоб уникнути отруєння чадним газом). Плюс до всього таке обладнання коштує дорожче інших видів.

Твердопаливні котли (рис.1.4). Сучасні твердопаливні котли набагато зручніші в експлуатації, ніж ті, які використовувалися декілька десятиліть тому. Тим не менше, головний недолік цього типу усунути практично неможливо - вони не можуть працювати в повному автоматичному режимі, оскільки вимагають регулярного завантаження палива.



Рис.1.4 – Твердопаливний котел

Оптимальний варіант опалення таким котлом - літній будиночок, дача площею до 60 м^2. Твердопаливні котли можуть працювати на дровах (дерево, деревні паливні гранули), бурому або кам'яному вугіллі, коксі, торф'яних брикетах. Існують «всеїдні» моделі, які можуть працювати на всіх перерахованих видах палива і з використанням деяких з них, але мають при цьому більший ККД [12,13].

Найпростіший спосіб швидко обігріти будинок - придбати піч, для якої підійдуть дрова, тирса та ін. Сучасне обладнання може працювати безперервно протягом 12-24 годин, вимагаючи 1-2 заправок паливом в день.

Більш досконалий варіант - твердопаливні котли, які можуть оснащуватися автоматикою і самостійно підтримувати задану температуру води на виході за допомогою спеціального датчика. Такий датчик з'єднаний із

заслінкою, яка при збільшенні температурних показників вище заданих вами автоматично прикривається, таким чином, процес горіння сповільнюється, і навпаки.

Масове виготовлення автоматизованих опалювальних систем на деревному паливі для обігріву котеджів почалося після того, як наприкінці XX століття німецькі фахівці створили новий вид твердого палива - деревні паливні гранули.

Паливні, або деревні гранули (пелети) - це пресовані циліндри діаметром 4-10 мм, довжиною 2-5 см, перероблені з висушених відходів лісопереробного виробництва: дерев'яна тирса, стружка, кора, сучки, гілки і т. д.

З незаперечних переваг твердопаливних котлів - екологічність в порівнянні з тими ж рідкопаливними.

Комбіновані котли (рис.1.5). Комбінований, або багатопаливний, котел може працювати на різних видах палива (наприклад, солярці і дереві, солярці і газі). Такий котел дуже зручний в тому випадку, коли немає можливості постійного забезпечення одним видом палива. Тобто якщо у вас є доступ до газу, ви опалюєте газом, якщо є дрова - дровами. Але одночасно використовувати декілька видів палива неприпустимо.

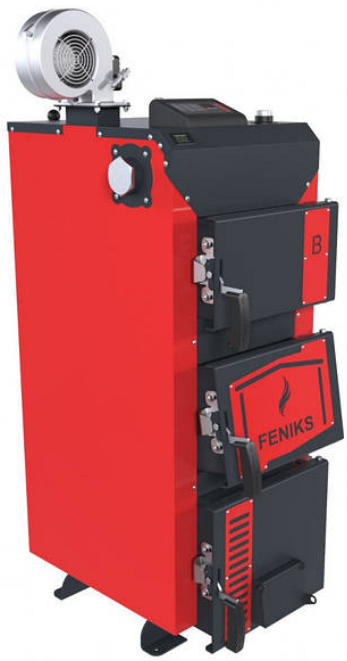


Рисунок 1.5 – Комбінований котел

Істотний мінус такого виду опалювальної системи полягає в складності монтажу, ремонту, профілактики та управління.

1.3 Гаряче водопостачання

Гаряче водопостачання (ГВП) - комплекс пристроїв, призначених для вироблення і забезпечення споживачів гарячою водою, постачання гарячою водою житлових будинків, комунальних і промислових підприємств для побутових та виробничих потреб. Системи гарячого водопостачання складаються з джерел тепла, водопідготовчої апаратури, водонагрівачів, трубопроводів, що транспортують воду і пристроїв для регулювання та контролю температури води.

Види систем ГВП. Вода, що подається системами гарячого водопостачання в житлові та громадські будівлі і на господарсько-побутові потреби промислових підприємств, повинна бути питної якості і задовольняти вимогам ДСТу. До якості води, що йде на технологічні цілі, пред'являють вимоги залежно від характеру виробництва. Розрізняють системи гарячого водопостачання централізовані і місцеві (децентралізовані).

Централізована система ГВП. У централізованих системах вироблення тепла виробляється на ТЕЦ, в різних котельних, використовується також відкидне тепло промислових підприємств, підземні та інші джерела, при цьому тепло передається до споживачів по трубопроводах тепломережі. Приготування гарячої води здійснюється як в самих джерелах тепла, так і в центральних теплових пунктах (ЦТП) або ж безпосередньо в будинках. У місцевих системах джерела тепла для нагрівання води знаходяться на місці її споживання.

Централізоване гаряче водопостачання може здійснюватися за закритою схемою, коли водопровідна вода нагрівається теплоносієм (водою або парою)

з теплових мереж в водонагрівачах, що встановлюються в центральних теплових пунктах або безпосередньо в будинках. При здійсненні гарячого водопостачання по відкритій схемі вода «розбирається» споживачами безпосередньо з теплової мережі. При цьому відпадає необхідність установки водонагрівачів в будинках або на ЦТП і зменшується можливість корозії місцевих трубопроводів. Проте для «підживлення» таких систем потрібна велика кількість води, що пройшла попередню обробку щоб уникнути накипу і корозії в трубах і устаткуванні теплопостачальних пристроїв. Максимальна температура води в системах гарячого водопостачання 750°С, мінімальна (в точках водорозбору) 600 °С.

Для запобігання охолодження води в подавальних трубопроводах систем гарячого водопостачання в періоди малого водорозбору здійснюється постійна циркуляція з допомогою так званого циркуляційного трубопроводу.

Для вирівнювання графіка навантажень і зниження витрат на джерела тепла, теплообмінники, тепло мережі і водопідготовку в централізованих системах застосовують баки-акумулятори гарячої води, в яких вона накопичується в години невеликого розбору і витрачається в період значного водоспоживання [14,15].

Місцева система ГВП. При місцевому гарячому водопостачанні водонагрівачі встановлюються безпосередньо в місцях споживання води (душі, мийки, виробничі агрегати) і обігріваються спалюється допливами (газоподібним, рідким, твердим) або електроенергією. Ці установки зазвичай вимагають значних витрат часу і праці на їх обслуговування і, як правило, не є безперервно діючими.

1.4 Тепловий баланс котла

При роботі водогрійного котла вся теплота, яка в нього надійшла, витрачається на вироблення корисної теплоти, що міститься в перегрітій парі,

і на покриття різних втрат теплоти. Сумарну кількість теплоти, що надходить в котлоагрегат, називають розташованою теплотою і позначають Q_p^p. Між теплотою, що надійшла в котлоагрегат і покинула його, має існувати рівність. Теплота, що покинула котлоагрегат, являє собою суму корисної теплоти та втрат теплоти, пов'язаних з тепловим процесом вироблення перегрітої пари. Отже, тепловий баланс котла для 1м^3 спалюваного газу при нормальних умовах має вигляд:

$$Q_p^p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

Q_p^p - розташована теплота, (кДж/м^3);

Q_1 - корисна теплота, що міститься в гарячій воді, (кДж/м^3);

Q_2 - втрата теплоти з димовими газами, (кДж/м^3);

Q_3 - втрата теплоти від хімічної неповноти згоряння, (кДж/м^3);

Q_4 - втрата теплоти котлом в навколишнє середовище, (кДж/м^3).

1.5 Аналіз ринку електричного котельного устаткування

На сьогоднішній день, на українському ринку електричного котлового устаткування в різноманітному асортименті представлені як електрокотли українського виробництва, так і електричні агрегати закордонних фірм-виробників.

На ринку присутні електричні котли потужністю від 31,5 до 1800 кВт, якість і ціна яких може задовольнити будь-якого потенційного покупця. До

українських виробників електричних агрегатів, продукція яких користується попитом у підприємств, можна віднести фірми «Тепломаш», «Титан», «Колві».

На ринку пропонується широкий вибір електрокотлів, які можуть бути використані в різних схемах, в тому числі з накопичувальними ємностями, проточними електричними водонагрівачами, системами теплих водяних підлог, разом з котлами, що працюють на інших носіях або разом з коминковим опаленням. Розширення можливостей електрокотлів диктує певні вимоги до їхніх конструктивних особливостей: з метою енергозбереження автоматика керування електрокотлів виключає одночасну роботу різних контурів, що нагрівається, що й гріє контури оснащуються окремими розширювальними баками для зм'якшення можливих гідроударів у мережі, передбачається функція плавного регулювання температури теплоносія для систем підлогового опалення й ін. [16,17].

Електрокотли випускаються в діапазоні потужностей від 31,5 до 1800 кВт. Такий широкий вибір типорозмірів припускає використання устаткування на різних об'єктах, і, отже, досить великий набір функцій і додаткових опцій для задоволення всіляких вимог споживачів. Електрокотли можуть бути встановлені в адмінбудівлях, багатоповерхових житлових будинках, складах, офісних приміщеннях, виробничих комплексах. Тому керування (у т.ч. дистанційне) котлами за допомогою автоматики вже в базовій комплектації передбачає позмінну, сезонну або часткову експлуатацію цього устаткування, а також обслуговування виробничих процесів.

Системи регулювання для електрокотлів поставляються з 7; 15; 30 ступенями потужності й забезпечують плавну зміну необхідних температур. Автоматика регулювання тепла припускає дотримання температури в приміщенні при найбільш економічному використанні потужності агрегату за рахунок особливого режиму нагрівання, при якому щільність і кількість включень контакторів мінімальні. В електрокотлах потужністю 120 кВт і вище встановлена автоматика проти википань.

Автоматикою котла можлива пріоритетна подача мережної води на підігрів води для гарячого водопостачання (ГВП). Це дає можливість готування води на потреби гарячого водопостачання, здійснюється за допомогою ємнісного водопідігрівача, що представляє собою пластинчастий теплообмінник [16,17].

Розглянувши й вивчивши основні параметри котлів з вище наведених описів можна зробити певні виводи для вибору котлів для створення мінікотельної в цеху розглядуваного промислового об’єкта.

У зв'язку з великою різноманітністю котлів та їх характеристиками, представлених на українському ринку прийнято рішення зупинити свій вибір на водогрійному котлі ЕКО фірми «Тепломаш» розташованій в м. Дніпро.

2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТА ПРОМИСЛОВОСТІ

2.1 Загальні відомості про систему теплопостачання об'єкта промисловості

Досліджуваний промисловий об'єкт є провідним виробником спеціальних сталей і сплавів. Продукція підприємства використовується у виробництві деталей машин і механізмів, різального інструменту для подальшої обробки металів та сплавів, безшовних труб і підшипників.

Будівля складів підприємства є кінцевою точкою теплової й парової магістралі. При цьому є значні втрати тепла в тепломережах через їхню зношеність, порушення теплової ізоляції, великої довжини траси прокладки трубопроводів.

Крім того, відсутність системи регулювання подачі тепла залежно від температури зовнішнього повітря викликає додаткові втрати. Усе це приводить до значної перевитрати теплової енергії в кількості приблизно до 35% від розрахункової потреби в теплі.

Таким чином, існуюча система теплопостачання не забезпечує нормативних температур внутрішнього повітря в приміщеннях складів.

2.2 Теплотехнічний розрахунок конструкцій, що обгороджують будівлю складів промислового об'єкта

Досліджуване виробниче приміщення перебуває у місті – Запоріжжя. Орієнтація головного фасаду по сторонах світла – Південь.

Приймаємо, що переважаючий напрямок вітру направлений на головний фасад будинку. Швидкість вітру U=5,4 м/с.

Температура зовнішнього повітря для розрахунку систем опалення приймається рівній температурі найбільш холодним п'яти діб $t_{роз}$=-22°С.

Температура повітря в приміщенні приймається по нормах, залежно від розрахункової температури зовнішнього повітря $t_{пов}$=5°С.

Середня температура опалювального періоду $t_{оп}$=1,8°С.

Тривалість опалювального періоду Z=174 діб.

Обсяг будівлі складів $V_б$=31027 м^3

Висота побутових приміщень $h_{пп}$=3 м.

Теплотехнічні характеристики матеріалів конструкцій, що обгороджують, і умови їхньої експлуатації залежать від зони вологості в якій перебуває приміщення.

Зона вологості – *С.*

Умови експлуатації – *А.*

Теплотехнічні характеристики зовнішніх огороджень будівлі складів винесені в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 -Теплотехнічні характеристики зовнішніх огороджень

№ п/п	Матеріал обгороджуючих конструкцій	Щільність ρ, кг/м^3	Товщина δ, мм	Коефіцієнт теплопровідності λ, Вт/(Мк)
1	2	3	4	5
Зовнішні стіни				
1	Цегла селікатна	1800	395	0,755
2	Мінеральна плита	300	50	0,049
3	Штукатурка	7700	2	51,7
Підлога				
1	Бетон на щебені з природного каменю	2400	20	1,74

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
2	Цементо - піщаний розчин	1800	15	0,755
3	Основа з трамбованого щебеню	900	60	0,209
Горищне перекриття				
1	Євроруберoїд	600	1,5	0,174
2	Теплоізоляція з плити – кам'яної вати PAROC	150	80	0,038
3	Залізобетонна плита	2500	160	1,92

1. Зовнішні стіни.

Розрахуємо опір теплопередачі зовнішньої стіни:

$$R = \frac{1}{a_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{a_н}, \qquad (2.1)$$

де $a_в$ – коефіцієнт теплосприйняття внутрішньої поверхні системи, $a_в$=8,7 Вт/м^{2}К;

$\delta_1;\delta_2;\delta_3$ - товщина шару, м;

$\lambda_1;\lambda_2;\lambda_3$ - коефіцієнт теплопровідності шару;

$a_н$ – коэфіцієнт тепловіддачі від зовнішньої стіни до оточуючого повітря, $a_н$=23 Вт/м^{2}К.

$$R = \frac{1}{8,7} + \frac{0,395}{0,755} + \frac{0,002}{51,7} + \frac{0,05}{0,049} + \frac{1}{23} = 1,701 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Ескіз зовнішньої стіни наведений на рисунку 2.1

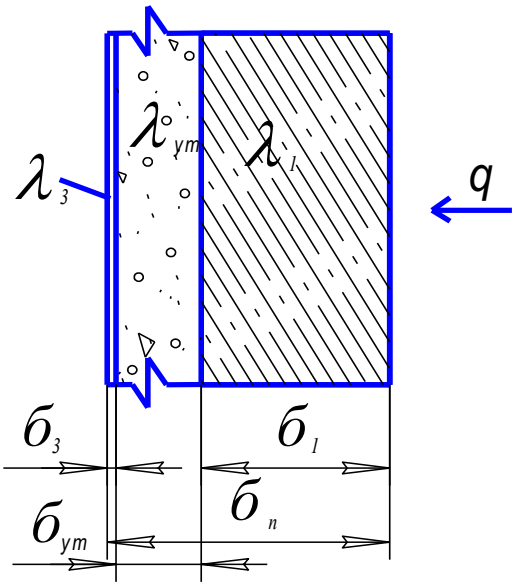


Рисунок 2.1 - Ескіз зовнішньої стіни

Коефіцієнт теплопередачі визначається як зворотня величина коефіцієнта термічного опору:

$$K = \frac{1}{R}. \tag{2.2}$$

$$K = \frac{1}{1{,}701} = 0{,}59 \text{ Вт/м}^2\text{К}.$$

2. Горищне перекриття.

При розрахунку горищного перекриття користуємося тією же методикою, що й для зовнішніх стін:

$$R = \frac{1}{a_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{a_н}, \tag{2.3}$$

де $a_н$- коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні до навколишнього повітря, для горищних перекриттів, $a_н$=11,6 Вт/м^{2}К.

$$R = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0015}{0,174} + \frac{0,08}{0,038} + \frac{0,16}{1,92} + \frac{1}{11,6} = 2,39 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі визначається аналогічно:

$$K = \frac{1}{R}, \tag{2.4}$$

$$K = \frac{1}{2,39} = 0,42 \text{ Вт/м}^2\text{К}.$$

3. Підлога.

Термічний опір утепленої підлоги, розташованої безпосередньо на ґрунті визначаємо по формулі:

$$R = R_0 + \Sigma \frac{\delta}{\lambda}, \tag{2.5}$$

де R_o – опір теплопередачі для не утепленої підлоги, розташованої на ґрунті, визначається по зонах шириною 2м:

I зона – 2,1м^{2}К/Вт;

II зона – 4,3м^{2}К/Вт;

III зона – 8,6м^{2}К/Вт;

IV зона – 14,2м^{2}К/Вт (для всієї площі, що залишилася).

$$R_I = 2,1 + \frac{0,02}{1,74} + \frac{0,015}{0,755} + \frac{0,06}{0,209} = 2,42\text{м}^2\text{К/Вт};$$

$$R_{II} = 4,3 + \frac{0,02}{1,74} + \frac{0,015}{0,755} + \frac{0,06}{0,209} = 4,62\text{м}^2\text{К/Вт};$$

$$R_{III} = 8,6 + \frac{0,02}{1,74} + \frac{0,015}{0,755} + \frac{0,06}{0,209} = 8,92 \text{м}^2\text{К/Вт};$$

$$R_{IV} = 14,2 + \frac{0,02}{1,74} + \frac{0,015}{0,755} + \frac{0,06}{0,209} = 14,52 \text{м}^2\text{К/Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі утепленої підлоги на грунті:

$$K_I = \frac{1}{2,42} = 0,413 \text{Вт/м}^2\text{К};$$

$$K_{II} = \frac{1}{4,62} = 0,217 \text{Вт/м}^2\text{К};$$

$$K_{III} = \frac{1}{8,92} = 0,112 \text{Вт/м}^2\text{К};$$

$$K_{IV} = \frac{1}{14,52} = 0,069 \text{Вт/м}^2\text{К}.$$

Ескіз підлоги наведений на рисунку 2.2

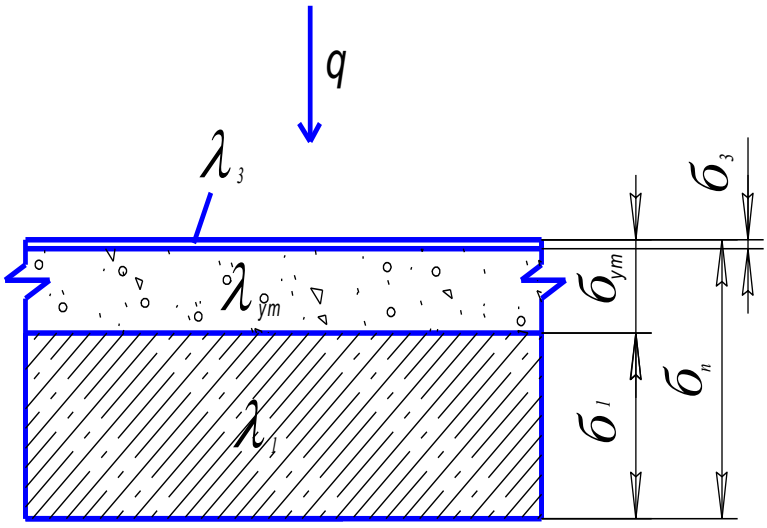


Рисунок 2.2 - Ескіз підлоги

4.Зовнішні вікна.

Тому що для підрахунку втрат тепла через стіни поверхні охолодження вимірюють без відрахування площі вікон, то площа вікон ураховується двічі. Тому коефіцієнт *К* для вікон приймаємо як різницю його значень для вікон і стін:

$$K_{вт} = K_{в} - K_{ст}, \tag{2.6}$$

$$K_{вт} = 3{,}5 - 0{,}59 = 2{,}91 \text{Вт/м}^2\text{К}.$$

Аналогічно розраховуємо коефіцієнт для зовнішніх воріт і дверей.

$$K_{від} = K_{в} - K_{ст}, \tag{2.7}$$

$$K_{від} = 4{,}65 - 0{,}59 = 4{,}06 \text{Вт/м}^2\text{К}.$$

5. Розрахунок теплових втрат приміщення

Основні теплові втрати конструкціями, що обгороджують, визначаються по формулі:

$$Q_{осн} = K \cdot F \cdot n \cdot (t_{ср} - t_{роз}) \cdot p, \tag{2.8}$$

де F – площа обгороджуючої конструкції, м^2;

p – множник додаткових тепловтрат у частках до основ $Q_{осн}$;

$$p = 1 + 0{,}01\ \eta, \tag{2.9}$$

де η – відсоток додаткових тепловтрат (добавка на орієнтацію огороджень відносно сторін світла, приймають для стін, дверей, вікон звернених на південь - 10%);

n – коефіцієнт, що показує відношення конструкції, що обгороджує, до зовнішнього повітря.

Теплові втрати зовнішніх стін:

$$Q_{оснс} = 0{,}59 \cdot 24297 \cdot 1 \cdot (5 - (-22)) \cdot 1{,}001 = 387440\text{Вт}.$$

Для теплотехнічного розрахунку виробничого приміщення теплові втрати стелі розраховуємо з урахуванням добавки на висоту, її вводять у приміщення висотою більше 4 м. Висота наших приміщень дорівнює 3м:

$$Q_{оснс} = 0{,}59 \cdot 7491 \cdot 0{,}9 \cdot (5 - (-22)) = 76450\text{Вт}.$$

Витрата теплоти на нагрівання повітря, що надходить до приміщення.

У виробничих приміщеннях витрата тепла на нагрівання холодного повітря, що надходить через вікна, двері, ворота досягає до 30 - 40 % від основних тепловтрат. З огляду на більшу величину, при визначенні тепловтрат виробничих приміщень роблять спеціальні розрахунки витрат тепла на нагрівання холодного повітря, що надходить до приміщення.

1. Витрата зовнішнього повітря, що надходить до приміщення, G визначають з формули:

$$G = \sum a \cdot j \cdot L, \qquad (2.10)$$

де a – поправочний коефіцієнт (для одинарних переплетів, дерев'яних a = 1; для воріт і дверей без тамбурів і шлюзів a = 3);

j – витрата повітря, що проникає в приміщення, кг/год;

L – довжина вікон, що відкриваються, дверей і воріт, м.

G =4· (3·11,8·3,04)+4·(3·11,8·8,4)+(1·11,8·9,41)=1730,942 кг/°С.

2. Кількість тепла, необхідне для нагрівання масової витрати зовнішнього повітря, що має температуру $t_н$, до температури в робочій зоні приміщення $t_в$, дорівнює:

$$Q_{інф} = 0{,}278 \cdot G \cdot c \cdot (t_в - t_н), \quad (2.11)$$

де c – питома теплоємність повітря, дорівнює 1,005 кДж/(кг·°С).

$Q_{інф}$ = 0,278·1730,942·1,005· (20-(-22))=20311,53 Вт.

У промислових приміщеннях добавку на вирівнювання холодного повітря через ворота й двері, що не мають тамбура й шлюзу, якщо вони відкриті менш ніж 15 хвилин у 1 годину, приймають рівною 300%.

Розрахуємо теплове навантаження цеху підготовки продукції по формулі:

$$Q_{ТН} = Q_{оснс} + Q_{оснс} + Q_{інф}, \quad (2.12)$$

де $Q_{оснс}$ – основні втрати тепла (через конструкції, що обгороджують, і стеля) будинку складів будівлі, кВт;

$Q_{інф}$ – витрата теплоти на нагрівання інфільтруючого зовнішнього повітря через конструкції, що обгороджують, приміщення, кВт;

$Q_{оснс}$ – тепловиділення від стелі, кВт.

Теплове навантаження будівлі складів :

$$Q_{ТН} = 387{,}44 + 76{,}45 + 20{,}31 = 484 кВт.$$

Максимальна годинна витрата тепла на опалення частини складів І поверху (склад металовиробів, склад абразивів):

$$Q = q_0 \cdot a \cdot (t_c - t_н) \cdot V_н, \qquad (2.13)$$

де q_0 – питома теплова характеристика на опалення, ккал/м^{3}годºС, q_0 = 0,42 ккал/м^{3}годºС;

a – поправочний коефіцієнт на зміну питомої теплової характеристики залежно від місцевих кліматичних умов, a = 1,125;

t_c – усереднена розрахункова внутрішня температура опалювальних приміщень, t_c= +5ºС;

$V_н$ – будівельна кубатура опалювальних приміщень, м^3, $V_н$= 22472 м^3.

Тоді:

$$Q = 0{,}42 \cdot 1{,}125 \cdot (5 + 22) \cdot 22472 = 286690 \text{ ккал/м}^3\text{годºС}.$$

Річна витрата тепла буде рівна, Гкал/рік:

$$Q_{річ} = Q_{час} \cdot 4176 \cdot \frac{t_{вн} - t_{н.ср.}}{t_{вн} - t_{з.роз.}}, \qquad (2.14)$$

де 4176 - число годин опалювального періоду (ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія,) год;

$t_{вн.}$ - внутрішня температура повітря в приміщенні (ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування"), °С;

$t_{н.ср.}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період (ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія, °С);

$t_{з.роз}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря (ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування"), [1,2]°С.

$$Q_{річ} = 0{,}286 \cdot 4176 \cdot \frac{5-0}{5+22} = 221 \text{ Гкал/год.}$$

Максимальна годинна витрата тепла на опалення АПК:

$$Q = 0{,}43 \cdot 1{,}18 \cdot (18+22) \cdot 1603 = 31034 \text{ ккал/м}^3\text{годºС},$$

де q_0 = 0,43 ккал/м^{3}годºС;

tc= +18ºС;

$V_н$= 1603 м^3.

Річна витрата тепла:

$$Q_{річ} = 0{,}031 \cdot 4176 \cdot \frac{18-0}{18+22} = 58 \text{ Гкал/год.}$$

Максимальна годинна витрата тепла на опалення частини складів II, III поверхів:

$$Q = 0{,}42 \cdot 1{,}125 \cdot (5+22) \cdot 6216 = 79310 \text{ ккал/м}^3\text{годºС},$$

де q_0 = 0,42 ккал/м^{3}годºС;

tc= +5ºС;

$V_н$= 6216 м^3.

$$Q_{річ} = 0{,}079 \cdot 4176 \cdot \frac{5-0}{5+22} = 61 \text{ Гкал/год.}$$

Максимальна годинна витрата тепла на опалення приміщення гаража автонавантажувача й приміщення акумуляторної:

$$Q = 0{,}65 \cdot 1{,}125 \cdot (10+22) \cdot 736 = 17241 \text{ ккал/м}^3\text{годºС},$$

де q_0 = 0,65 ккал/м^{3}годºС;

tc= +10ºС;

$V_н$= 736 м^3.

$$Q_{річ} = 0{,}017 \cdot 4176 \cdot \frac{10-0}{10+22} = 22 \text{ Гкал/год.}$$

Таким чином, розрахункова годинна максимальна потреба в тепловій енергії (при $t_{роз.}$= -22^{0}С) опалювальних приміщень складів становить 0,414 Гкал/год, а річна 362 Гкал/рік.

Відсутність системи регулювання температури теплоносія за графіком температур залежно від температури зовнішнього повітря, втрати в теплових мережах, неякісного теплоносія – приводять до значної перевитрати теплової енергії в кількості 30 - 40% від розрахункової потреби в теплі.

При розрахунковій годинній потребі в теплі на опалення 0,414Гкал/год, фактичне споживання тепла становить 0,538 Гкал/год, а річна витрата - 471Гкал/рік.

2.3 Розрахунки витрат тепла на гаряче водопостачання

Витрата тепла для гарячого водопостачання в промислових будівлях дуже нерівномірна як протягом доби, так і протягом тижня.

Середня витрата тепла на гаряче водопостачання будівлі складів за зміну, обладнаного вмивальниками, визначається за формулою:

$$Q^{ср.ум}{}_{ГВ} = a \cdot m \cdot n_c \cdot p \cdot (t_{ГВ} - t_x) \cdot 10^{-3} / (3600 \cdot n_c), \qquad (2.15)$$

де a-норма споживання гарячої води з температурою $t_{ГВ}$ =65^{0}С на одиницю споживання, ухвалюємо a=9,4 л/зміну;

m- число споживачів, на проєктованому підприємстві *m*=35 людей;

n_c-розрахункова тривалість подачі тепла на гаряче водопостачання, n_c =8 год;

$t_{ГВ}$ – температура горячої воды, 55°С;

t_x - температура холодної води, t_x=10^0С.

Тоді:

$$Q^{ср.ум}{}_{ГВ} = 35 \cdot 9{,}4 \cdot 1000 \cdot 4{,}19 \cdot (55 - 10) \cdot 10^{-3} / (3600 \cdot 8) = 2{,}15\text{кВт}.$$

Середня витрата тепла на гаряче водопостачання будівлі складів за зміну, обладнаного душовими, визначається за формулою:

$$Q^{ср.душ}{}_{ГВ} = m \cdot 60 \cdot (t_{ГВ} - t_x) \cdot 10^{-6}, \qquad (2.16)$$

де 60 – норма споживання гарячої води для душу на одну людину.

$$Q^{ср.душ}{}_{ГВ} = 35 \cdot 60 \cdot (55 - 10) \cdot 10^{-6} = 109{,}78\text{кВт}.$$

Сумарна витрата тепла на господарсько-побутове гаряче водопостачання для всієї будівлі складів за зміну рівна:

$$Q_{ГВ} = Q_{ГВ}{}^{ср.ум} + Q_{ГВ}{}^{ср.душ}, \qquad (2.17)$$

$$Q_{ГВ} = 2{,}15 + 109{,}78 = 111{,}93\text{кВт}.$$

Визначимо річну витрату тепла на гаряче водопостачання будівлі складів:

$$Q_{рікГВ} = n \cdot Q_{ГВ}, \qquad (2.18)$$

де n – кількість робочих днів у році, 249.

$$Q_{рікГВ} = 249 \cdot 111{,}93 = 27870{,}57 кВт = 23{,}6 Гкал.$$

Річна витрата тепла на гаряче водопостачання з урахуванням втрат складе 31,9 Гкал при потребі 23,6 Гкал.

Таким чином, загальна оплачувана заводом кількість тепла до впровадження локального опалення становить:

$$Q_{баз} = 471 + 31{,}9 = 502{,}9 Гкал/рік.$$

З уведенням в експлуатацію локального опалення річна витрата тепла складе:

$$Q_{пр} = 362 + 23{,}6 = 385{,}6 Гкал/рік.$$

З обліком передбачених у робочому проєкті технічних рішень буде досягнута економія тепла в кількості:

$$Q_{е} = 502{,}9 - 385{,}6 = 117{,}3 Гкал/рік.$$

Визначимо річну витрату електроенергії:

$$B_{ее} = 385{,}6 \cdot 1163 = 448452{,}8 кВт \cdot год.$$

де 1163 кВт – 1 Гкал/год.

Розрахуємо річну витрату води:

$$B_{вода} = 239{,}4 \cdot 35 \cdot 249 \cdot 10^{-3} = 1348{,}5 м^3.$$

де 239,4 – норма споживання гарячої води для душу та умивальників за зміну;

35 – число споживачів;

249 – кількість робочих днів у році.

2.4 Обґрунтування доцільності установки електричної мінікотельної

Котел є основним обладнанням опалювальної системи. До вибору котла підходять з особливою відповідальністю, ретельно зваживши всі аспекти даного заходу. Для початку розглянемо архітектурну частину проєкту, де повинна бути точно зазначена площа опалювальної будівлі. Необхідно врахувати чи усі приміщення потрібно нагрівати до кімнатної температури, або, допустимо, що частина цокольного поверху у нас будуть "прохолодною" зоною. А також треба визначитися з паливом для автономної системи теплозабезпечення.

Мінікотельні — один з можливих варіантів з вирішення завдань децентралізованого (або автономного) теплопостачання об'єктів цивільного й промислового призначення. Відмінна риса мінікотелень — їх інтеграція в будівельні конструкції опалювального будинку. Наявність технологічного устаткування мінікотельні дозволяє:

- суттєво підвищити енергоефективність системи теплопостачання за рахунок відсутності теплотрас, втрати в яких досягають 30% і більш від виробленої кількості тепла;
- знизити витрати на спорудження котельні, тому що знімаються питання додаткового землевідводу й будівництва окремого будинку котельні й установки високої димової труби;
- поліпшити екологічні умови навколишнього середовища;

- забезпечити необхідний температурний режим для опалення даного конкретного об’єкту.

При наявності такої простої технології як автоматика можна домогтися не тільки комфортної температури в приміщеннях (рисунок 2.3), але й заощадити тепло (рисунок 2.4).

Використання децентралізації дозволяє краще адаптувати систему теплопостачання до умов споживання конкретного об'єкта, а відсутність зовнішніх розподільних мереж практично виключає невиробничі втрати теплоти при транспорті теплоносія [5,9].

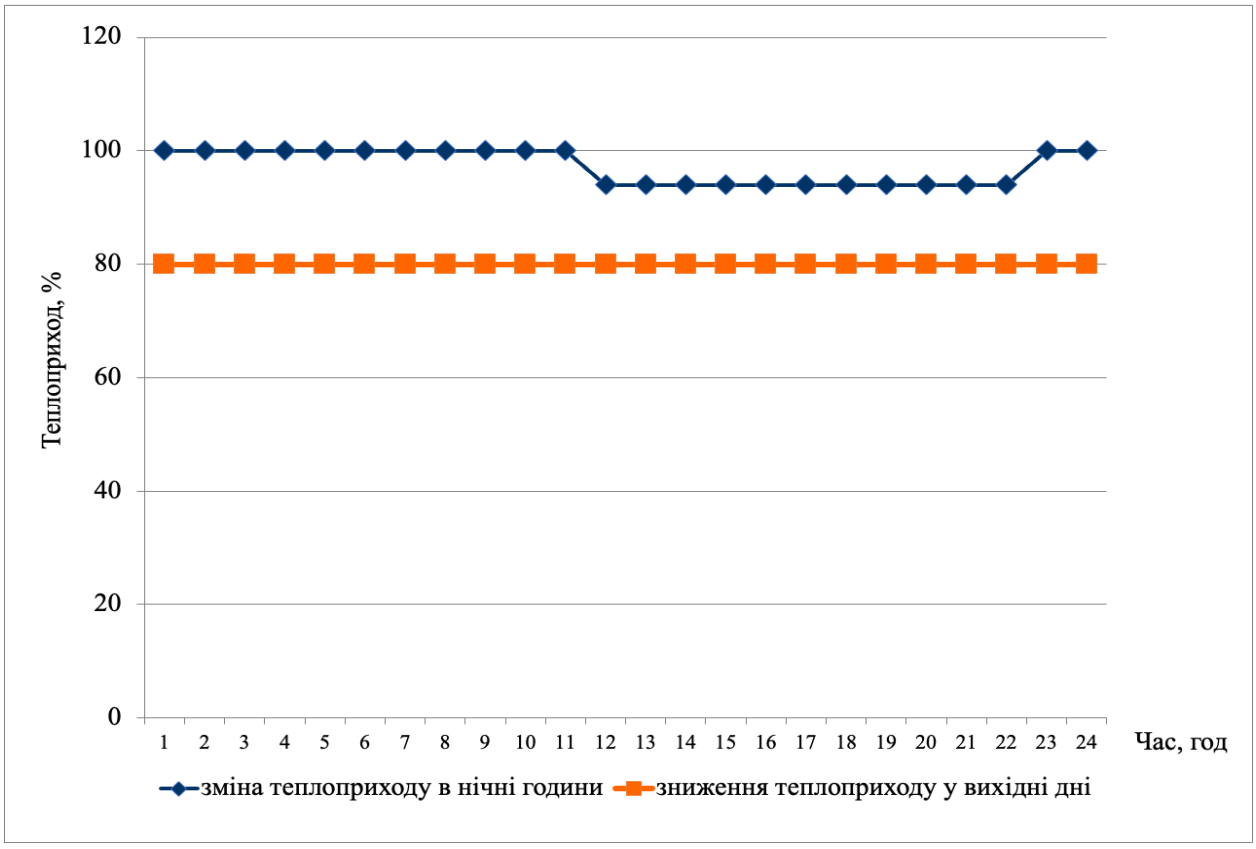


Рисунок 2.3 - Зміна температури внутрішнього повітря в приміщенні

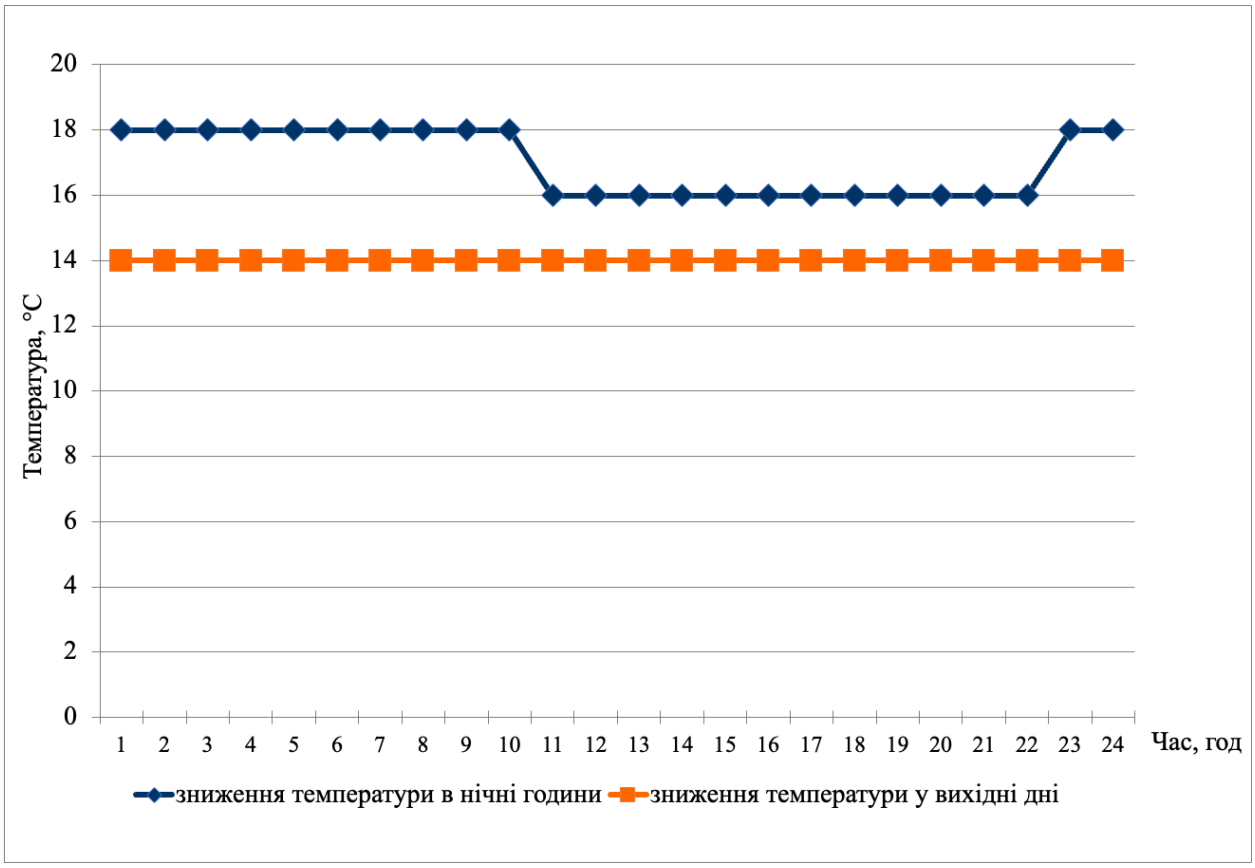


Рисунок 2.4 - Зміна подачі теплової енергії в нічні години і вихідні дні

Підвищений інтерес до автономних джерел теплоти в останні роки в значній мірі обумовлені фінансовим станом і інвестиційно-кредитною політикою в країні, тому що будівництво централізованої системи теплопостачання вимагає від інвестора значних одноразових капітальних вкладень у джерело, теплові системи будинку, при чому зі строком окупності 2, 4 роки. Саме цей фактор останнім часом обумовив підвищений інтерес до децентралізованих систем теплопостачання.

Децентралізація на сучасному рівні, що базується на високоефективних водогрійних котлах останніх поколінь, з використанням енергоефективних систем автоматичного керування, дозволяє повною мірою задовільнити запити, пов'язані з опаленням і потребами адміністративної будівлі та складів в гарячій воді [11,13].

Як правило, вибір газового котла оптимальний, якщо неподалік від об'єкта, де буде встановлюватися котел, проходить газова магістраль. Але крім

вартості енергоносія є ще маса факторів, які необхідно враховувати при виборі опалювального устаткування. Не треба забувати про вартість котла, витрати на його установку, підключення й пуско-налагодження, одержання дозволів і т.п.

Головна перевага електрокотла – експлуатаційні витрати практично дорівнюють нулю: не потрібно підвозити й зберігати паливо, не треба чистити пальники й димоходи, проводити паливопідготовку і т.д. До того ж опалення електрикою легко комбінується з іншими видами опалення. Це, без сумніву, сприяє використанню декількох видів палива. Екологічність, відсутність сторонніх заходів – ще кілька плюсів електричних котлів.

Опалення твердим паливом найдешевше, але з іншого боку, погано піддається автоматизації. Топити котел потрібно більш-менш постійно й вручну, до того ж потрібно витримувати температурні параметри. Необхідно передбачити місце під запаси палива, які потрібно постійно поповнювати. Будівництво димової труби й не сама чиста котельня при використанні твердопаливного котла теж не є його перевагами. Як правило, твердопаливні котли використовують при відсутності газу або електроенергії. Враховуючи це, можна зробити висновок, що даний вид палива підходить як додатковий або в комбінації з іншим видом палива, наприклад, з електрикою. Електричний котел – забезпечує зручність й комфорт, твердопаливний – незалежність від подачі електроенергії.

При опаленні рідким паливом основним завданням є його своєчасний підвіз, а також забезпечення безперебійної подачі електроенергії для роботи автоматики котла. Тому при виборі котельні на рідкому паливі необхідно передбачити можливість під'їзду паливозаправника до паливних ємностей і установку джерел безперебійного електроживлення. Для безперебійного функціонування дизельного котла велике значення має якість палива. Використання палива низької якості приведе до перебоїв у роботі котла, його засміченню сажею, виходу з ладу форсунок пальника. До того ж установка електричного котла, у корпусі якого, звичайно, перебуває більше елементів,

необхідних для безпечної роботи й керування, коштує в кілька раз дешевше, ніж сумарна вартість монтажу й пуско-налагодження рідкопаливного котла з навісним пальником, установки бака для палива, монтажу димової труби.

У порівнянні з газовими котлами електричні уступають тільки вартістю енергоносія. В іншому тільки одні плюси. Середня вартість електрокотла нижче, ніж котла газового. Крім того, для газового котла знадобиться димохід (традиційний або коаксіальний для котлів з примусовим відводом продуктів згоряння). Установка електричного котла коштує звичайно помітно менше, чим сумарна вартість монтажу й пуско-налагодження газового котла з монтажем димової труби. Електричний котел конструктивно набагато простіше, чим газовий. Він не має потреби в постійному обслуговуванні, обов'язковому для газового котла.

Крім цього варто відзначити, що у випадку якщо газ перебуває в деякому віддаленні від об'єкта, то підведення газової магістралі до об'єкта може обійтися дорожче вартості самої котельні.

Резюмуючи вищесказане, можна назвати ряд незаперечних переваг електричних котлів. Опалення електрикою екологічно чисто й легко піддається автоматизації. Опалення електрикою найбільше прийнятне у всіх випадках, де є відповідні умови. Правильно обраний спосіб опалення суттєво заощадить гроші й сили споживача.

2.5 Вибір обладнання для електрокотельні та системи ГВП

З проведених розрахунків можна побачити, що потреба в тепловій енергії складів становить 600 кВт, у тому числі:

- на потреби опалення - 484 кВт;
- на потреби гарячого водопостачання – 112 кВт (рис.2.5).

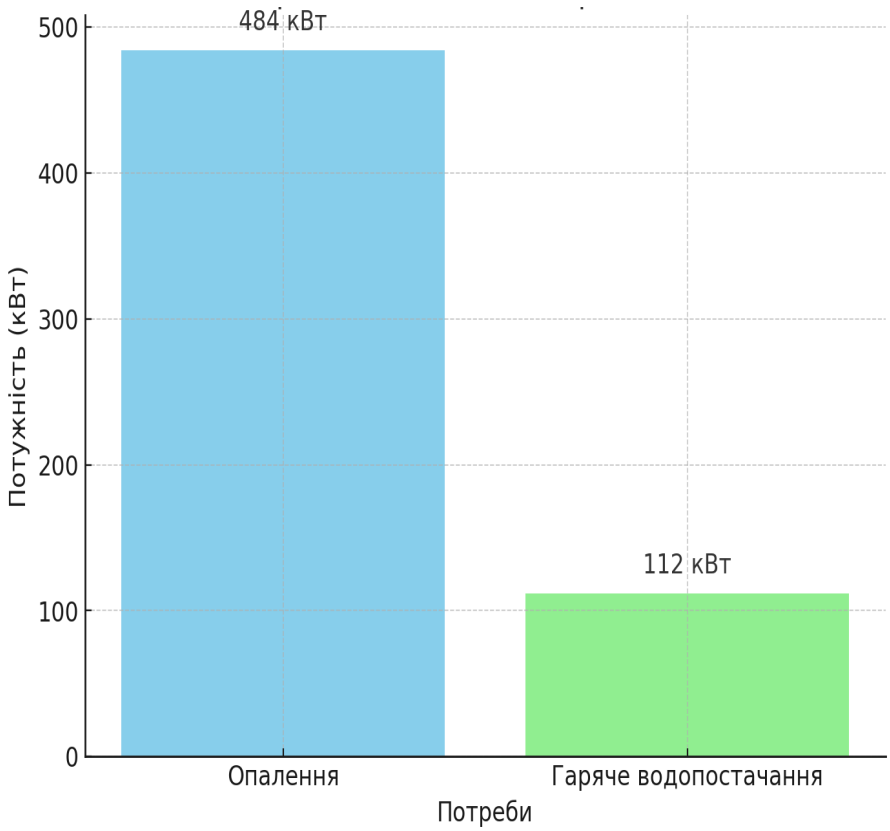


Рисунок 2.5 –Потреба в тепловій енергії складів підприємства

Забезпечення потреби в теплі передбачається від локальної електрокотельної тепловою потужністю 480 кВт.

Дефіцит навантаження гарячого водопостачання забезпечується за рахунок зниження навантаження опалення, враховуючи здатність акумуляції будинку й нетривале використання котлів на максимальних навантаженнях.

До установки пропонується чотири електричні водогрійні підлогові котли ЕКО-1М 120/9 тепловою потужністю по 120кВт кожний виробництва заводу «Тепломаш», м. Дніпро. Загальний вид котла представлений на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Електричнй водогрійнй підлоговий котел ЕКО-1М 120/9

Технічні характеристики котла наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики котла

Параметри	Значення
Тип котла	ЕКО – 1М
Споживана потужність, кВт	120
Електроживлення, В/Гц	380/50
Захист від ураження електричним струмом	Клас 1
Виконання за ступенем захисту електроустаткування	Бризкозахищений IP21
Максимальна робоча температура нагріву води, ºС	90
Регулювання температури теплоносія, ºС	35-90
Максимальна температура, відповідаюча аварійному режиму роботи, ºС	95
Максимально допустимий тиск, МПа	0,6
Габаритні розміри: - висота, мм - довжина, мм - ширина, мм	 900 565 605
Приєднуючі патрубки: - вхід води, мм - вихід води, мм	 Ду50 Ду50

Опалення даного об’єкта за допомогою природного газу, як палива є неможливим, тому що найближчий магістральний трубопровід природного газу перебуває на великій відстані від будівлі складів і у зв'язку зі специфікою місцевості (з/д і трамвайні шляхи, автодороги і т.д.) ускладнюється його прокладка.

У якості палива для котельні використовується електроенергія. Резервне паливо не передбачене. Подача електроенергії буде здійснюватися від існуючих КТПН-266 і КТП-268.

Устаткування котельні: чотири водогрійні котли, водонагрівач, автоматичні регулятори, циркуляційні насоси й ін. обрані на основі взаємної сумісності.

Загальний вид водонагрівача представлений на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Загальний вид водонагрівача

Технічні характеристики водонагрівача наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики водонагрівача

Параметри	Значення
Тип водонагрівача	500NTR
Тип бойлера	комбінований водонагрівач
Тип виконання	підлоговий
Робочий тиск, МПа	1
Потужність теплообмінника, кВт	110

Керування технологічними процесами буде здійснюватися за допомогою блоку керування котлом Smile 12-31N (2од.)

Високий рівень автоматизації, контроль параметрів, а також наявність необхідних автоблокувань і захистів дозволяє експлуатувати котельню без чергового обслуговуючого персоналу.

Для надійної й економічної роботи котлової установки передбачена «гідравлічна розв'язка», тобто відділення первинного (котлового) контуру від вторинного (опалювального). При використанні гідравлічного роздільника тиск ΔP між колекторами подачі й повернення близько до нуля. Усередині гідравлічного роздільника через перфоровану розділову перегородку відбувається перемішування вхідної й зворотної води.

Гідравлічний роздільник розрахований, виходячи з максимально можливої протоки води в системі (Q=23,5м^3/год) і забезпечення мінімальної швидкості води в роздільнику й у патрубках, що підводять (v=0,2м/с).

Водогрійні котли ЕКО-1М 120/9 (чотири котли продуктивністю по 120кВт кожний) підігрівають воду для опалення за графіком температур 90-70ºС. Автоматикою котла здійснюється пріоритетна подача мережної води на підігрів води для гарячого водопостачання (ГВП).

Для подачі тепла споживачем передбачений вузол розподілу, розміщений у приміщенні теплового пункту. Гідравлічною схемою передбачене використання чотирьох існуючих незалежних змішувальних контурів роздачі « теплофікаційної води»:

- перший контур на систему опалення АБК;

- другий контур на систему опалення приміщень гаража автонавантажувача акумуляторної, розміщених у неопалюваній частині приміщення складів;

- третій контур на систему опалення частини приміщень складів I поверху;

- четвертий контур на систему опалення складських приміщень II, III поверхів.

До складу опалювального контуру входять: насос, електрифікований змішувальний клапан, зворотний клапан, фільтр і трубопровідна арматура.

Кожний контур працює незалежно, в автоматичному режимі, забезпечуючи задані технологічні параметри внутрішнього повітря в опалювальних приміщеннях. Регулювання температури мережної води в кожному контурі залежно від зовнішньої температури повітря забезпечується за допомогою триходових клапанів (електрофікованих змішувальних клапанів). У якості приладу, що вимірює температуру зовнішнього повітря обраний датчик AF 20, призначений для визначення температури зовні будівлі для опалювальних систем погодозалежного регулювання температури. Даний датчик передає сигнал на блок керування котлом з контролерами Smile SDC12-31N.

Настроювання опалювальних характеристик кожного контуру ведеться залежно від необхідних температур у відповідних приміщеннях. Для цієї мети проєктом передбачена установка настінних модулів SDW 10 (4шт.), які вимірюють поточну температуру навколишнього середовища й також передають сигнал по двопровідному екранованому кабелю на блок керування котлом з контролерами Smile SDC12-31N (рис.2.8).



Рисунок 2.8 - Контролер фірми «Honeywell», Швейцарія, серії Smile SDC 12-31N з клемними коробками SWS-12

Проєктом передбачається теплотехнічний контроль та автоматичне управління технологічними процесами. Для контролю технологічних параметрів контури опалення та ГВП (гаряче водопостачання) котельні оснащені приладами та засобами автоматизації в обсязі, достатньому для надійної, економічної та безаварійної експлуатації.

Автоматичний режим роботи котельні здійснюється на основі погодного регулятора AF20 компанії «Honeywell», Швейцарія.

Для управління процесом теплопостачання застосовано два контролери фірми «Honeywell», Швейцарія, серії Smile SDC 12-31N з клемними коробками SWS-12 (рисунок 2.9).

Контролери обробляють сигнали з датчиків температури та формують керуючі сигнали для водогрійних котлів, триходових клапанів та насосів. Ці контролери забезпечують оптимальний запуск і цифрове управління системою опалення з енергозберігаючими функціями економних налаштувань та захисту системи від замерзання [23,24].

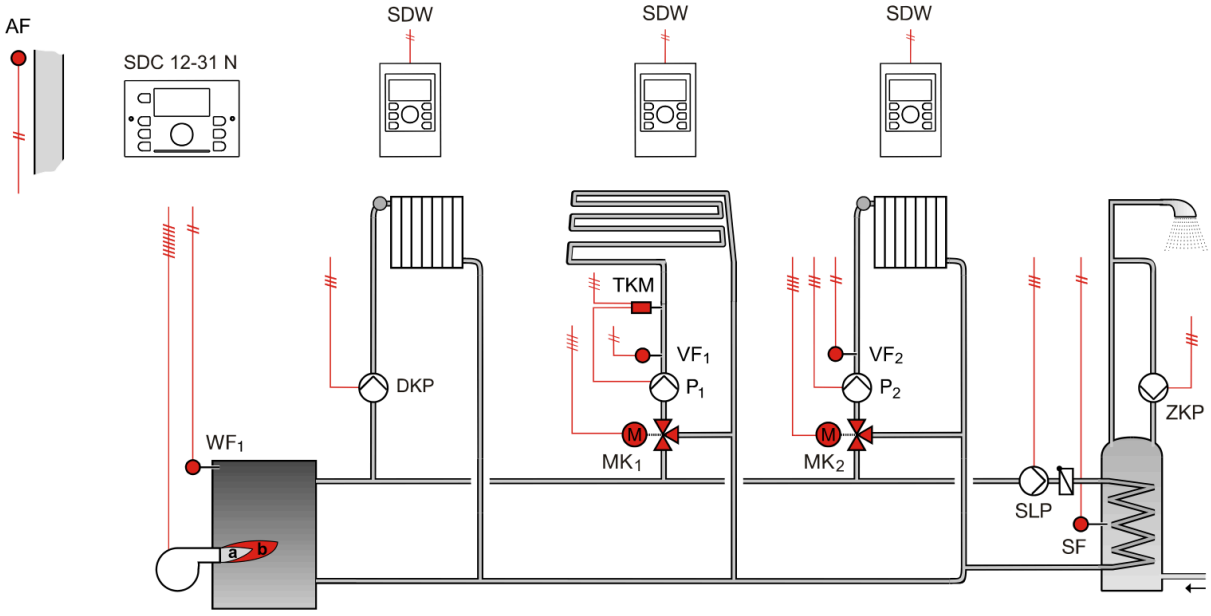


Рисунок 2.9. Управління процесом теплопостачання за допомогою контролерів фірми «Honeywell», Швейцарія, серії Smile SDC 12-31N

Блок управління котлів Smile SDS12-31N, контролери та шафа автоматики підключені до шафи АВР (автоматичного вводу резерву), яка отримує живлення від двох незалежних джерел [23,24].

Крім того, передбачений контур ГВП. Готування води на потреби гарячого водопостачання здійснюється за допомогою ємнісного водопідігрівача обсягом 500л з наступною подачею близько 1м^3/год гарячої води додатково шляхом прямого нагрівання води в пластинчастому теплообміннику SONDEX ТПР-4 PN10/1-18 TLA, 140кВт.

Подача гарячої води споживачам здійснюється безпосередньо із приміщення котельні.

Контур ГВП складається з насоса, зворотного клапана, фільтра й трубопровідної арматур.

Час роботи опалювального контуру становить 4176 год/рік, контуру ГВП – цілий рік.

Підтримка тиску у зворотній магістралі здійснюється підживлювальним насосом (насосна станція SPERONI CAM 40-22HL), встановленим в приміщенні котельні (рисунок 2.10.). Характеристики насосних станцій SPERONI CAM представлені на рисунку 2.111.



Рисунок 2.10 - Насосна станція SPERONI CAM 40-22HL

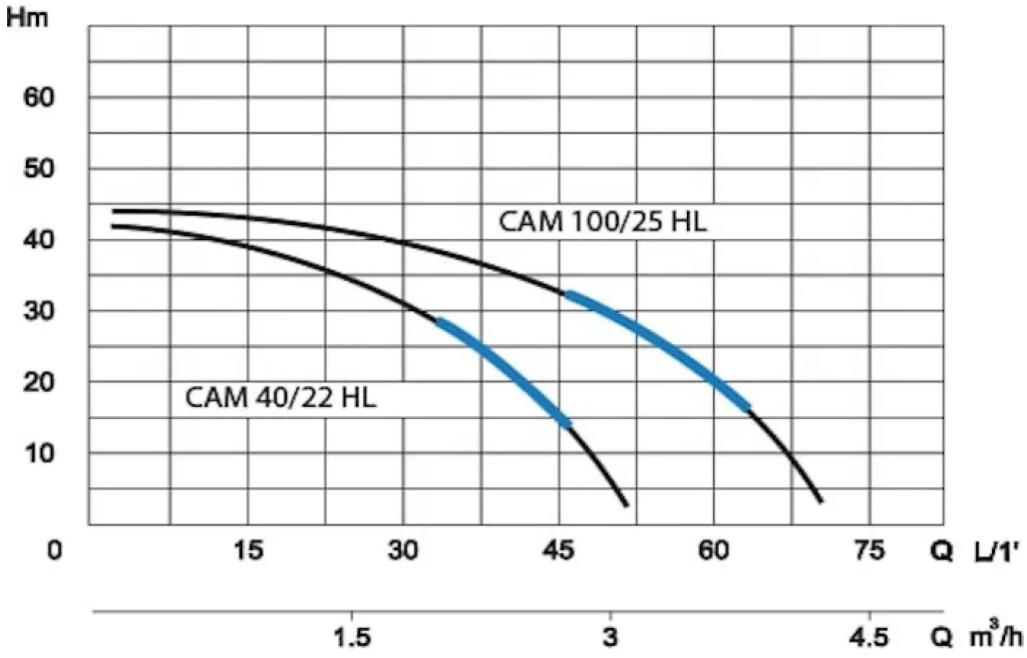


Рисунок 2.11. Характеристики насосних станцій SPERONI CAM

Підживлення системи передбачене зм'якшеною водою від водопідготовчої установки Luise Water L8 Normal. Даний пом’якшувач «живиться» водою з заводського господарсько-питного водопроводу. Для регенерації використовується харчова поварена сіль. Витрата солі прямо залежить від кількості підживлень системи й контролюється в процесі експлуатації.

Котли обладнані запобіжними клапанами й засобами контролю рівня мережної води в системі теплопостачання.

Компенсація теплових розширень води в системі опалення здійснюється за допомогою двох закритих мембранних розширювальних баків MAXIVAREM LR, V=150л і чотирьох мембранних посудин Exstravarem 8LR, V=8л.

Витрата води в контурі, що гріє, пластинчастого теплообмінника SONDEX ТПР-4 PN10/1-18 TLA (рис. 2.12) і водонагрівача 500 500NTR/1Мпа ~1м^3/м.

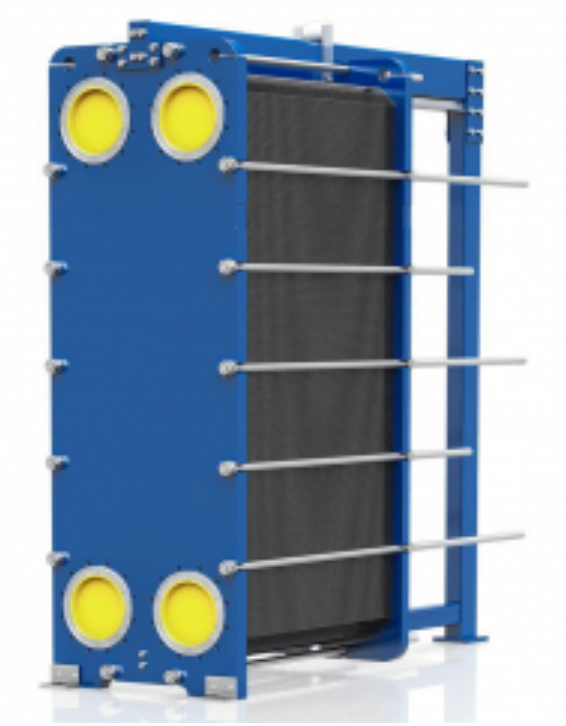


Рисунок 2.12 - Пластинчастий теплообмінник SONDEX

Для циркуляції води в контурі, що гріє, має бути встановлений циркуляційний насос.

Для запобігання відкладань накипів в трубопроводах ГВП встановлюється прилад електромагнітної обробки води EZV 50D с оптимальною витратою води 2,2-8м^3/год (рис.2.13).

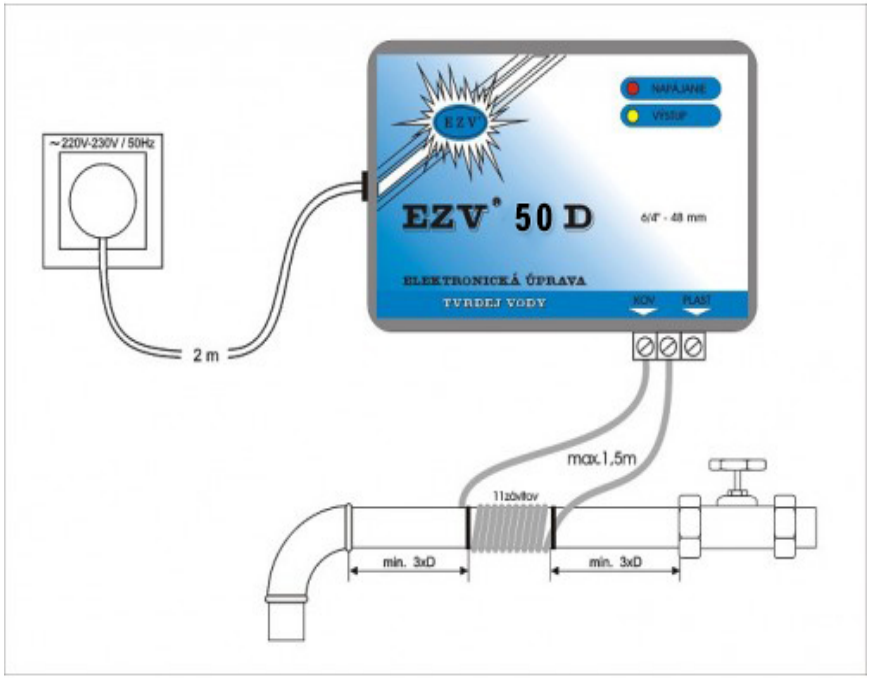


Рисунок 2.13 – Прилад електромагнітної обробки води EZV 50D

Технічна характеристика приладу електромагнітної обробки води EZV 50D: виробник EZV (ЕЗВ) - Словаччина, діаметр труб – 50 мм, потужність - 3-20 Вт, напруга живлення – 220 В, висота – 130 мм, ширина – 215 мм, довжина - 83 мм, матеріал корпусу -пластик.

У котельні й у тепловому пункті передбачене насосне устаткування «GRUNDFOS» фірми GRUNDFOS A/S, Данія.

Загальний вид насоса представлений на рисунку 2.14.



Рисунок 2.14 – Загальний вид насоса

Передбачається теплотехнічний контроль і автоматичне керування технологічними процесами.

Для контролю технологічних параметрів контури опалення й ГВП котельні оснащені приладами й засобами автоматизації в обсязі, достатньому для надійної, економічної й безаварійної експлуатації. Контролери обробляють сигнали з датчиків температури й виробляють керуючі сигнали для водогрійних котлів, триходових клапанів і насосів. Дані
контролери забезпечують оптимальний запуск і цифрове керування системою опалення з енергозберігаючими функціями ощадливих настроювань і захисту системи опалення від замерзання.

2.6. Алгоритм та математична модель управління теплопостачанням за допомогою контролерів

Алгоритм управління теплопостачанням можна розділити на такі етапи:
1. Ініціалізація системи
- налаштування параметрів контролера (задані значення температури, межі регулювання, коефіцієнти ПІД-регулятора).

- підключення датчиків (температура приміщення, температура теплоносія, тиск у системі).

2. Зчитування даних

Отримання даних з датчиків:

Tin – температура приміщення.

$Tout$ – температура теплоносія.

P – тиск у системі.

Q – витрата теплоносія.

3. Розрахунок помилки регулювання

Визначення різниці між заданою температурою $Tset$ та поточною температурою приміщення Tin:

$$e(t) = T_{set} - T_{in}(t)$$

4. Регулювання за допомогою ПІД-контролера

Використання ПІД-алгоритму для обчислення керуючого сигналу u(t)$u(t)$:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t)\,dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

,

де Kp – коефіцієнт пропорційності.

Ki – коефіцієнт інтегрування.

Kd – коефіцієнт диференціювання.

5. Виконання регулюючих дій

Керування виконавчими механізмами (наприклад, клапанами, насосами) на основі керуючого сигналу u(t)$u(t)$:

-Відкриття/закриття клапанів.

- Регулювання швидкості насосів.

6. Моніторинг та оптимізація

- Постійний моніторинг параметрів системи.

- Корекція коефіцієнтів ПІД-регулятора для досягнення оптимальної роботи.

Математична модель системи теплопостачання може бути представлена у вигляді динамічної системи, яка описує зміну температури приміщення Tin залежно від температури теплоносія $Tout$, витрати теплоносія Q та інших параметрів.

Основні рівняння:

1. Тепловий баланс приміщення**:**

$$C \cdot \frac{dT_{in}(t)}{dt} = Q(t) \cdot (T_{out}(t) - T_{in}(t)) - U \cdot (T_{in}(t) - T_{env})$$

де:

C – теплоємність приміщення.

U – коефіцієнт тепловтрат.

$Tenv$ – температура навколишнього середовища.

2. Регулювання витрати теплоносія**:**

$$Q(t) = f(u(t))$$

,

де $f(u(t))$ – функція, яка описує залежність витрати теплоносія від керуючого сигналу $u(t)$.

3. ПІД-регулятор**:**

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t)\,dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

4. Реалізація на контролері Honeywell Smile SDC 12-31N

Контролери Honeywell Smile SDC 12-31N підтримують ПІД-регулювання та мають вбудовані функції для налаштування параметрів. Основні кроки для реалізації:

1. Налаштування ПІД-регулятора через інтерфейс контролера (задання Kp, Ki, Kd).
2. Підключення датчиків та виконавчих механізмів.

3. Налаштування логіки управління (наприклад, залежність витрати теплоносія від температури приміщення).
4. Тестування та оптимізація роботи системи.

2.7 Заміна вікон будинку цеху промислового об’єкта на енергозберігаючі

У будівлі складів площа скління становить 20-25% загальної площі фасадів будинку. У той же час тепловтрати через вікна приблизно дорівнюють тепловтратам через стіни. Порівну діляться втрати тепла через вікна в результаті теплового випромінювання й витоку тепла через щілини, нещільності й при провітрюванні приміщень.

Основні теплові втрати через вікна, визначаються по формулі:

$$Q_{вік} = N \cdot K \cdot F \cdot n \cdot (t_{ср} - t^{р}_{но}) \cdot p, \quad (2.19)$$

де N – кількість вікон, 118 од;

K - коэфіцієнт теплопередачі вікон, 3,5 Вт/м^{2}К;

F – площа вікна, 3 м^2;

p – множник додаткових тепловтрат у частках до основ $Q_{осн}$;

$$p = 1 + 0{,}01\ \eta,$$

де η – відсоток додаткових тепловтрат (добавка на орієнтацію вікон по сторонах світла, приймаємо для стін, дверей, вікон звернених на північ - 10%);

n – коефіцієнт, що показує відношення вікон до зовнішнього повітря.

$$Q_{вік} = 118 \cdot 3{,}5 \cdot 3 \cdot 1 \cdot (5-(-22)) \cdot 1{,}001 = 33486{,}453 \text{ Вт.}$$

Річні теплові втрати через вікна:

$$Q_{вік\ рік} = Q_{вік} \cdot 4176, \qquad (2.20)$$

де 4176 – число годин опалювального періоду, год.

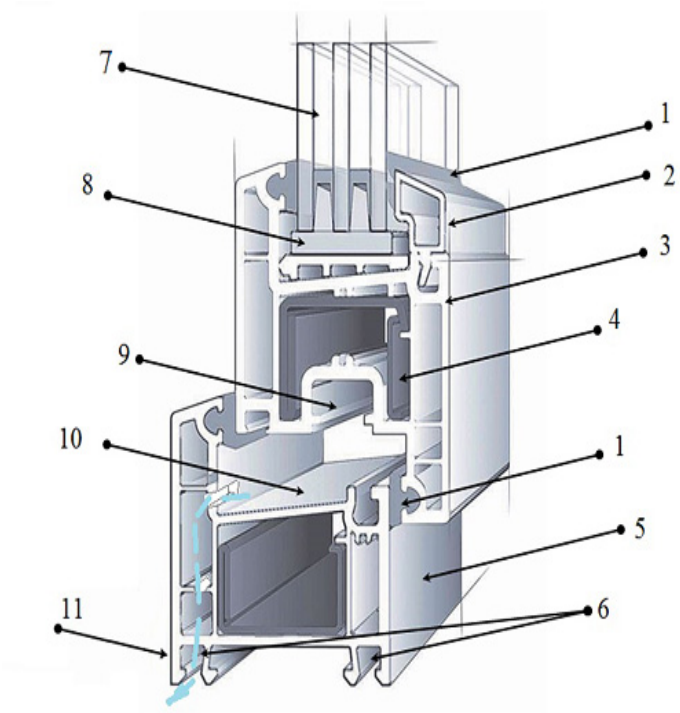
$$Q_{вік\ рік} = 33486{,}453 \cdot 4176 = 139839{,}427 \text{ кВт} = 120{,}24 \text{ Гкал.}$$

Пропонується провести заміну вікон з установкою пластикових вікон з одинарним склопакетом і енергозбрігаючим низькоемісійним склом (рис.2.15).

Енергозбереження віконної конструкції залежить від енергоефективних профілів, які мають товщину 3 міліметри й мають безліч переваг. Складаючись з 56% повареної солі й 44% нафти, профіль не боїться перепадів температури, може витримати, як мороз, так і жару, стійкий до вологи. Має гігієнічний сертифікат міжнародного класу й українських офіційних органів, що свідчить про його нешкідливість на людський організм. Із усього вище сказаного рекомендується виконати заміну існуючих дерев'яних вікон будівлі цеху підготовки виробництва на енергозберігаючі.

Властивості енергозберігаючого скла:

- відображення теплових променів, за рахунок чого збільшується теплозберігаюча здатність;
- збереження тепла в зимовий час;
- у літню пору таке скло перешкоджає попаданню сонячних променів;
- економлять кошти, оскільки в «утепленні на зиму» ці вікна не потребують;
- звуконепроникність.



1-ущільнювач; 2-штапик; 3-профіль стулки; 4-армуючий сталевий профіль; 5-профіль рами; 6-спеціальні пази на профілі рами; 7-склопакет; 8-фальц підкладки та вирівнюючи містки склопакета; 9-паз для встановлення фурнітури; 10-похилий фальц рами; 11-шлях відводу вологи назовні або вниз

Рисунок 2.15 - Енергозберігаюче вікно

Визначимо втрати через енергозберігаючі вікна по формулі (2.19 – 2.20):

$$Q_{вік} = 118 \cdot 1{,}57 \cdot 3 \cdot 1 \cdot (5-(-22)) \cdot 1{,}001 = 15021{,}066 \text{ Вт.}$$

К - коэфіцієнт теплопередачі вікон, 1,57 Вт/м^{2}К;

Річні теплові втрати через вікна:

$$Q_{вік\ рік} = 15021{,}066 \cdot 4176 = 62727{,}972 \text{ кВт} = 53{,}94 \text{ Гкал.}$$

Кількість заощадженого тепла від установки енергозберігаючих вікон:

$$\Delta Q = Q_{дер} - Q_{ен}\ , \qquad (2.21)$$

$$\Delta Q = 120{,}24 - 53{,}94 = 66{,}3 \text{ Гкал.}$$

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Метою кваліфікаційної роботи є енергозбереження в системі теплопостачання об’єкта промисловості шляхом впровадження наступних енергозберігаючих заходів:

- впровадження автономної мінікотельної;
- заміна вікон блоку механізованих складів на енергозберігаючі.

3.1 Впровадження автономної мінікотельної

Будинок складів є кінцевою точкою теплової й парової магістралі. При цьому є значні втрати тепла в мережах через їхню зношеність, порушення теплової ізоляції, великої довжини траси прокладки трубопроводів. Крім того, відсутність системи регулювання подачі тепла залежно від температури зовнішнього повітря викликає додаткові втрати. Усе це приводить до значної перевитрати теплової енергії в кількості приблизно до 35% від розрахункової потреби в теплі.

Таким чином, існуюча система опалення не забезпечує нормативних температур внутрішнього повітря в приміщеннях складів.

Виходячи із цього пропонується захід у вигляді відмови від централізованого теплопостачання та переходу до автономного шляхом установки електричної мінікотельної.

Опалення даного об'єкта за допомогою природного газу є неможливим, тому що найближчий магістральний трубопровід природного газу перебуває на великій відстані від будинку складів і у зв'язку зі специфікою місцевості (ж/д і трамвайні шляхи, автодороги і т.д.) ускладнюється його прокладка.

Пропонується встановити чотири електричні водогрійні підлогові котли ЕКО-1М 120/9 тепловою потужністю по 120кВт кожний виробництва заводу

«Тепломаш», м. Дніпро.

Керування технологічними процесами здійснюється за допомогою блоку керування котлом Smile 12-31N (2шт.)

Високий рівень автоматизації, контроль параметрів, а також наявність необхідних автоблокувань і захистів дозволяє експлуатувати котельню без чергового обслуговуючого персоналу.

Технічні показники нової котельні наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Основні технічні показники нової котельні

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Значення
Встановлена потужність електроприймачів	кВт	484
Річна витрата електроенергії	кВт·год	448452,8
Річна витрата тепла на гаряче водопостачання	Гкал	23,6
Річна витрата тепла на опалення	Гкал	362
Додаткова чисельність робітників	осіб	-

Загальна кількість тепла за рік для будівлі складів до впровадження локального опалення становить 502,9 Гкал. З веденням в експлуатацію локального опалення річна витрата тепла складе 385,6 Гкал. З обліком передбачених у робочому проєкті технічних рішень буде досягнута річна економія тепла в кількості 117,3 Гкал/рік.

Розрахунок інвестицій на монтажні роботи нової котельні.

Основне устаткування котельні: котли, насоси, швидкісний водонагрівач, водопідготовче устаткування й автоматика розміщене на І поверсі в приміщенні колишнього буфету блоку механізованих складів.

Монтажні роботи виконуються працівниками підприємства, а вартість проєктних і будівельних робіт, за даними фінансового відділу підприємства становить $C_{буд}$= 44500 грн.

Вартість устаткування визначається за формулою:

$$C_{уст} = C_{кот} \cdot n_{кот} + C_{труб} + C_{доп} + C_{автом} + C_{водонагр}, \quad (3.1)$$

де $C_{кот}$ - вартість водогрійного котла ЕКО-1М 120/9, $C_{кот}$ = 43384 грн., у неї входять витрати на транспортування устаткування, а також витрати на монтажні й пусконалагоджувальні роботи;

$n_{КОТ}$ - кількість водогрійних котлів, n=4 од;

$C_{доп}$ - вартість допоміжного устаткування, $C_{доп}$ = 24295,04 грн.;

$C_{автом}$ - вартість системи автоматики, $C_{автом}$ = 30370 грн.;

$C_{труб}$ - вартість труб, необхідних для обв'язки котлоагрегатів, трубопроводи виконуються з вуглецевих марок сталей Ст3, Ст10. Ціна сталей марок Ст3, Ст10 становить 25000 грн./т;

$C_{водонагр}$ - вартість водонагрівача, $C_{водонагр}$ = 49858 грн.;

Визначимо ціну труб необхідних для обв'язки котлоагрегатів:

$$\text{С}_{\text{труб}} = \rho_{\text{ст}} \cdot (\frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4}) \cdot L \cdot \text{Ц}_{\text{СТ}} \quad (3.2)$$

де $\rho_{ст}$ - щільність сталі, $\rho_{ст}$=7,5 т/м^3;

d_1, d_2 - зовнішній і внутрішній діаметри трубок, відповідно, d_1 =0,219м, d_2=0,207м;

L - довжина обв'язувальних трубопроводів, L=50 м.

Ціна труб складе:

$$\text{С}_{\text{труб}} = 7{,}5 \cdot \left(\frac{3{,}14 \cdot 0{,}219^2}{4} - \frac{3{,}14 \cdot 0{,}207^2}{4}\right) \cdot 50 \cdot 25000 = 37619{,}7 \text{ грн.}$$

Вартість устаткування становить:

$$C_{\text{уст}} = 43384 \cdot 4 + 37500 + 24295{,}04 + 30370 + 49858 = 315559{,}05 \text{ грн.}$$

Розрахунки капітальних витрат у нове обладнання визначаються за формулою:

$$KB = C_{уст} + C_{буд}, \tag{3.3}$$

Капітальні витрати в нове обладнання становлять

$$\text{КВ} = 315559{,}05 + 44500 = 360059{,}05 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості продукції.

Після реалізації проєкту – річна витрата електроенергії – 448452,8 кВт·год/рік, витрата води –1348,5 м^3.

Розрахуємо статті витрат калькуляції собівартості виробленої продукції (теплоти у вигляді гарячої води).

Розрахунок калькуляції за статтею витрат електроенергії:

$$З_{\text{е.е}} = \frac{\text{В}_{\text{е.е}} \cdot \text{С}_{\text{е.е}}}{Q_{\text{опп}}} \tag{3.5}$$

де $B_{ее}$ - річна витрата електроенергії після реалізації проекту, тис.кВт·год;

$С_{ее}$ - вартість електроенергії з урахуванням двозонного тарифу (табл. 3.2)

Таблиця 3.2 - Тарифи на електроенергію для підприємств

Період часу	Денний	Нічний	Напівпіковий	Піковий
Двозонні тарифи				
Тарифні коефіцієнти	1	0,5		
Тривалість періоду, год	16 (7^{00}÷23^{00})	8 (23^{00}÷7^{00})		
Тризонні тарифи				
Тарифні коефіцієнти		0,4	1	1,5
Тривалість періоду, год		8 (23^{00}÷7^{00})	11 (7^{00}÷8^{00}) (11^{00}÷20^{00}) (22^{00}÷23^{00})	5 (8^{00}÷11^{00}) (20^{00}÷22^{00})

Витрати за даною статтею становлять:

$$З_{е.е} = \frac{448452,8 \cdot 3,40}{385,6} = 3954,2 \text{ грн/Гкал.}$$

Розрахунок калькуляції за статею витрат сирої і хімічно очищеної води:

$$З_{вода} = \frac{В_{вода} \cdot Ц_{вода}}{Q_{опп}}, \quad (3.6)$$

де $В_{вода}$ -витрата води котельні, м^3;

Цвод - ціна сирої води, становить 18,012 грн./м^3.

Витрати за даною статтею становлять:

$$З_{вода} = \frac{1348,5 \cdot 18,012}{385,6} = 62,99 \text{ грн/Гкал.}$$

Розрахунок калькуляції за статтею амортизації основних засобів:

$$З_{ам} = \frac{C_{уст} \cdot H_a}{Q_{опп}}, \quad (3.7)$$

де H_a - середня норма амортизаційних відрахувань основних фондів, частки од., для даного виду устаткування (котельні установки зі стаціонарно встановленими паровими котлами)

$$H_a = 0,24.$$

До складу котлової установки включається як основне (котли), так і допоміжне устаткування, у тому числі й теплові контрольно-вимірювальні прилади й автоматика в межах котлової установки.

Витрати за даною статтею становлять:

$$З_{ам} = \frac{315559,05 \cdot 0,24}{385,6} = 196,41 \text{ грн/Гкал.}$$

Розрахунок калькуляції за статтею відрахувань засобів на поточний ремонт:

$$З_{пр} = \frac{K_{пр} \cdot C_{уст}}{Q_{опп}}, \quad (3.8)$$

де $K_{пр}$ - коефіцієнт витрат на поточний ремонт, для даного виду устаткування (котельні установки зі стаціонарно встановленими паровими котлами) $K_{тр} = 0,1$.

Витрати за даною статтею становлять:

$$З_{пр} = \frac{0{,}1 \cdot 315559{,}05}{385{,}6} = 81{,}84 \text{ грн/Гкал}$$

Розрахунки економічної ефективності капітальних вкладень.

Балансовий прибуток від реалізації проекту:

$$\Delta П = C \cdot Q - C' \cdot Q' \qquad (3.9)$$

де C і C'– вартість покупної 1 Гкал теплоти та собівартість 1 Гкал теплоти після реалізації проєкту;

Q і Q' – кількість покупної теплоти та теплоти після реалізації проєкту, Гкал.

Прибуток від реалізації проєкту складе:

$$\Delta П = 3164{,}83 \cdot 502{,}9 - 3954{,}2 \cdot 385{,}6 = 66853{,}49 \text{ грн/рік.}$$

Коефіцієнт абсолютної економічної ефективності розраховується за формулою:

$$E_{АБС} = \frac{\Delta П}{КВ}. \qquad (3.10)$$

Коефіцієнт абсолютної економічної ефективності становить:

$$Е_{АБС} = \frac{66853{,}49}{360059{,}05} = 0{,}185 > 0{,}15 \text{ грн./1грн.КВ.}$$

Строк окупності капітальних витрат:

$$T = \frac{КВ}{\Delta П}, \qquad (3.11)$$

Строк окупності капітальних витрат становить:

$$\text{Т} = \frac{360059,05}{66853,49} = 5,38 \text{ років} < 6,6 \text{ років}.$$

Техніко-економічні показники роботи водогрійних котлів після реалізації проєкту представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Техніко-економічні показники роботи водогрійних котлів після реалізації проєкту

Показники	Одиниця виміру	Значення
Річний відпуск тепла споживачам	Гкал	385,6
Продуктивність котлів	кВт·год	484
Річна витрата електроенергії	кВт·год	448452,8
Річна витрата води	тис. $м^3$	1,3485
Капітальні вкладення	грн.	360059,05
Прибуток від реалізації проєкту	грн.	66853,49
Коефіцієнт абсолютної економічної ефективності	грн./1грн.КВ	0,185
Строк окупності капітальних вкладень	рік	5,38

У даному розділі кваліфікаційної роботи дана характеристика реалізованого проєкту автономної водогрійної котельні на базі котлів ЕКО-1М

120/9. Аналіз показників, наведених у таблиці 3.3, показує ефективність даного проєкту.

3.2 Заміна вікон будинку цеху промислового об’єкта на енергозберігаючі

Заміна існуючих дерев'яних вікон будівлі складів на енергозберігаючі дасть зниження втрат тепла через них на 55%. Річні теплові втрати через вікна складають 120,24 Гкал на рік.

Кількість вікон, що підлягають заміні n = 118 од.

Вартість одного енергозберігаючого вікна $C_в$ =3500 грн.

Вартість демонтажних та монтажних робіт для одного вікна $C_{мон}$ = 1500 грн

Річна економія витрат на теплову енергію після заміни вікон:

$$Ев = 0{,}55 \cdot Qв \cdot С, \quad (3.14)$$

$$Ев = 0{,}55 \cdot 120{,}24 \cdot 3954{,}2 = 261499{,}154 \text{ грн.}$$

Вартість вікон:

$$C_{уст} = C_в \cdot n, \quad (3.15)$$

$$С_{уст} = 3500 \cdot 118 = 413000.$$

Вартість будівельних робіт:

$$C_{буд} = C_{мон} \cdot n, \quad (3.16)$$

$$С_{буд} = 1500 \cdot 118 = 177000 грн.$$

Капітальні вкладення визначаються за формулою (3.3):

$$КВ = 413000 + 177000 = 590000 \text{ грн.}$$

Щорічні експлуатаційні витрати на амортизацію й обслуговування, визначаються за формулою:

$$(И_а + И_о) = \frac{К_а + К_о}{100} \cdot С_{уст}, \quad (3.17)$$

$$(И_а + И_о) = \frac{9+1}{100} \cdot 413000 = 41300 \text{ грн.}$$

Економічний ефект складе:

$$Е = Е_в - (И_а + И_о), \quad (3.18)$$

$$Е = 261499{,}154 - 41300 = 220199{,}154 \text{ грн.}$$

Строк окупності розраховуємо за формулою:

$$Т_{ок} = \frac{КВ}{Е}, \quad (3.19)$$

$$Т_{ок} = \frac{590000}{220199{,}154} = 2{,}68 \text{ року.}$$

Техніко-економічні показники після заміни вікон на енергозберігаючі представлено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Техніко-економічні показники після заміни вікон на енергозберігаючі

Показники	Одиниця виміру	Значення
Кількість вікон	Од.	118
Річні теплові втрати	Гкал	120,24
Річна економія теплової енергії	грн.	261499,154
Капітальні вкладення	грн.	590000
Економічний ефект	грн.	220199,154
Строк окупності капітальних вкладень	рік	2,68

Згідно з техніко-економічним обґрунтуванням, даний проєкт є економічно ефективним.

Основні показники запропонованих заходів приведені в таблиці 3.5 та на рисунку 3.1.

Таблиця 3.5 – Основні показники запропонованих заходів

№ п/п	Запропоновані заходи	Капітальні витрати, грн.	Економічний ефект, грн.	Строк окупності, рік
1.	Впровадження автономної системи теплозабезпечення	360059,05	66853,49	5,38
2	Заміна вікон на енергозберігаючі	590000	220199,154	2,68
Σ		950059,05	287052,644	

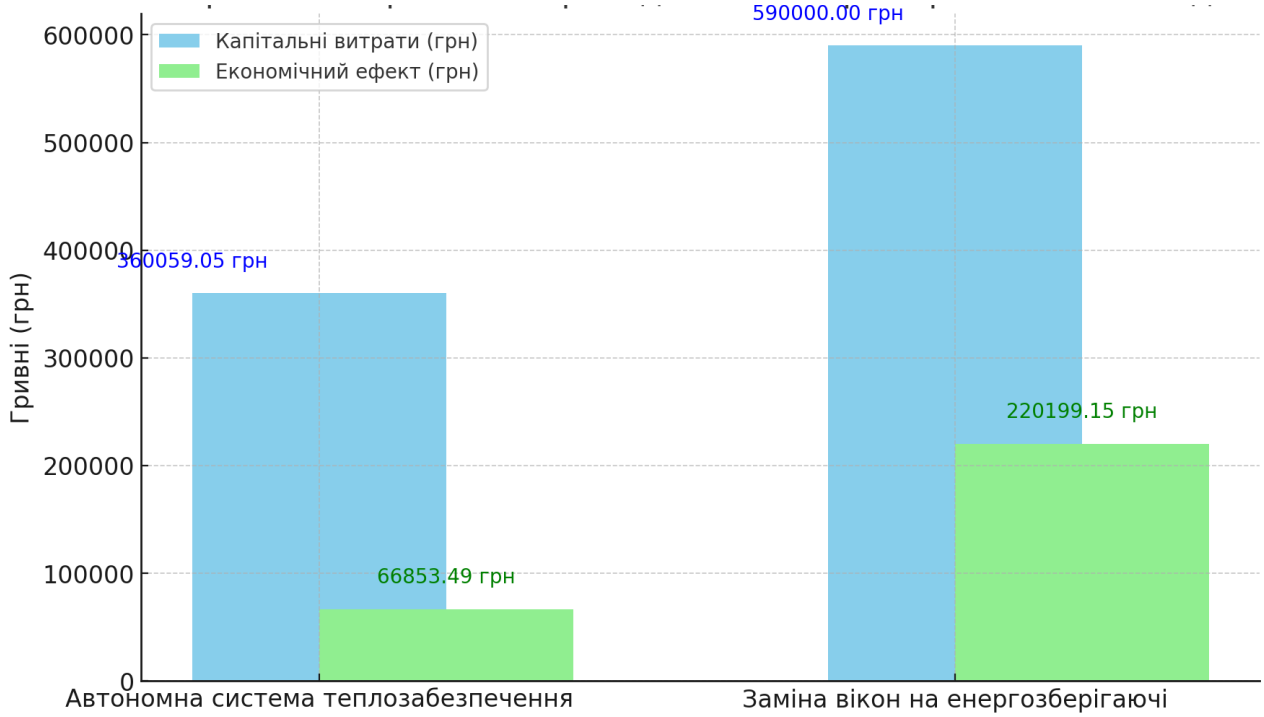


Рисунок 3.1 Основні показники запропонованих заходів

Згідно з техніко-економічним обґрунтуванням, всі заходи з підвищення енергоефективності є економічно ефективними. Сумарний економічний ефект від запропонованих заходів складає 287052,644 грн./рік.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз централізованих та децентралізованих систем теплопостачання в Україні та система теплопостачання цеху об’єкта промисловості. Проведений енергоаудит показав, що теплової енергії витрачається блоком механізованих складів майже в 2 рази більше, ніж води та електроенергії.

З результатів огляду теплопостачання були запропоновані можливі заходи з підвищення енергоефективності системи теплопостачання будівлі складів. Проведені заходи з енергозбереження - відмова від централізованого теплопостачання та встановлення автономної мінікотельної. Проведено теплотехнічний розрахунок конструкцій, що обгороджують будівлю складів промислового об’єкта, розрахунки витрат тепла на гаряче водопостачання. Запропоновано обладнання для електрокотельні та системи ГВП. Установка локальної мінікотельної віришила проблеми, пов’язані з втратами теплової енергії при транспортуванні і перевитратою тепла.

Запропоновано алгоритм та математичну модель управління теплопостачанням за допомогою контролерів.

В результаті технічних розрахунків було знайдено економію теплової енергії після впровадження енергозберігаючих заходів. Сумарна річна економія теплової енергії локальною мінікотельною склала 117,3 Гкал, економія теплової енергії від заміни вікон склала 66,3 Гкал.

Проведено розрахунок основних показників економічної ефективності. Термін окупності локальної мінікотельної склав 5,38 років. А термін окупності заміни вікон на енергозберігаючі склав 2,68 роки. Сумарний економічний ефект від запропонованих заходів складає 287052,644 грн/рік. Обидва терміни окупності є прийнятними.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 92 с.

2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 145 с.

3. Децентралізовані системи теплопостачання: переваги та перспективи [Електронний ресурс] // ScienceDirect. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/decentralized-heating-system. – Назва з екрана. – Дата звернення: 10.09.2024.

4. Енергоефективність децентралізованих систем теплопостачання [Електронний ресурс] // ResearchGate. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/topic/Decentralized-Heating. – Назва з екрана. – Дата звернення: 10.09.2024.

5. Міністерство енергетики України [Електронний ресурс] // Офіційний сайт. – Режим доступу: https://www.mev.gov.ua/. – Назва з екрана. – Дата звернення: 10.09.2024.

6. Децентралізоване теплопостачання в Європі [Електронний ресурс] // Euroheat & Power. – Режим доступу: https://www.euroheat.org/. – Назва з екрана. – Дата звернення: 10.09.2024.

7. Енергетична стратегія України [Електронний ресурс] // Кабінет Міністрів України. – Режим доступу: https://www.kmu.gov.ua/. – Назва з екрана. – Дата звернення: 10.09.2024.

8. Принципи роботи децентралізованих систем [Електронний ресурс] // Energy.gov. – Режим доступу: https://www.energy.gov/. – Назва з екрана. – Дата звернення: 10.10.2024.

9. Basu, P., Kefa, C., & Jestin, L. *Boilers and Burners: Design and Theory* [Текст] / P. Basu, C. Kefa, L. Jestin. – New York: Springer, 2000. – 576 p. – ISBN 978-0-387-98789-7.

10. Kitto, J. B., & Stultz, S. C. *Steam: Its Generation and Use* [Текст] / J. B. Kitto, S. C. Stultz. – 41st ed. – Barberton, Ohio: Babcock & Wilcox, 2005. – 1200 p. – ISBN 978-0-9634570-0-4.

11. Ganapathy, V. *Industrial Boilers and Heat Recovery Steam Generators: Design, Applications, and Calculations* [Текст] / V. Ganapathy. – New York: Marcel Dekker, 2003. – 520 p. – ISBN 978-0-8247-4301-7.

12. Сидоров, В. І., & Кузьмін, О. В. *Котельні агрегати: конструкції та розрахунки* [Текст] / В. І. Сидоров, О. В. Кузьмін. – Дніпро: НГУ, 2017. – 280 с. – ISBN 978-966-7476-45-6.

Павленко, І. М., & Шевченко, О. В. *Енергетичні установки промислових підприємств: підручник* [Текст] / І. М. Павленко, О. В. Шевченко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 360 с. – ISBN 978-966-941-123-4.

13. Woodruff, E. B., Lammers, H. B., & Lammers, T. F. *Steam Plant Operation* [Текст] / E. B. Woodruff, H. B. Lammers, T. F. Lammers. – 9th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2012. – 736 p. – ISBN 978-0-07-166796-8.

14. Kohan, A. L. *Boiler Operator's Guide* [Текст] / A. L. Kohan. – 5th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2017. – 512 p. – ISBN 978-1-259-86206-3.

15. Pattanayak, B. *Boiler Operation Engineering: Questions and Answers* [Текст] / B. Pattanayak. – 2nd ed. – New Delhi: McGraw-Hill Education, 2010. – 400 p. – ISBN 978-0-07-068180-1.

16. Chaplin, R. A. *Steam Boiler Technology* [Текст] / R. A. Chaplin. – London: IntechOpen, 2019. – 210 p. – ISBN 978-1-78984-123-4.

17. Spirax Sarco. *The Boiler House: A Practical Guide to the Efficient Operation of Boiler Plant* [Текст] / Spirax Sarco. – 2nd ed. – Cheltenham, UK: Spirax Sarco Limited, 2010. – 150 p. – ISBN 978-0-9555691-1-5.

18. Лисенко, В. В., & Шевчук, О. М. *Теплоенергетичні установки промислових підприємств: підручник* [Текст] / В. В. Лисенко, О. М. Шевчук. – Харків: ХНАМГ, 2020. – 380 с. – ISBN 978-966-695-567-8.

19. Гончар, О. І., & Ковальчук, В. П. *Енергетичне обладнання: навчальний посібник* [Текст] / О. І. Гончар, В. П. Ковальчук. – Київ: Видавництво "Ліра-К", 2014. – 280 с. – ISBN 978-966-974-123-4.

20. Кравченко, В. І., & Бондаренко, С. В. *Експлуатація та ремонт котельних установок: практичний посібник* [Текст] / В. І. Кравченко, С. В. Бондаренко. – Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2016. – 240 с. – ISBN 978-966-7476-12-8.

21. Ткачук, М. І., & Гончаренко, О. В. *Котельні установки та теплообмінне обладнання: навчальний посібник* [Текст] / М. І. Ткачук, О. В. Гончаренко. – Київ: КНУБА, 2018. – 300 с. – ISBN 978-966-456-123-4.

22. Ткачук, М. І., & Гончаренко, О. В. *Оптимізація режимів роботи систем теплопостачання*[Текст] / М. І. Ткачук, О. В. Гончаренко // Енергоефективність та енергозбереження. – 2018. – № 2. – С. 34–41. – ISSN 2312-4567.

23. Лисенко, В. В., & Шевчук, О. М. *Моделювання теплових процесів у системах опалення*[Текст] / В. В. Лисенко, О. М. Шевчук // Науковий вісник НЛТУ України. – 2021. – № 4. – С. 56–63. – ISSN 2312-5678.

24. Гончар, О. І., & Ковальчук, В. П. *Алгоритми управління теплопостачанням у "розумних" будинках* [Текст] / О. І. Гончар, В. П. Ковальчук // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2022. – № 1. – С. 78–85. – ISSN 2312-7890.