

Форма № Н-9.02

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматичної, електроніки та телекомунікацій  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Аналіз доцільності та розроблення системи автоматичної для теплового вузла корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Виконав: студент 6 курсу, групи 601МЕ  
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Заніздря Є.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Трет'як А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Єрмілова Н.В.

(прізвище та ініціали)


Полтава - 2024 рік



Национальний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і  
робототехніки  
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій  
Ступінь вищої освіти Магістр  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
автоматики, електроніки та  
телекомунікацій

 О.В. Шефер  
«02» 09 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

**Заніздра Єгор Миколайович**

1. Тема проекту (роботи) Аналіз доцільності та розроблення системи автоматики для теплового вузла корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
керівник проекту (роботи) Трет'як Андрій Валерійович, к.т.н.  
затверджена наказом вищого навчального закладу від «09» серпня 2024 року № 818-ф.а
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 19.12.2024р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технічний звіт з обстеження корпусу 7. Обмірювальні креслення корпусу 7, План внутрішніх тепломереж будівлі
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз методів підвищення енергоефективності цивільних будівель. Розроблення структурної схеми автоматики індивідуального теплового вузла будівлі. Визначення основних параметрів для налаштування системи автоматики опалення. Вибір обладнання електроавтоматики для тепловузла, що запропоновано. Розроблення системи безперебійного живлення та системи зрівнювання потенціалів для надійної роботи електроавтоматики. Економічний аналіз доцільності автоматизації теплового вузла. Висновки по роботі.



5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
- 1) Аналіз методів підвищення енергоефективності цивільних будівель
  - 2) Структурна схема індивідуального теплового вузла будівлі
  - 3) Схема контролера для управління індивідуальним тепловим вузлом
  - 4) Схема електроавтоматики індивідуального теплового вузла будівлі
  - 5) Схема розташування теплового вузла у підвалі будівлі
  - 6) Схема системи безперебійного живлення та системи зрівнювання потенціалів будівлі
  - 7) Економічний аналіз доцільності автоматизації теплового вузла
  - 8) Висновки по роботі

6. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін та обсяг виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
		Термін	Категорія	Обсяг	
1	Аналіз методів підвищення енергоефективності цивільних будівель	07.10.24		15%	
2	Огляд обладнання для підвищення енергоефективності будівель	16.10.24	I	25%	Пл. 1
3	Розроблення структурної схеми автоматики індивідуального теплового вузла будівлі	05.11.24		40%	Пл. 2,3
4	Визначення основних параметрів для налаштування системи автоматики опалення.	19.11.24	II	60%	Пл. 4,5
5	Розроблення системи безперебійного живлення та системи зрівнювання потенціалів для надійної роботи електроавтоматики.	26.11.24		70%	Пл. 6
6	Економічний аналіз доцільності автоматизації теплового вузла	11.12.24		80%	Пл. 7
7	Оформлення пояснювальної записки	19.12.24	III	100%	Пл. 8

Магістрант

(підпис)

Занізра Є.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Трет'як А.В.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1.....	7
1.1 Аналіз методів підвищення енергоефективності цивільних будівель.....	7
1.2 Огляд обладнання для підвищення енергоефективності будівель.....	16
Розділ 2.....	23
2.1 Автоматизована система контролю індивідуального теплового пункту.....	23
2.2 Розроблення структурної схеми автоматики індивідуального теплового вузла будівлі.....	27
2.3 Визначення основних параметрів для налаштування системи автоматики опалення.....	29
Розділ 3.....	56
3.1 Розроблення системи безперебійного живлення.....	56
3.2 Системи зрівнювання потенціалів для надійної роботи електроавтоматики.....	66
Розділ 4.....	71
4.1 Економічний аналіз доцільності автоматизації теплового вузла...	71
4.2 Охорона праці автоматизованого теплового вузла.....	76
Висновки.....	80
Перелік посилань.....	82
Додатки.....	84

## ВСТУП

Розробка системи автоматизації для теплового вузла корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» є важливим кроком у підвищенні енергоефективності та модернізації інфраструктури закладу. Застарілі системи управління тепловими процесами часто призводять до підвищених витрат на енергоресурси та зниження ефективності роботи опалювальних систем. Впровадження сучасної автоматизації дозволяє оптимізувати регулювання температури і тиску теплоносія в залежності від потреб будівлі та зовнішніх умов, що сприяє зниженню теплових втрат і забезпеченню стабільного температурного режиму.

Це особливо актуально для великих освітніх закладів, де важливо підтримувати комфортні умови для студентів та персоналу при мінімальних енергетичних витратах. Оновлення теплового вузла відповідатиме сучасним вимогам енергоефективності та екологічної безпеки, що дозволить зменшити споживання енергії та знизити експлуатаційні витрати.

**Об'єктом дослідження** є система опалення та тепловий вузол корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

**Предметом дослідження** є методи та засоби автоматизації теплового вузла, спрямовані на підвищення ефективності його роботи та енергоефективності будівлі.

**Мета дослідження** полягає в розробці і впровадженні сучасної автоматизованої системи для підвищення ефективності роботи опалювальної системи корпусу 7, а також у створенні умов для більш точного контролю температури, зменшення теплових втрат і покращення загальної енергоефективності будівлі. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити кілька ключових завдань.

По-перше, потрібно провести детальний аналіз поточного стану системи опалення корпусу 7, це дозволить точно визначити сфери, які потребують модернізації.

По-друге, слід розробити технічні рішення для впровадження сучасних автоматизованих елементів, таких як контролери та датчики, які забезпечать точне регулювання температури та контроль інших параметрів теплоносія. Особливу увагу слід приділити інтеграції нової системи з наявними інженерними мережами будівлі, що дозволить уникнути великих витрат на повну заміну інфраструктури.

По-третє, важливим завданням є забезпечення можливості віддаленого моніторингу та керування тепловим вузлом. Це дозволить швидко реагувати на зміни зовнішніх умов та потреби будівлі, мінімізуючи ризик аварій та забезпечуючи безперервність роботи системи опалення. Крім того, автоматизація відкриває можливість швидкої діагностики несправності та зменшення часу на їх усунення.

Таким чином, впровадження сучасної системи автоматизації теплового вузла дозволить значно підвищити ефективність роботи опалювальної системи, зменшити витрати на енергію та створити комфортні умови для перебування в корпусі. Це також стане важливим внеском у загальну модернізацію університетської інфраструктури, спрямовану на підвищення енергоефективності та дотримання сучасних стандартів сталого розвитку

## РОЗДІЛ 1

### 1.1 Аналіз методів підвищення енергоефективності цивільних будівель

Підвищення енергоефективності цивільних будівель — це комплекс заходів, спрямованих на зниження енергоспоживання будівель без погіршення умов проживання та роботи в них. Це передбачає ефективне використання енергії для опалення, охолодження, освітлення та інших потреб, що дозволяє зменшити витрати на енергоресурси, скоротити викиди парникових газів та зберегти природні ресурси.

Важливість енергоефективності для цивільних будівель.

Енергоефективність є актуальною темою у зв'язку з підвищенням цін на енергоресурси та необхідністю дотримання міжнародних стандартів з енергозбереження. Цивільні будівлі — житлові будинки, офіси, школи, лікарні тощо — складають значну частку споживання енергії в міських районах, тому впровадження енергоефективних рішень в цих будівлях має значний потенціал для економії енергії на рівні країни [1].

В результаті можемо підкреслити, що підвищення енергоефективності цивільних будівель — це важливий крок на шляху до збереження природних ресурсів, скорочення витрат на енергію та підвищення комфорту життя. Цей процес вимагає комплексного підходу, починаючи від проектування нових будівель і закінчуючи модернізацією існуючих, що дає змогу забезпечити стійкий розвиток у довгостроковій перспективі.

Підвищення енергоефективності цивільних будівель, зокрема в контексті теплового вузла, є ключовим аспектом зниження витрат енергії та забезпечення екологічної стійкості. Тепловий вузол — це місце, де відбувається перетворення та розподіл теплової енергії для потреб опалення та гарячого водопостачання будівлі. Основні методи підвищення енергоефективності в цьому контексті включають:

- Модернізація теплових вузлів.

Модернізація теплових вузлів полягає у заміні старих або неефективних теплообмінників, насосів, автоматизації регулювання тепlopостачання, що дозволяє зменшити втрати тепла. Встановлення сучасних регуляторів і автоматизованих систем управління дає змогу контролювати подачу тепла залежно від температури зовнішнього середовища, що знижує витрати енергії.

Автоматизація процесів: впровадження автоматичних систем керування тепlopостачанням дозволяє регулювати температурні режими відповідно до погодних умов та реального споживання тепла [2]. Наприклад, погодозалежна автоматика коригує подачу тепла залежно від зовнішньої температури.

Балансування систем тепlopостачання: важливо забезпечити рівномірний розподіл тепла між споживачами в будівлі. Це досягається за допомогою гідравлічного балансування системи, що мінімізує втрати тепла.

Встановлення теплових лічильників: використання індивідуальних лічильників тепла сприяє контролю та оптимізації витрат теплової енергії [12].

- Утеплення огорожувальних конструкцій.

Утеплення стін, покрівлі та підлоги: якісне теплоізоляційне покриття значно зменшує теплові втрати через огорожувальні конструкції [3]. Використання сучасних теплоізоляційних матеріалів (мінвата, пінополістирол, ековата) дозволяє знизити втрати тепла на 30-50%. Важливо також звертати увагу на якість монтажу, щоб уникнути теплових мостів.

Енергоефективні вікна та двері: встановлення вікон з низькоемісійним склом та герметичних дверей сприяє зниженню теплових втрат через прорізи [3].

- Оптимізація роботи систем опалення.

Оптимізація включає регулювання режимів роботи систем опалення відповідно до реальних потреб будівлі. Це може включати установку термостатів на радіатори, балансування системи, використання автоматичних клапанів для зниження витрат тепла в неактивних зонах. Це дозволяє уникнути перегріву або недогріву приміщень, знижуючи витрати на опалення [4].



Встановлення сучасних радіаторів: використання новітніх моделей радіаторів з високою тепловіддачею та регулюванням дозволяє ефективніше використовувати теплову енергію.

Підлоги з підігрівом: використання систем підлогового опалення дозволяє рівномірно розподіляти тепло в приміщеннях, що сприяє зниженню потреби в додатковому опаленні.

Впровадження конденсаційних котлів: конденсаційні котли мають високий ККД, оскільки використовують додаткову теплоту, яка утворюється в процесі конденсації пари [4].

- Використання відновлюваних джерел енергії.

Включає використання сонячних колекторів, теплових насосів, вітрогенераторів та геотермальної енергії. Це дозволяє значно зменшити залежність від традиційних джерел енергії, знижуючи викиди CO<sub>2</sub> та витрати на енергоресурси [4].

Теплові насоси: це високоефективні установки, що використовують енергію довкілля (повітря, ґрунту чи води) для забезпечення тепlopостачання. Теплові насоси можуть працювати як в режимі обігріву, так і охолодження.

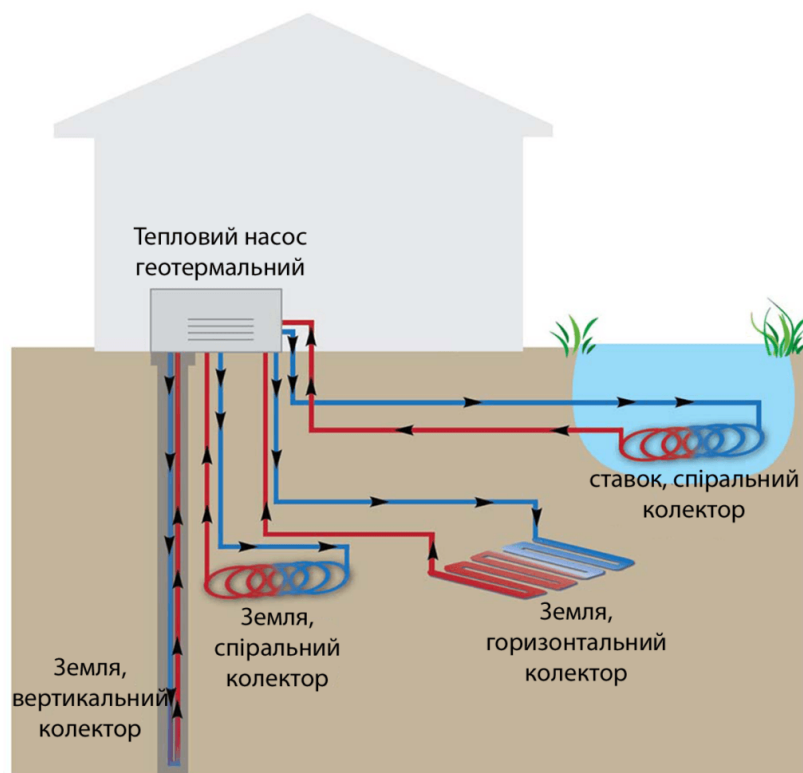


Рисунок 1.1 – Принцип роботи теплового насосу

Сонячні колектори: використовуються для нагрівання води та підтримки системи гарячого водопостачання. Це зменшує навантаження на основну систему опалення.

- Впровадження систем рекуперації тепла.

Рекуперація тепла дозволяє використовувати тепло, яке втрачається разом з відпрацьованим повітрям або відпрацьованою водою. Системи рекуперації повітря забезпечують збереження частини тепла під час вентиляції приміщень [11]. Це може суттєво знижувати потребу в опаленні, особливо в холодний період року.

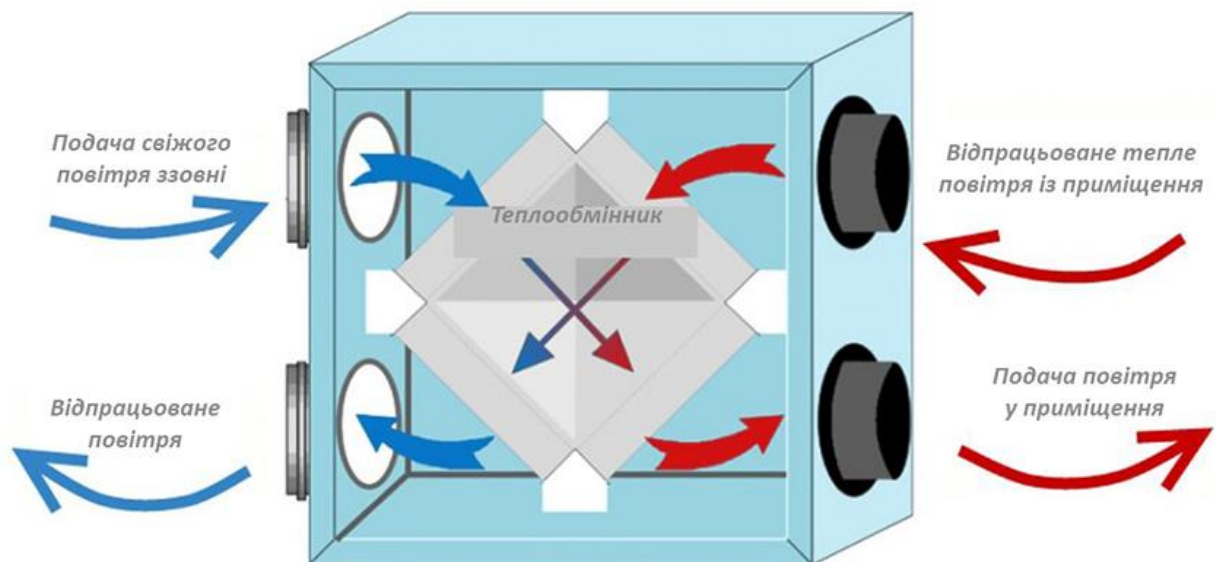


Рисунок 1.2 – Рекуперація тепла

- Оптимізація споживання теплової енергії в будівлі.

Включає впровадження методів управління споживанням тепла, таких як використання програмованих термостатів та розумних систем управління опаленням.

Термостатичні клапани: дозволяють користувачам налаштовувати індивідуальні температури для кожного приміщення, що сприяє енергоефективному використанню тепла.

Програмовані системи керування температурою: використання таймерів та інтелектуальних систем керування допомагає зменшити енергоспоживання під час відсутності людей у приміщеннях.



Рисунок 1.3 – Бездротовий програматор-термостат

- Теплоізоляція інженерних мереж.

Утеплення трубопроводів систем опалення, гарячого водопостачання та вентиляції дозволяє уникнути втрат тепла під час транспортування теплоносія. Застосування теплоізоляційних матеріалів для трубопроводів в будівлі та в ґрунті підвищує загальну ефективність тепlopостачання [4].

- Інтелектуальні системи моніторингу та управління.

Сучасні технології дозволяють впроваджувати системи "розумного дому" та інтернету речей, які надають можливість автоматизованого контролю та управління тепловими вузлами та опалювальними системами:

Системи моніторингу енергії в реальному часі: спеціальні програмні рішення дозволяють здійснювати моніторинг використання тепла та діагностику стану обладнання в режимі реального часу. Це дозволяє виявляти витoki енергії та вживати заходів щодо їх усунення.

Автоматизоване управління системою опалення: інтелектуальні термостати можуть аналізувати графік роботи будівлі (наприклад, офісного чи житлового комплексу), а також змінювати режим опалення в залежності від погодних умов або присутності людей у приміщеннях [1].

- Теплообмінники з підвищеним ККД.

Теплообмінники використовуються для ефективного передачі тепла між різними середовищами. Застосування обладнання з підвищеним коефіцієнтом корисної дії дозволяє знизити енерговитрати при нагріванні або охолодженні. Це забезпечує більш ефективне використання тепла в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Пластинчасті теплообмінники: завдяки своїй конструкції вони забезпечують більшу площу теплообміну на одиницю об'єму, що дозволяє значно зменшити втрати тепла під час передачі теплової енергії [4].

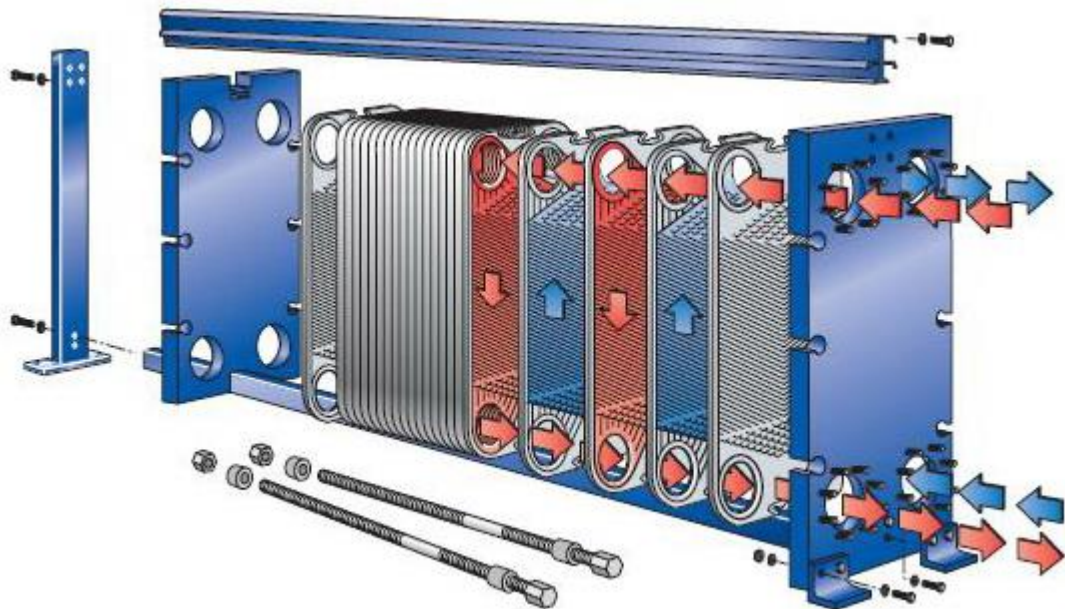


Рисунок 1.4 – Конструкція пластинчастого теплообмінника

Інтеграція з системами тепlopостачання з низькими температурами: використання низькотемпературних контурів у системах опалення може сприяти підвищенню ефективності теплообмінників, знижуючи витрати на енергію для нагрівання.

- Системи комбінованого виробництва тепла та електроенергії (когенерація).

Когенераційні установки дозволяють одночасно виробляти електроенергію та теплову енергію. Такі системи можуть використовуватися для тепlopостачання великих цивільних об'єктів або груп будівель. Основні переваги:



- Високий коефіцієнт корисної дії: виробництво тепла та електрики одночасно дозволяє використовувати до 90% енергії палива, що робить когенераційні установки надзвичайно ефективними.

- Використання локальних джерел енергії: це дозволяє знизити залежність від централізованих постачальників енергії та зменшити втрати тепла в транспорті.

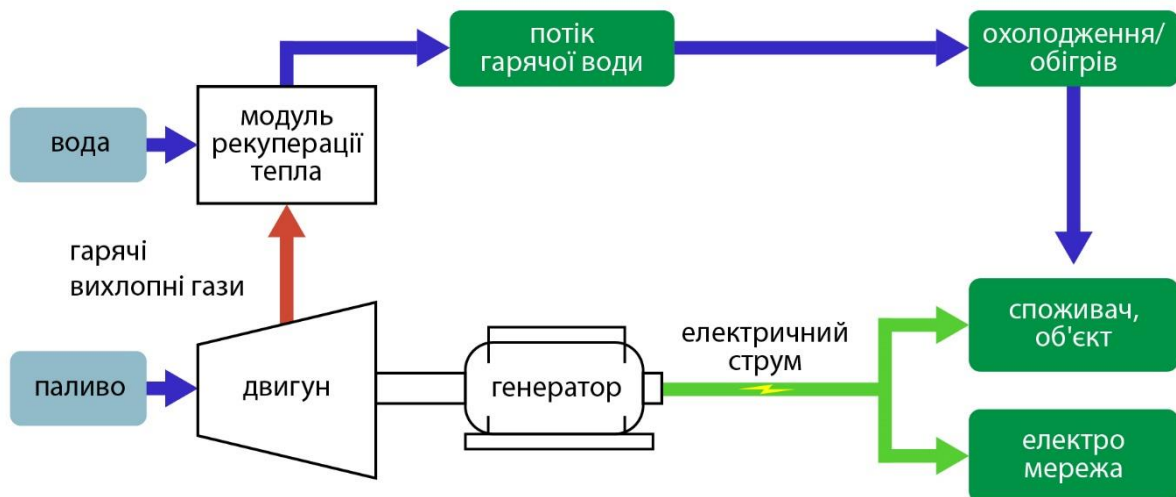


Рисунок 1.5 – Схема роботи когенерації

- Підвищення ефективності за рахунок матеріалів з фазовим переходом.

Матеріали з фазовим переходом здатні акумулювати теплову енергію у фазовому переході (наприклад, із твердого стану в рідкий). Такі матеріали можуть використовуватися для тимчасового зберігання теплової енергії та її поступового вивільнення, що дозволяє зменшити пікові навантаження на системи опалення. Їх використання можливе в конструкціях стін, підлоги або у спеціальних теплоакumuлюючих пристроях, інтегрованих у теплові вузли.

- Теплоізоляція фундаментів і підвальних приміщень.

Утеплення підвалів та фундаментів: забезпечення теплоізоляції в цій зоні зменшує втрати тепла через ґрунт і підвальні приміщення, що може значно підвищити загальну енергоефективність будівлі [3].

Підземні теплові колектори: використання геотермальних технологій може бути застосоване для підтримання стабільної температури в будівлях за рахунок використання тепла землі.

- Використання енергетичних фасадів та дахів.

Енергетичні фасади — це спеціальні конструкції, які інтегрують сонячні панелі або колектори безпосередньо в зовнішню оболонку будівлі. Така інтеграція дозволяє використовувати енергію сонця не тільки для виробництва електрики, але й для підтримання температурного режиму [3]:

- Сонячні колектори в фасаді: використовують сонячну енергію для нагріву води, що знижує навантаження на систему тепlopостачання.

- Зелені дахи та фасади: допомагають підтримувати оптимальну температуру всередині будівлі, створюючи природний теплоізоляційний шар.



Рисунок 1.6 – Сонячні колектори для опалення та для нагрівання води

- Моделювання енергоефективності будівель.

Використання сучасних програмних рішень для моделювання енергоефективності будівель дозволяє оптимізувати проектування і експлуатацію будівлі. Інструменти моделювання можуть допомогти:

- Аналізувати теплові втрати: шляхом моделювання можна точно визначити, де відбуваються найбільші втрати тепла, і впроваджувати цільові заходи для їх мінімізації.

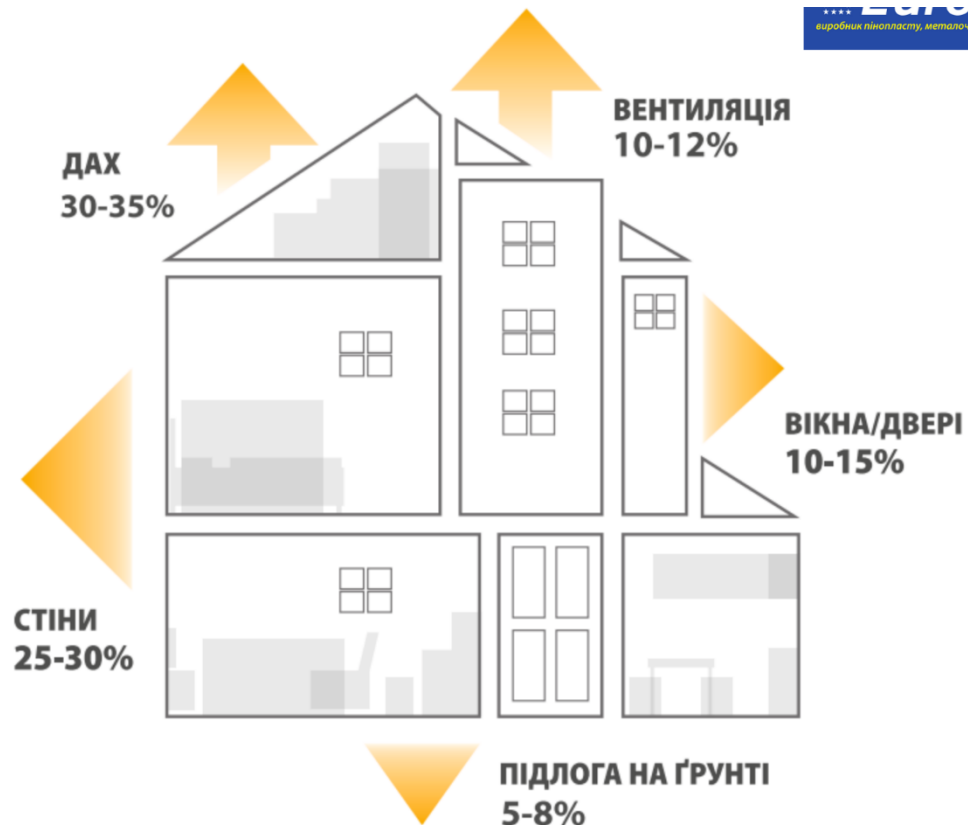


Рисунок 1.7 – Приклад відсоткових втрата тепла з будинку

- Прогнозувати економію енергії: завдяки детальним розрахункам і сценаріям експлуатації можна оцінити потенційну економію від впровадження тих чи інших енергоефективних рішень.

Підвищення енергоефективності цивільних будівель через модернізацію теплових вузлів та інтеграцію сучасних технологій має величезний потенціал для зниження енергоспоживання [1]. Окрім впровадження базових заходів, як утеплення та автоматизація систем, інноваційні рішення, такі як когенерація, використання матеріалів з фазовим переходом, та інтелектуальні системи управління, можуть суттєво збільшити ефективність.

## 1.2 Огляд обладнання для підвищення енергоефективності будівель

Впровадження обладнання для підвищення енергоефективності є оптимізація використання енергоресурсів у будівлях, що включає зниження теплових втрат, ефективне використання теплової та електричної енергії, а також автоматизацію управління кліматичними системами. Це дозволяє не лише зменшити витрати на експлуатацію будівель, а й підвищити комфорт та якість середовища для користувачів. Такі заходи також спрямовані на досягнення сталого розвитку, зменшення екологічного сліду та виконання міжнародних зобов'язань щодо енергоефективності та захисту клімату.

### 1. Автоматичні системи регулювання теплопостачання.

Теплові пункти з автоматикою. Це ключові елементи в управлінні системами опалення та гарячого водопостачання. Вони дозволяють регулювати температуру в залежності від погодних умов та часу доби, що знижує витрати енергії [1].

Програмовані контролери. Контролери для автоматизації теплових вузлів дозволяють дистанційно керувати системами опалення та підлаштовувати параметри роботи під конкретні вимоги (зокрема, для зменшення теплових втрат).

Засоби телеметрії. Використання датчиків для моніторингу температури, тиску та витрат води дозволяє вчасно виявляти можливі проблеми та оптимізувати роботу системи [2].

### 2. Енергоефективні насоси та клапани.

Використання сучасних регуляторів та клапанів із сервоприводами дозволяє точно керувати потоками теплоносія, забезпечуючи рівномірне розподілення тепла та зниження витрат.

Циркуляційні насоси з частотним регулюванням. Такі насоси здатні адаптувати свою роботу під реальні потреби системи, що дозволяє економити електроенергію та забезпечувати стабільний гідравлічний баланс.





Рисунок 1.8 – Енергозберігаючий циркуляційний насос

Термостатичні клапани. Встановлення таких клапанів на радіаторах дозволяє користувачам індивідуально регулювати температуру в приміщеннях, що допомагає уникнути перегріву та зниження комфортності.

### 3. Системи вентиляції з рекуперацією тепла.

Системи вентиляції з рекуперацією тепла забезпечують приплив свіжого повітря в будівлі та одночасно зберігають тепло відпрацьованого повітря, що виводиться. Основний елемент таких систем — рекуператор, який дозволяє передавати тепло від теплого відпрацьованого повітря до холодного свіжого повітря, що надходить ззовні, без змішування потоків. Це знижує втрати тепла та зменшує потребу в додатковому опаленні в холодний період року. В результаті, будівлі потребують менше енергії для підтримки комфортного мікроклімату, що веде до зниження витрат на опалення та охолодження.

### 4. Датчики температури та тиску.

Датчики температури та тиску дозволяють моніторити та контролювати параметри повітря та води в системах опалення, вентиляції та кондиціонування [2]. Це забезпечує точний контроль за температурою в приміщеннях, роботою теплообмінників, ефективною роботою котлів, насосів та вентиляторів. Зокрема:

- Датчики температури відстежують температуру в приміщеннях, теплоносіїв в трубах, дозволяючи адаптувати роботу систем опалення та вентиляції в залежності від зовнішніх та внутрішніх умов.

- Датчики тиску дозволяють контролювати роботу насосів і забезпечувати стабільний тиск у системах водопостачання та опалення, що знижує ризик аварійних ситуацій та покращує ефективність роботи обладнання.

Ці датчики є ключовими елементами для автоматизації та оптимізації роботи інженерних систем будівлі, дозволяючи знижувати споживання енергії та покращувати комфорт мешканців.

#### 5. Погодозалежна автоматика.

Погодозалежне регулювання дозволяє автоматично змінювати параметри роботи системи опалення в залежності від температури зовнішнього повітря, що суттєво знижує споживання енергії.



Рисунок 1.9 – Вигляд контролера для погодозалежної автоматики

Вузол погодного регулювання складається з кількох ключових компонентів: керуючого елемента, регулюючого клапана з виконавчим механізмом, циркуляційного насоса, а також датчиків температури зовнішнього повітря і в

приміщенні [2]. Керуючий елемент цього вузла дає змогу вручну коригувати налаштування, які визначають режим роботи системи опалення, забезпечуючи підтримання різних температур у приміщенні в різний час.

#### 6. Теплові насоси.

Геотермальні теплові насоси можуть бути використані для підігріву або охолодження теплоносія за рахунок використання енергії землі. Це рішення може значно знизити споживання традиційних енергоносіїв, таких як газ або електрика.

Теплові насоси повітря-вода. Вони ефективні для використання в помірних кліматичних умовах, оскільки здатні забезпечувати опалення навіть при низьких температурах зовнішнього повітря. Вони використовують зовнішнє повітря для нагріву води в системах опалення або гарячого водопостачання, що дозволяє знизити витрати на традиційні енергоносії.

#### 7. Частотні перетворювачі для насосів.

Частотні перетворювачі (інвертори) змінюють частоту обертання електродвигуна насоса залежно від потреби в потоці рідини. Це дозволяє забезпечувати необхідний потік без перевитрат енергії, оскільки насос працює не на максимальній потужності, а тільки на стільки, скільки потрібно в даний момент [4]. Використання частотних перетворювачів забезпечує:

- Економію електроенергії: завдяки регулюванню швидкості двигуна насос споживає рівно стільки енергії, скільки потрібно для підтримки заданого рівня тиску чи потоку.
- Зменшення зносу обладнання: менше навантаження на систему знижує швидкість зносу компонентів насоса.
- Покращення управління: інтеграція з системами автоматизації дозволяє гнучкіше адаптувати роботу насосів під поточні умови, що сприяє більш ефективному використанню ресурсів.

#### 8. Системи моніторингу та диспетчеризації.

Системи моніторингу дозволяють відстежувати в реальному часі параметри роботи теплового вузла і реагувати на зміни в роботі системи [4]. Це допомагає виявляти відхилення від оптимальних параметрів і коригувати роботу

обладнання, дозволяє вчасно виявляти проблеми та проводити профілактичне обслуговування, що запобігає витратам на аварійний ремонт і підвищує надійність роботи системи.

#### 9. Теплообмінники.

Теплообмінники є пристроями, що забезпечують передачу теплової енергії між двома середовищами без їхнього змішування. Вони використовуються в системах опалення, кондиціонування та вентиляції для нагрівання чи охолодження повітря, води або інших теплоносіїв [4]. Основні види теплообмінників включають:

- Пластинчасті теплообмінники: мають високу ефективність передачі тепла та займають невелику площу. Використовуються у вентиляційних системах та системах гарячого водопостачання [5].

- Трубчасті теплообмінники: складаються з набору трубок, через які проходять рідини. Мають міцну конструкцію і можуть працювати при високих температурах і тисках.

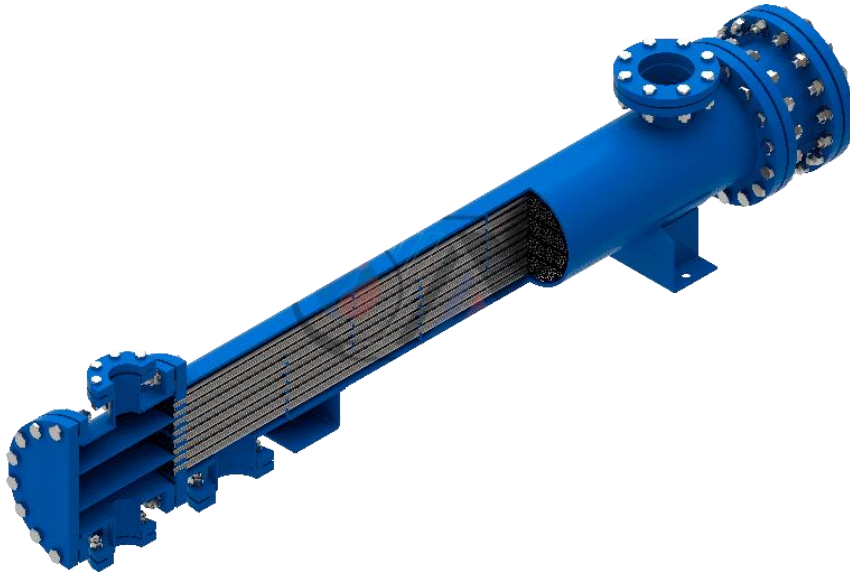


Рисунок 1.10 – Схема трубчастого теплообмінника

- Регенеративні теплообмінники: використовують тепло відпрацьованого повітря для нагрівання свіжого, що надходить, з мінімальними втратами енергії. Часто використовуються в системах рекуперації.



Застосування ефективних теплообмінників дозволяє зменшити витрати на обігрів або охолодження будівлі, що робить їх важливим елементом енергоефективності [5].

#### 10. Ізоляційні матеріали для трубопроводів.

Ізоляція трубопроводів з гарячою водою та теплоносієм допомагає зменшити теплові втрати під час транспортування тепла від джерела (котла чи теплообмінника) до кінцевого користувача. Це дозволяє суттєво знизити витрати на опалення та зберігати тепло. Ізоляційні матеріали можуть бути різних типів, включаючи [3]:

- Мінеральну вату: добре підходить для високотемпературних трубопроводів, оскільки має високу термостійкість.
- Спінений поліетилен: легкий і гнучкий матеріал, що зручний для утеплення труб невеликого діаметра та внутрішніх систем.
- Пінополіуретан: забезпечує високу ефективність ізоляції та має тривалий термін служби. Використовується в системах зовнішнього транспортування тепла.

Ізоляція трубопроводів допомагає не тільки зменшити втрати тепла, але й захищає систему від конденсації та корозії, продовжуючи термін служби обладнання.

#### 11. Сонячні колектори та інші відновлювані джерела енергії.

Сонячні колектори використовуються для нагрівання води або повітря за рахунок енергії сонця. Вони бувають двох основних типів:

- Плоскі колектори: складаються з плоскої абсорбуючої панелі, що нагрівається під дією сонячного світла. Вони підходять для використання в помірних кліматичних зонах.
- Вакуумні трубчасті колектори: мають вищу ефективність, особливо в холодних кліматах, оскільки вакуум між трубками зменшує теплові втрати.

Крім сонячних колекторів, інші відновлювані джерела енергії включають:

- Теплові насоси: використовують тепло з повітря, води або ґрунту для обігріву та охолодження будівлі [5].

- Фотовольтаїчні панелі: перетворюють сонячну енергію в електричну, що може використовуватися для живлення освітлення, обігрівачів та іншого обладнання.

- Вітрогенератори: використовують енергію вітру для генерації електроенергії. Це рішення може бути корисним у місцях з постійними вітровими потоками.

Впровадження цих технологій дозволяє знизити залежність від традиційних джерел енергії, таких як газ та електрика, знижуючи викиди CO<sub>2</sub> та економлячи на енергоресурсах.

Як висновок маємо, що основні переваги впровадження автоматизованого вузла управління опаленням полягають в оптимізації використання теплової енергії в будівлі. Це призводить до значного зниження витрат на теплопостачання, підвищує якість та надійність системи опалення, дозволяє автоматично регулювати подачу тепла, а також забезпечує можливість дистанційного контролю параметрів теплоносія та режимів роботи обладнання. Крім того, систему можна легко переналаштувати без додаткових витрат, наприклад, після утеплення фасадів, заміни вікон або ремонту будівлі [3]. Також реалізується автоматизація обліку споживання теплової енергії. Згідно з практичними даними, автоматизовані вузли управління можуть зекономити приблизно 25-37% теплової енергії, забезпечуючи при цьому комфортні умови в кожному приміщенні.

Подальші дослідження та аналіз можуть допомогти у виборі найефективніших рішень з урахуванням специфіки будівлі, фінансових можливостей та потреб користувачів.

## РОЗДІЛ 2

### 2.1 Автоматизована система контролю індивідуального теплового пункту

Одним із важливих напрямів енергозбереження в централізованих системах теплопостачання є модернізація схем автоматизованих індивідуальних теплових пунктів будівель і споруд на основі сучасних енергозберігаючих технологій.

Індивідуальний тепловий пункт — ключовий елемент системи теплопостачання будівель. Від його параметрів значною мірою залежить регулювання систем опалення та гарячого водопостачання, а також загальна ефективність використання теплової енергії.

Саме тому тепловим пунктам приділяють особливу увагу під час термомодернізації будівель, масштабні проекти якої найближчим часом планується реалізувати в різних регіонах України.

Одним із напрямів енергозбереження в системах централізованого теплопостачання є удосконалення схем автоматизованих індивідуальних теплових пунктів будівель і споруд на основі сучасних енергозберігаючих технологій [1]. Дослідження режимів роботи таких індивідуальних теплових пунктів, що виступають сполучною ланкою між споживачами тепла і тепловими мережами, дозволяє приймати точні, мало витратні та швидко окупуючі проектні й технологічні рішення, які сприяють економії теплової та електричної енергії.

Існує багато причин замінити центральні теплопостачальні пункти на індивідуальні, які використовують у своїй роботі сучасне енергозберігаюче обладнання нового покоління.

Такий перехід дозволить поступово відмовитися від використання традиційних розподільних мереж водопостачання, підвищуючи ефективність регулювання потреб опалення, знижуючи втрати при доставці тепла кінцевому споживачу та скорочуючи витрати електроенергії, потрібної для транспортування нагрітої води до приміщень [1].

Застосування індивідуальних теплових пунктів переміщує центри, що забезпечують будівлю опаленням і гарячим водопостачанням, безпосередньо до конструкції будинку, що дозволяє покращити якість постачання та звести енергетичні втрати до мінімуму [5].

Популярність індивідуальних теплових пунктів зростає з кожним днем, оскільки вони за багатьма параметрами перевершують застарілі централізовані теплопостачальні пункти, забезпечуючи значні переваги перед ними.

Це комплекс обладнання, що використовується для підключення будинкових систем опалення, гарячого водопостачання та вентиляції до тепломереж. Ключовим елементом цього комплексу є регулятор теплової потужності опалювальної системи, який адаптується до погодних умов і відомий як «погодний регулятор».

Регулятор теплової потужності також складається з комплексу автоматичних пристроїв, «мозком» якого є електронний регулятор температури. До нього підключено щонайменше два датчики: датчик температури зовнішнього повітря, розташований на зовнішній стіні будівлі (зазвичай північній), та датчик температури теплоносія, що надходить у систему опалення.

Електронний регулятор температури, аналізуючи дані від цих двох датчиків через регулювальний клапан з електроприводом, налаштовує обсяг теплоносія, що постачається з тепломережі в будівлю, зменшуючи його до необхідного рівня [2]. Це дає можливість використовувати лише ту кількість теплоносія, яка потрібна в конкретний момент, що суттєво сприяє економії теплової енергії.

Також індивідуальний тепловий пункт включає контрольно-вимірювальні прилади, насоси, вузол обліку та інші компоненти. Комплектація кожного індивідуального теплового пункту визначається завданнями, які він повинен виконувати.

Зазвичай встановлення індивідуального теплового пункту дозволяє досягти економії в 20-30% для багатоквартирного будинку, а іноді навіть 50%. Це обумовлено тим, що будинок, обладнаний індивідуальним тепловим пунктом з

погодним регулюванням, отримує з центральної тепломережі стільки теплової енергії, скільки необхідно для конкретної температури повітря.

Це дозволяє уникнути перегріву будівлі при підвищенні температури, а найголовніше – зменшує споживання енергії з центральної тепломережі.

Найбільше тепла та коштів жителям дозволяє зекономити індивідуальний тепловий пункт із функцією автоматичного погодного регулювання подачі тепла в будинок. У такій системі балансувальні клапани ефективно розподіляють кількість тепла, незалежно від розташування стояка опалення [5].

Індивідуальні теплові пункти мають безліч переваг у порівнянні з централізованим обладнанням. Досвід експлуатації таких пунктів показує, що в багатоповерхових будинках, де не було можливості регулювання, після їх встановлення загальне зниження споживання тепла коливається від 15% до 73%.

Економія досягається завдяки автоматичному регулюванню параметрів теплоносія і розподілу теплової енергії в системах опалення та гарячого водопостачання в залежності від зовнішньої температури та за попередньо встановленим часовим графіком [1]. Індивідуальний тепловий пункт також забезпечує ефективну циркуляцію теплоносія, що дозволяє досягти рівномірного розподілу тепла в об'єкті. Прилади індивідуальних теплових пунктів мають тривалий термін служби і не потребують ремонту.

Підсумовуючи, слід підкреслити, що сучасна будівельна галузь, яка відповідає всім міжнародним нормам і стандартам, не може функціонувати без впровадження та інтеграції індивідуальних теплових пунктів. Використання таких пунктів дозволяє зменшити витрати на тепло та воду в порівнянні з більш старими системами опалення, що є надзвичайно важливим у нинішній час боротьби за екологічну чистоту та збереження навколишнього середовища.

Зменшення витрат на опалення, у свою чергу, позитивно вплине на зниження комунальних платежів для споживачів [1]. Автоматизація індивідуальних теплових пунктів є наступним кроком у розвитку економного опалення житлових будинків. Адже впровадження автоматизації та використання мікроконтролерів у роботі теплових пунктів є постійним процесом вдосконалення



існуючих стандартів і норм комфорту для кожного споживача в будинках з індивідуальними тепловими пунктами.

Ефективне використання природних енергетичних ресурсів та потенціалу енергетичного сектора є необхідним для стійкого розвитку економіки країни, зміцнення її зовнішньоекономічних позицій і поліпшення якості життя громадян [1]. У сучасних умовах однією з важливих проблем, що постають перед нашою країною, є зниження енергоспоживання та більш раціональне використання енергоресурсів. Це можна досягти лише шляхом комплексного застосування передових енергозберігаючих технологій і впровадження організаційних заходів, спрямованих на енергозбереження.

Впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами в сфері теплофікації та централізованого теплопостачання дозволяє суттєво підвищити технічний рівень експлуатації цих систем і забезпечити значну економію пального. Автоматизовані індивідуальні теплові пункти в поєднанні з автоматичним регулюванням тепловіддачі опалювальних приладів дають змогу повністю реалізувати в будівлях заходи з економії тепла, води та електроенергії для перекачування, а також зменшити витрати на прокладання трубопроводів у системах тепловодопостачання [2].

Отже, я вважаю, що автоматизована система управління індивідуальними тепловими пунктами, яка використовує сучасні мікроконтролери та принципи роботи, є важливим і багатогранним питанням для сьогодення.

## 2.2 Розроблення структурної схеми автоматики індивідуального теплового вузла будівлі

Розробка структурної схеми полягає у створенні графічного зображення елементів системи управління та їх взаємозв'язків. Це може бути блок-схема або інша графічна модель, що дозволяє візуально представити структуру системи та функціональні зв'язки між її компонентами [7].

Структурна схема дозволяє визначити функціональні залежності між елементами системи, що сприяє розробці алгоритмів управління і встановленню коректного порядку передачі даних та сигналів між елементами [6].

Крім того, структурна схема є важливим етапом у процесі проектування системи управління, оскільки вона допомагає визначити необхідну кількість і типи елементів системи, а також потреби в програмному забезпеченні та обчислювальних потужностей.

Узагальнюючи, структурна схема є критично важливим етапом у розробці системи управління, оскільки вона допомагає визначити структуру системи, функціональні залежності між її компонентами і ресурси, які будуть потрібні для її реалізації [6].

Структурна схема автоматизованої системи управління тепловими пунктами може включати такі секції:

1. Секція збору даних - призначений для збору та передачі інформації про стан теплових пунктів до системи управління.
2. Секція обробки даних - виконує аналіз та обробку отриманих даних для контролю режиму роботи теплових пунктів.
3. Секція керування - відповідає за управління режимом роботи теплових пунктів на основі отриманих даних. Включає контролери, які забезпечують автоматичний або напівавтоматичний контроль рівня теплових потоків у системі.
4. Секція взаємодії з користувачем - містить інтерфейс користувача, що дозволяє відображати інформацію про роботу системи та здійснювати взаємодію з нею.

5. Секція безпеки - забезпечує захист системи від аварійних ситуацій і може включати систему аварійного вимкнення, систему аварійного сигналізування тощо.

Орієнтуючись на принципи функціонування індивідуальних теплових пунктів та зважаючи на питання вдосконалення існуючих теплових пунктів, нижче представлена структурна схема роботи індивідуальних теплових пунктів з оптимальними параметрами енергозбереження і продуктивності.

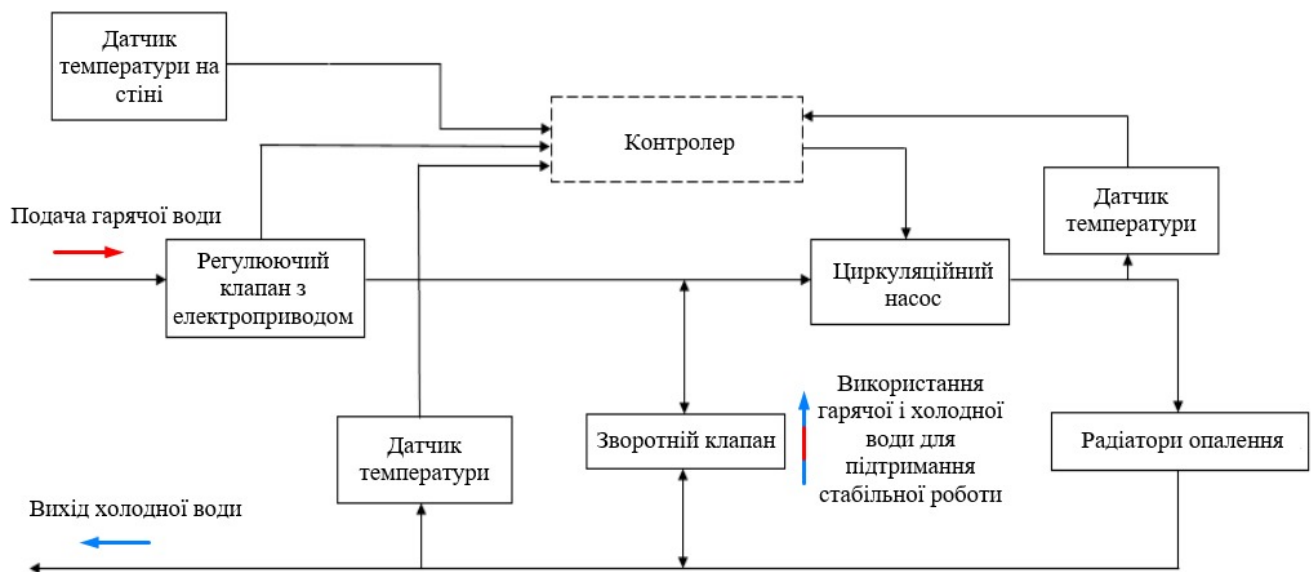


Рисунок 2.1 Структурна схема автоматизованої системи індивідуального теплового пункту

У тепловий пункт надходять холодна та гаряча вода з центральної водопровідної системи. Контролер індивідуального теплового пункту виконує дві основні функції:

- Перша і найважливіша – подаючи сигнал на регулюючий клапан, він пропускає потрібну кількість гарячої води через циркуляційний насос, яка надходить на радіатори опалення, віддає тепло і повертається в систему ЦВС.
- Друга – здійснюється у разі необхідності різкого зменшення температури води, що подається на радіатори, з використанням зворотного клапана.

## 2.3 Визначення основних параметрів для налаштування системи автоматичного опалення

Налаштування системи автоматичного опалення є критично важливим етапом для забезпечення ефективності та енергозбереження в об'єкті. Основні параметри, які потрібно враховувати під час налаштування, включають:

### А. Температурні режими

Температурні режими є одним з найважливіших аспектів налаштування системи автоматичного опалення. Вони визначають, як система реагує на зміни в умовах навколишнього середовища та потреби споживачів [8]. Налаштування температурних режимів дозволяє забезпечити комфортні умови в приміщеннях, зберігаючи при цьому енергію і знижуючи витрати.

#### ✓ Основні температурні режими.

Температурні режими в системах опалення включають:

- Максимальна температура подачі: зазвичай встановлюється на рівні, достатньому для підтримки комфортної температури в приміщеннях, але не такою, щоб викликати перегрів або надмірні втрати енергії. Для більшості систем опалення цей показник коливається в межах 70-90°C.
- Мінімальна температура подачі: це найнижча температура теплоносія, яка може подаватися в систему, щоб забезпечити адекватне опалення, для зниження споживання енергії, але лише до певної межі, щоб уникнути охолодження приміщень.
- Температура зворотного потоку: це температура теплоносія, що повертається в котел або теплогенератор після проходження через опалювальні прилади. Оптимальні значення зазвичай становлять близько 40-60°C.
- Температурний режим в приміщенні: це температура, яку хочуть підтримувати в об'єкті. Для комерційних і промислових об'єктів – може коливатися залежно від специфіки використання.

- ✓ Налаштування температурних режимів.

Для досягнення оптимального температурного режиму в системах опалення необхідно враховувати кілька факторів:

- Кліматичні умови: зовнішня температура впливає на потребу в опаленні.
- Тепловтрати: розрахунок тепловтрат будівлі допомагає визначити, яку кількість тепла необхідно подавати для підтримки комфортної температури.
- Використання погодозалежного регулювання: системи з погодозалежним регулюванням автоматично налаштовують температуру подачі в залежності від зовнішніх температур, що дозволяє значно підвищити енергоефективність.
- Використання кімнатних термостатів: встановлення термостатів у різних приміщеннях дає можливість регулювати температуру окремо для кожного з них, враховуючи індивідуальні потреби мешканців.

## В. Графік роботи

Графік роботи системи автоматики опалення є ключовим елементом у налаштуванні та оптимізації процесів опалення. Він визначає час, коли система буде активною, а також режим роботи (наприклад, температура, потужність) у різні періоди доби або тижня. Правильно налаштований графік роботи дозволяє досягти максимальної енергоефективності, знижує витрати на опалення і забезпечує комфортні умови в приміщеннях [1].

- ✓ Основні аспекти графіка роботи.

Час роботи системи:

- Програмування часу увімкнення/вимкнення: система повинна автоматично вмикатися та вимикатися відповідно до встановленого графіка. Це дозволяє уникнути непотрібного споживання енергії, коли приміщення не використовуються.
- Адаптація до сезонних змін: графік роботи повинен змінюватися в залежності від сезону.



Температурні режими за часом:

- Зміна температури в залежності від часу доби: наприклад, вночі температура може бути знижена для економії енергії, тоді як у ранкові години – підвищена для створення комфортної атмосфери.

- Регулювання температури під час пікових навантажень: у періоди, коли споживання енергії є найбільшим, може бути корисно знизити температуру подачі для зменшення навантаження на систему.

День тижня:

- Налаштування на будні та вихідні: у вихідні дні система може працювати за спрощеним графіком, оскільки люди проводять час вдома.

- ✓ Програмування графіка роботи.

Програмування графіка роботи системи автоматики може бути реалізовано через:

- Мікроконтролери та програмовані логічні контролери (PLC): ці пристрої можуть бути налаштовані для автоматичного управління системами опалення відповідно до заданих графіків. Користувач може встановити необхідні параметри через інтерфейс.

- Термостати з функцією програмування: сучасні термостати часто мають вбудовані можливості для програмування графіка роботи, що дозволяє користувачам легко налаштовувати температури в різний час доби.

- Мобільні додатки та інтернет речей (IoT): в новітніх системах можливе управління графіком роботи через мобільні додатки, що дозволяє користувачам віддалено змінювати налаштування у будь-який час і з будь-якого місця.

- ✓ Вплив графіка роботи на ефективність.

- Економія енергії: зменшення часу роботи системи опалення у періоди, коли приміщення не використовується, призводить до значної економії енергії [1].

- Підвищення комфортності: автоматичне регулювання температури відповідно до графіка дозволяє підтримувати комфортний мікроклімат у приміщеннях.

- Зниження витрат: встановлення графіків, що відповідають фактичним потребам, дозволяє уникати непотрібних витрат.
- Подовження терміну служби обладнання: правильне регулювання графіка роботи також допомагає уникнути перевантаження системи опалення, що, в свою чергу, подовжує термін служби обладнання.
  - ✓ Рекомендації щодо налаштування графіка роботи.
- Аналіз споживання: важливо провести аналіз фактичного споживання тепла та води для визначення оптимальних годин роботи системи.
- Гнучкість налаштувань: графік роботи повинен бути гнучким і дозволяти користувачеві вносити зміни відповідно до своїх потреб.
- Контроль і моніторинг: системи повинні мати можливість контролювати фактичну температуру в приміщеннях, щоб адаптуватися до змін, таких як зміна погоди або тривале перебування людей вдома.

### С. Регулювання теплових потоків

Регулювання теплових потоків є одним із найважливіших аспектів налаштування системи автоматичного опалення. Це процес, який забезпечує контроль за подачею тепла до приміщень, відповідно до їхніх потреб у тепловій енергії. Коректне регулювання теплових потоків дозволяє підтримувати комфортну температуру в приміщеннях, оптимізувати споживання енергії та знижувати витрати на опалення.

- ✓ Основні принципи регулювання теплових потоків.
- Зворотний зв'язок: дозволяє системі реагувати на зміни температури і відповідно коригувати подачу тепла.
- Автоматичне регулювання: системи можуть бути налаштовані на підтримку певної температури, змінюючи подачу теплоносія залежно від поточних потреб.

- Використання регулюючих клапанів: можуть бути автоматичними або ручними і використовуються для регулювання кількості теплоносія, що надходить до радіаторів, системи підлоги з підігрівом або інших обігрівальних елементів.

- Пропорційно-інтегрально-диференційне (ПІД) регулювання: ПІД-регулятори дозволяють досягти оптимального балансу між швидкістю реакції і стабільністю системи.

- ✓ Компоненти системи регулювання теплових потоків.

Датчики температури [2]:

- Зовнішні датчики: вимірюють температуру зовнішнього середовища, що дозволяє коригувати теплові потоки в залежності від змін погоди.

- Внутрішні датчики: розташовані в приміщеннях для моніторингу температури повітря та реагування на зміни.

Регулятори:

- Термостати: пристрої, що автоматично вмикають або вимикають опалення в залежності від досягнутої температури.

- Електронні регулятори: використовують програмне забезпечення для управління системами опалення на основі зворотного зв'язку від датчиків.

- ✓ Методи регулювання теплових потоків.

- Пропорційне регулювання: основний метод, при якому кількість поданого тепла пропорційна різниці між встановленою і фактичною температурою. При значній різниці клапан відкривається ширше, а при досягненні цілі – закривається.

- Інтегральне регулювання: додатково враховує час, протягом якого система перебуває в стані похибки. Це дозволяє системі надолужувати відставання у досягненні температури, але може призводити до коливань.

- Диференційне регулювання: реагує на швидкість зміни температури. Це допомагає зменшити коливання температури, але може бути менш чутливим до стабільних зміщень.

- Комбіновані системи: багато сучасних систем поєднують різні методи регулювання для досягнення кращої ефективності та стабільності.

- ✓ Вплив регулювання теплових потоків на ефективність системи.

- Економія енергії: оптимізація регулювання теплових потоків дозволяє значно знизити витрати на опалення, оскільки система не працює в режимі перевантаження [1].

- Підвищення комфортності: стабільна температура в приміщеннях забезпечує комфорт для мешканців. Налаштування системи на основі фактичних потреб підвищує рівень комфорту.

- Зменшення зносу обладнання: правильне регулювання допомагає зменшити навантаження на обладнання, що продовжує його термін служби та знижує потребу в ремонті.

- Гнучкість у налаштуваннях: системи регулювання можуть бути налаштовані відповідно до специфічних вимог споживачів або умов експлуатації, що забезпечує більшу гнучкість у їхньому використанні.

- ✓ Рекомендації щодо налаштування регулювання теплових потоків.

- Аналіз потреб: важливо провести детальний аналіз теплових потреб приміщень для налаштування системи. Це включає в себе вивчення площі, ізоляційних характеристик та призначення приміщень.

- Перевірка та калібрування датчиків: датчики температури повинні бути точно відкалібровані для забезпечення коректного зворотного зв'язку в системі.

- Регулярний моніторинг: необхідно постійно стежити за ефективністю роботи системи, проводити аналіз споживання енергії та коригувати налаштування в разі потреби.

#### D. Датчики та контроль

Датчики та контроль є основними компонентами системи автоматизації опалення, що забезпечують точний моніторинг і управління процесами опалення [2]. Вони виконують роль зв'язку між фізичними параметрами, такими як

температура, тиск і витрата, та системами управління, які аналізують ці дані для оптимізації роботи системи. У цьому розділі розглянемо різні типи датчиків, їх призначення, принцип роботи, а також методи контролю.

✓ Основні типи датчиків.

- Термопари: вимірюють температуру за допомогою термоелектричного ефекту, генеруючи електричний сигнал, що пропорційний різниці температур.
- Термометри опору: вимірюють температуру шляхом зміни електричного опору металевого проводу в залежності від температури. Вони дуже точні і стабільні.
- Термостати: пристрої, що реагують на зміну температури, вмикаючи або вимикаючи нагрівальні елементи.

Датчики тиску [2]:

- Датчики абсолютного тиску: вимірюють тиск відносно вакууму і використовуються для моніторингу тиску теплоносія в системі.
- Датчики манометричного тиску: вимірюють тиск в системі відносно атмосферного тиску. Вони допомагають контролювати належний тиск у системі опалення.

Датчики витрати:

- Витратоміри: вимірюють кількість теплоносія, що проходить через систему. Можуть бути механічними, електромагнітними або ультразвуковими.
- Датчики потоку: використовуються для визначення швидкості руху теплоносія в системі.
- Датчики вологості: вимірюють вміст водяної пари в повітрі, що дозволяє контролювати мікроклімат в приміщеннях.
- Датчики якості повітря: вимірюють рівень забруднень у повітрі, таких як вуглекислий газ, що може впливати на необхідність вентиляції і опалення.

✓ Принцип роботи датчиків.



Датчики функціонують на основі різних фізичних явищ, які дозволяють їм перетворювати фізичні величини в електричні сигнали. Основні принципи роботи включають:

- Термомеханічний ефект: використовується в термопарах, де два різних метали генерують електричний потенціал при різниці температур.
  - Зміна опору: у термометрах опору змінюється електричний опір в залежності від температури, що дозволяє визначити її значення.
  - Ультразвукові та електромагнітні принципи: витратоміри на основі цих принципів вимірюють витрату рідини або газу за допомогою частот або зміни електромагнітного поля.
- ✓ Системи контролю.

Контрольні системи в автоматизованих системах опалення виконують кілька важливих функцій:

- Моніторинг: безперервний збір даних з датчиків для відстеження поточного стану системи [2].
- Аналіз даних: використання алгоритмів для обробки даних з датчиків, що дозволяє прогнозувати потреби в теплі, виявляти аномалії та оптимізувати роботу системи.
- Управління: автоматичне регулювання подачі теплоносія, налаштування роботи насосів і котлів на основі отриманих даних.
- Візуалізація: відображення інформації на інтерфейсі користувача, що дозволяє операторам контролювати стан системи, налаштовувати параметри та отримувати сповіщення про проблеми.

✓ Інтеграція датчиків у систему управління.

Інтеграція датчиків у систему управління забезпечує:

- Автоматизацію: датчики дозволяють системі автоматично реагувати на зміни в середовищі, що підвищує ефективність роботи [2].
- Адаптивність: системи можуть адаптуватися до змін температури, вологості та інших умов, що робить їх більш ефективними та економічними.

- Віддалений контроль: моніторинг і управління через інтернет, що забезпечує зручність для користувачів.

- ✓ Вибір датчиків для системи автоматичного опалення.

При виборі датчиків для системи автоматичного опалення важливо враховувати:

- Тип системи опалення: датчики повинні відповідати вимогам конкретної системи (радіаторного опалення, підлоги з підігрівом тощо).

- Умови експлуатації: датчики повинні бути стійкими до впливу вологи, пилу, високих температур та інших агресивних середовищ.

- Точність і швидкість реагування: висока точність вимірювань і швидка реакція датчиків на зміни параметрів є критично важливими для ефективної роботи системи.

## Е. Енергетичні параметри

Енергетичні параметри є ключовими складовими для налаштування системи автоматичного опалення, оскільки вони визначають ефективність роботи системи та її здатність забезпечувати комфортні умови в приміщеннях при мінімальних витратах ресурсів. В цьому розділі ми розглянемо основні енергетичні параметри, які потрібно враховувати під час проектування та налаштування автоматизованих систем опалення.

- ✓ Коефіцієнт корисної дії (ККД).

Коефіцієнт корисної дії є основним показником ефективності системи опалення, який відображає, яка частина енергії, споживаної котлом або нагрівальним елементом, використовується для опалення приміщення [1].

Високий коефіцієнт корисної дії означає, що більша частина споживаної енергії використовується для опалення, що призводить до зниження витрат на енергоресурси.

- ✓ Теплова потужність системи.

Теплова потужність системи опалення визначає здатність обладнання забезпечувати необхідну кількість тепла для опалення приміщення. Цей параметр

вимірюється в кіловатах (кВт) і залежить від таких факторів як обсяг приміщення, теплотехнічні характеристики (матеріали стін, вікон, дверей) та кліматичних умов [1].

Розрахунок теплої потужності є важливим етапом у проектуванні, адже недостатня потужність призведе до незадовільного опалення, а надмірна — до зайвих витрат на енергію.

✓ Енергетичний баланс.

Енергетичний баланс системи опалення визначає співвідношення між енергією, яка надходить в систему, та енергією, що витрачається на опалення приміщення. Енергетичний баланс враховує:

- Енергію, отриману з джерела: це може бути енергія газу, електрики, пального, а також енергія, отримана від поновлювальних джерел (сонячні колектори, теплові насосні системи).
- Енергію, що втрачається: тепловтрати через стіни, вікна, вентиляцію та інші конструктивні елементи приміщення [3].

Оптимізація енергетичного балансу допомагає знизити витрати і підвищити ефективність системи, адже менші втрати енергії означають, що для підтримання комфортних температур потрібно менше енергії.

✓ Енергозберігаючі технології.

Для підвищення енергоефективності системи опалення можна впроваджувати різні енергозберігаючі технології, такі як:

- Регулятори температури: системи автоматичного управління, які адаптують подачу тепла відповідно до змін температури зовнішнього повітря та внутрішніх умов.
- Модульовані котли: здатні автоматично змінювати потужність в залежності від потреби в теплі.
- Системи рекуперації тепла: технології, що дозволяють використовувати відпрацьоване тепло, наприклад, з вентиляції або теплообмінників, для попереднього обігріву води.

- Ізоляційні матеріали: використання сучасних теплоізоляційних матеріалів для зменшення тепловтрат через стіни та дахи [3].

#### Г. Системи безпеки

Системи безпеки є важливим компонентом в автоматизації опалення, оскільки вони забезпечують безпечну експлуатацію обладнання, запобігають аварійним ситуаціям та захищають користувачів від потенційних небезпек. Цей розділ присвячений основним елементам систем безпеки, їхньому функціоналу та значенню для налаштування системи автоматичного опалення.

- ✓ Основні загрози та небезпеки.

Під час експлуатації систем опалення можуть виникати різноманітні небезпеки, серед яких:

- Перегрів: якщо температура теплоносія перевищує безпечний рівень, це може призвести до виходу з ладу обладнання, вибухів або пожеж.
- Тиск: надмірний тиск у системі може викликати аварійні ситуації, такі як витікання або розриви трубопроводів.
- Витоки газу: у газових котлах існує ризик витоку газу, що може спричинити вибух або отруєння.
- Електричні небезпеки: коротке замикання, перенапруга або інші електричні проблеми можуть призвести до пожежі або травм.

- ✓ Елементи систем безпеки.

Для забезпечення безпеки системи опалення необхідно інтегрувати різноманітні елементи, які виконують контроль і захист. Основні з них:

- Датчики температури та тиску: при досягненні критичних значень передають сигнали на контролер, який може вжити заходів (зменшити подачу тепла, закрити клапан).
- Запобіжні клапани: автоматично відкриваються, щоб скинути надлишковий тиск, запобігаючи можливим аваріям.

- Датчики витоку: у разі виявлення витоку система може автоматично відключити котел або інші елементи, зменшуючи ризик небезпечних ситуацій.
- Аварійні вимикачі: дають можливість миттєво відключити систему в разі надзвичайної ситуації. Мають бути доступні для користувачів і розташовані у зручних місцях.
- Системи сигналізації: можуть включати світлові та звукові сигнали, а також системи SMS-інформування.
- Контролери з функцією самодіагностики: забезпечують автоматичне відключення в разі виявлення небезпечних умов.

✓ Автоматизація систем безпеки.

Автоматизація систем безпеки дозволяє підвищити їх ефективність. Це може бути досягнуто через:

- Використання мікроконтролерів: сучасні мікроконтролери дозволяють реалізувати складні алгоритми обробки даних з датчиків, забезпечуючи високий рівень реагування на небезпеки.

- Віддалений моніторинг: використання технологій IoT (інтернет речей) для віддаленого контролю системи опалення та систем безпеки. Користувач може отримувати сповіщення на мобільний телефон або комп'ютер.

✓ Регламент та документація.

Для забезпечення належного функціонування систем безпеки необхідно дотримуватись стандартів та нормативів, які регламентують їх установку та експлуатацію. Важливими аспектами є:

- Регулярні перевірки та обслуговування: проводити регулярні перевірки обладнання та систем безпеки, щоб переконатися в їхньому правильному функціонуванні.

- Навчання персоналу: персонал повинен бути навчений щодо роботи з системами безпеки, включаючи правильні дії в разі аварії.



- Документація: вести облік усіх перевірок, обслуговувань та інцидентів, пов'язаних з безпекою, щоб мати можливість аналізувати дані та вносити покращення.

### G. Налаштування режимів роботи котлів і насосів

Налаштування режимів роботи котлів і насосів є ключовим етапом в автоматизації системи опалення. Це забезпечує ефективну, економічну та безпечну експлуатацію теплового обладнання, а також підтримує необхідні температурні режими в приміщеннях. У цьому розділі розглянемо основні аспекти налаштування режимів роботи котлів і насосів, включаючи параметри, алгоритми, та вплив на загальну ефективність системи опалення [9].

- ✓ Визначення режимів роботи котлів.

Котли можуть працювати в різних режимах в залежності від потреб споживачів і зовнішніх умов. Основні режими роботи котлів включають:

- Номінальний режим: котел працює на максимальній потужності, задовольняючи пікові потреби в теплі.

- Режим часткової потужності: у цьому режимі котел працює на зниженій потужності, що дозволяє економити паливо, особливо коли потреби в опаленні менші.

- Режим підігріву: використовується, коли потрібно швидко підвищити температуру теплоносія, наприклад, після тривалої перерви в роботі. Котел працює на максимально можливій потужності до досягнення необхідної температури.

- Режим охолодження: в деяких системах котел може бути налаштований на охолодження, що особливо важливо в системах, що поєднують опалення і кондиціонування.

- ✓ Налаштування насосів.

Насоси в системах опалення виконують роль переміщення теплоносія. Правильне налаштування режимів роботи насосів є критично важливим для

забезпечення ефективності та надійності системи. Основні аспекти налаштування насосів:

- Циркуляційні насоси: використовуються для постійного або змінного потоку теплоносія [9].
- Регульовані насоси: дозволяють автоматично змінювати потужність в залежності від потреби.
- Налаштування швидкості обертання: сучасні насоси зазвичай мають функцію регулювання швидкості обертання, що дозволяє оптимізувати витрату енергії.

Режимами роботи є постійна робота та змінний режим (зменшення обертів вночі або в години, коли температура зовнішнього повітря вище).

- ✓ Інтеграція котлів і насосів в систему автоматизації.

Інтеграція котлів і насосів у загальну систему автоматизації є важливою для забезпечення їх оптимальної роботи [9]. Це включає:

- Контроль температури: використання датчиків температури для моніторингу та корекції режимів роботи котлів і насосів.
- Графік роботи: налаштування графіків роботи котлів і насосів в залежності від прогнозів погоди, щоб забезпечити економію енергії.
- Взаємодія з іншими системами: наприклад, системи вентиляції або кондиціонування можуть взаємодіяти з системами опалення для досягнення загального комфорту в приміщеннях.
- Діагностика та моніторинг: використання систем автоматизованого моніторингу для виявлення несправностей або необхідності в обслуговуванні.

#### Н. Комунікаційні параметри

Комунікаційні параметри системи автоматики опалення відіграють критично важливу роль в забезпеченні ефективного управління, моніторингу та взаємодії всіх компонентів системи. Ці параметри визначають, як елементи системи обмінюються інформацією та сигналами, що впливає на загальну

продуктивність і надійність системи опалення. У цьому розділі розглянемо основні аспекти комунікаційних параметрів, включаючи типи зв'язку, протоколи, топології мереж, а також вплив на систему.

✓ Типи комунікацій.

У системах автоматики опалення можуть використовуватися різні типи комунікацій, які включають:

- Кабельні мережі: Використовуються для підключення всіх компонентів системи (датчиків, контролерів, насосів тощо) за допомогою фізичних кабелів. Цей тип зв'язку забезпечує високу швидкість передачі даних та стабільність.
- Wi-Fi: використовується для підключення компонентів до локальної мережі, що дозволяє віддалено контролювати та моніторити систему через Інтернет.
- Bluetooth: призначений для короткострокової комунікації між пристроями на коротких відстанях.
- Zigbee: енергозберігаючий протокол бездротового зв'язку, що дозволяє створювати мережі для контролю домашньої автоматизації.

✓ Протоколи передачі даних.

Вибір протоколу передачі даних є важливим аспектом комунікаційних параметрів. Основні протоколи, що використовуються в системах автоматики опалення:

- Modbus: поширений протокол, що забезпечує зв'язок між контролерами та пристроями в системах управління.
- BACnet: стандарт для автоматизації будівель, що дозволяє інтегрувати різні системи (опалення, вентиляції, кондиціонування) в єдину мережу.
- KNX: протокол, який використовується для домашньої автоматизації. Він дозволяє інтегрувати різні системи (освітлення, опалення, охорону) в єдину мережу, забезпечуючи можливість управління з одного місця.

- DALI: використовується в освітлювальних системах, але також може бути інтегрований в системи опалення для контролю за освітленням в залежності від режиму роботи.

- ✓ Топології мереж.

Топологія мережі визначає, як елементи системи з'єднані між собою [10]. Основні типи топології, що використовуються в системах автоматизації опалення:

- Зіркова топологія: у цьому випадку всі пристрої підключені до центрального контролера або хаба. Ця топологія проста в налаштуванні і обслуговуванні, але залежить від центрального елемента.

- Шинна топологія: всі пристрої підключені до одного кабелю. Це дозволяє легко додавати нові пристрої, але може призвести до зниження продуктивності при збільшенні кількості підключених елементів.

- Кільцева топологія: у цій конфігурації кожен пристрій з'єднаний з двома іншими, формуючи кільце. Це може підвищити надійність, але якщо один з пристроїв виходить з ладу, вся мережа може зупинитися [10].

- Мішана топологія: поєднує елементи різних топологій для досягнення оптимального рішення з точки зору продуктивності та надійності.

- ✓ Вплив комунікаційних параметрів на систему.

Комунікаційні параметри впливають на загальну ефективність системи опалення в кількох аспектах:

- Швидкість передачі даних: висока швидкість передачі даних забезпечує оперативне реагування системи на зміни в умовах експлуатації, що важливо для оптимізації режимів роботи котлів і насосів.

- Надійність зв'язку: висока надійність комунікацій забезпечує стабільну роботу системи і зменшує ризик виникнення аварійних ситуацій [10].

- Гнучкість: можливість легко змінювати конфігурацію мережі та додавати нові пристрої забезпечує адаптацію системи до змінних потреб споживачів.

- Вартість: обрані комунікаційні технології впливають на загальну вартість системи, як у процесі установки, так і в подальшому обслуговуванні.

## I. Моніторинг і звітність

Моніторинг і звітність є критично важливими елементами системи автоматизації опалення, які забезпечують ефективний контроль за її роботою, дозволяють виявляти проблеми на ранніх стадіях і оптимізувати енергетичні витрати. В цьому розділі розглянемо основні аспекти моніторингу та звітності, включаючи основні компоненти, методи реалізації, а також переваги, які вони надають.

- ✓ Основні компоненти системи моніторингу.

Система моніторингу опалення зазвичай складається з кількох ключових компонентів:

- Датчики: вони використовуються для збору інформації про різні параметри системи, такі як температура, тиск, витрата води, електричне споживання тощо [2].
- Контролери: це пристрої, які обробляють інформацію, отриману від датчиків, і приймають рішення про необхідні дії.
- Програмне забезпечення: системи моніторингу потребують програмного забезпечення для обробки, зберігання та аналізу даних. Це може бути як локальне ПЗ, так і хмарні рішення, що забезпечують доступ до даних з будь-якої точки світу.
- Інтерфейс користувача: це графічний інтерфейс, який дозволяє операторам системи переглядати дані в реальному часі, налаштовувати параметри та отримувати звіти.

Методи реалізації моніторингу можуть бути такими як моніторинг у реальному часі, періодичний моніторинг та автоматичний збір даних (збір даних, їх зберігання та аналіз без необхідності ручного втручання).

### ✓ Звітність.

Звітність є важливою частиною моніторингу, оскільки вона дозволяє аналізувати зібрані дані та представляти їх у зручній формі. Основні аспекти звітності:

- **Форми звітів:** звіти можуть містити інформацію про споживання ресурсів, ефективність роботи системи, порівняння з нормативами тощо.
- **Регулярність звітів:** щоденно, щотижня, щомісяця або за запитом, регулярність залежить від потреби в інформації та типу системи.
- **Аналіз даних:** звіти повинні містити аналіз даних, що дозволяє виявляти тенденції, проблеми і можливості для покращення.
- **Сповіщення:** системи можуть автоматично генерувати сповіщення в разі виявлення аномалій, що дозволяє швидко реагувати на потенційні проблеми.

### ✓ Переваги моніторингу і звітності.

- **Покращення ефективності:** постійний моніторинг дозволяє своєчасно виявляти проблеми, що підвищує загальну ефективність системи.
- **Економія енергії:** аналіз даних допомагає виявити можливості для зниження споживання ресурсів, що призводить до економії [1].
- **Забезпечення безпеки:** своєчасне виявлення відхилень у роботі системи дозволяє уникнути аварійних ситуацій.
- **Задоволеність користувачів:** оптимальні температурні режими та комфорт у приміщеннях підвищують рівень задоволеності споживачів.

## J. Періодичне обслуговування і калібрування

Періодичне обслуговування і калібрування системи автоматики опалення є невід'ємними етапами, що забезпечують стабільність, ефективність та надійність роботи системи.

### ✓ Важливість періодичного обслуговування.

Періодичне обслуговування є ключовим елементом для забезпечення безперебійної роботи системи опалення.



Основні причини, чому обслуговування є критично важливим:

- Запобігання аваріям: регулярне обслуговування дозволяє виявити потенційні проблеми та несправності до того, як вони призведуть до серйозних поломок або аварій.
  - Оптимізація ефективності: періодичне обслуговування системи дає змогу підтримувати роботу обладнання в оптимальних умовах.
  - Збільшення терміну служби: регулярна перевірка та обслуговування компонентів системи дозволяють уникнути передчасного зносу обладнання та продовжити його експлуатаційний термін.
- ✓ Основні складові періодичного обслуговування.

Періодичне обслуговування системи опалення включає в себе кілька ключових етапів:

- Візуальна перевірка: на предмет видимих ушкоджень, корозії, витоків. Це дає змогу виявити проблеми, які можуть вимагати термінового втручання.
- Перевірка датчиків і контролерів: оцінюється точність роботи датчиків (температури, тиску, витрат) та контролерів, що є критично важливими для належного функціонування системи.
- Очистка і обслуговування обладнання: включає в себе очищення радіаторів, фільтрів, насосів та котлів від накопичення бруду, накипу чи інших забруднень. Забруднення можуть знижувати ефективність роботи обладнання.
- Перевірка гідравлічного режиму: оцінка тиску в системі, контроль за роботою насосів і забезпечення належної циркуляції теплоносія.
- Контроль ізоляції: перевірка теплоізоляції трубопроводів і обладнання для зменшення тепловтрат.
- Документація: ведення записів про проведене обслуговування, включаючи всі виявлені проблеми і виконані роботи, що забезпечує прозорість і відстеження усіх процесів.

### ✓ Калібрування системи.

Калібрування забезпечує точність даних, що є критично важливим для оптимізації роботи системи.

Процес калібрування:

- Тестування: перш ніж калібрувати датчик, його необхідно протестувати, щоб визначити, чи потрібна корекція.
- Корекція: на основі порівняння показів датчика з еталонним вимірювальним пристроєм проводиться корекція.
- Документація: ведення записів про проведене калібрування, включаючи дати, результати і використане обладнання, забезпечує контроль за точністю.
- Частота калібрування: частота калібрування може варіюватися залежно від типу обладнання, умов експлуатації і вимог виробника. Зазвичай рекомендується проводити калібрування щорічно або кожні шість місяців.

Типи калібрування:

- Статичне калібрування: проведення калібрування в контрольованих умовах з використанням еталонних приладів.
- Динамічне калібрування: вимірювання та корекція в реальних умовах експлуатації, що дозволяє врахувати вплив зовнішніх факторів.

### Висновки

Визначення основних параметрів для налаштування системи автоматичного опалення є ключовим етапом для досягнення високої ефективності, енергозбереження та комфорту в приміщеннях. Правильно налаштована система може забезпечити оптимальне використання ресурсів, знижуючи витрати на енергопостачання та покращуючи якість життя мешканців. Належний контроль за параметрами роботи системи, автоматизація процесів і регулярне обслуговування гарантують надійність і довговічність системи опалення. Нижче буде наведений вибір обладнання, з технічними характеристиками, для налаштування системи автоматичного опалення по вище наданій інформації:

а. Контролер.



Рисунок 2.2 – ECL Comfort 310

Призначення: Управління температурою, подачею теплоносія, інтеграція з насосами та клапанами.

Технічні характеристики:

- Клемні блоки для датчиків і виконавчих механізмів.
- Мережеві інтерфейси для дистанційного управління.
- Живлення 24 В.
- Комунікації: підтримка Modbus, BACnet або LON.
- Діапазон робочих температур від -10 до +55 °С.
- Графічний екран із інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом.
- Потужність споживання: приблизно 7 Вт.

б. Датчики.



Рисунок 2.3 – Датчик температури Siemens QFA3171

Призначений, щоб вимірювати температуру та вологість для регулювання мікроклімату.

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання температури від -30 до +70 °С.
- Точність температури  $\pm 0.3$  °С.
- Діапазон вимірювання вологості 0–100%.
- Точність вологості  $\pm 2\%$ .
- Вихідний сигнал 0-10 В або 4-20 мА.
- Живлення 24 В.
- Монтаж настінний.
- Пилозахисний корпус IP54, підходить для встановлення в приміщеннях із підвищеною вологістю.



Рисунок 2.4 – Датчик тиску Siemens QBE2002

Призначений для моніторингу тиску теплоносія.

Технічні характеристики:

- Діапазон тиску 0–10 бар.
- Точність вимірювання  $\pm 1.5\%$ .
- Температура середовища до +150 °С.
- Вихідний сигнал 4-20 мА.
- Матеріал корпусу латунь, мембрана з нержавіючої сталі.
- Живлення: 24 В.
- Монтаж: різьбовий G1/2".
- Особливості: висока стійкість до гідравлічних ударів.



Рисунок 2.5 – Датчик витрати Grundfos Direct Sensors

Призначений для моніторингу витрати і температури теплоносія.

Технічні характеристики:

- Діапазон температури від -10 до +110 °С.
- Діапазон витрати 0.2–30 л/хв.
- Вихідний сигнал 0-10 В або 4-20 мА.
- Матеріал корпусу нержавіюча сталь.
- Живлення 5–24 В.
- Особливості: інтеграція з насосами Grundfos, висока точність вимірювань.

с. Насос.



Рисунок 2.6 – Насос Wilo-Stratos PICO

Призначений для енергоефективної циркуляції теплоносія.

Технічні характеристики:

- Максимальна висота підйому 8 м.

- Максимальна витрата 4 м<sup>3</sup>/год.
- Живлення 230 В.
- Споживана потужність 3–40 Вт.
- Температура теплоносія від -10 до +95 °С.
- Клас енергоефективності А++.
- Інтеграція: підтримка протоколу Modbus.
- Особливості: автоматичне регулювання потоку залежно від потреб системи.

d. Регулюючі клапани та приводи.



Рисунок 2.7 – Кульовий клапан Velimo

Призначений для регулювання потоку теплоносія.

Технічні характеристики:

- Матеріал латунь.
- Робочий тиск до 16 бар.
- Діапазон температури -20 до +120 °С.
- Монтаж: різьбовий G1/2".
- Особливості: тривалий термін служби, підтримка сигналу 0-10 В для автоматизації.



Рисунок 2.8 – Привід Danfoss AME 435

Призначений для автоматичного управління регулюючими клапанами.

Технічні характеристики:

- Крутний момент 10 Нм.
- Живлення 24 В.
- Час спрацьовування 60 с.
- Вихідний сигнал 0-10 В.
- Особливості: підтримка самокалібрування, сумісність із клапанами Danfoss і Belimo.

е. Інтерфейс користувача.



Рисунок 2.9 – Інтерфейс користувача Weintek MT8071iE

Призначений для легкого управління і моніторингу системи автоматики.

Технічні характеристики:

- Розмір дисплея 7".
- Роздільна здатність 800x480.
- Інтерфейси Ethernet, Modbus TCP, USB.
- Живлення 24 В.
- Особливості: сенсорний екран, простий у налаштуванні графічний інтерфейс, підтримка віддаленого доступу.

f. Система безпеки.



Рисунок 2.10 – Запобіжний клапан ICMA 242

Призначений для захисту системи від надмірного тиску.

Технічні характеристики:

- Робочий тиск до 10 бар.
- Температура середовища від -10 до +110 °С.
- Різьба G1/2".
- Матеріал корпусу латунь з хромованим покриттям.
- Особливості: регульований тиск спрацювання, стійкість до корозії.



Рисунок 2.11 – Датчик витоків Siemens QFM2160

Призначений для виявлення витоків і аварійного підвищення вологості.



Технічні характеристики:

- Діапазон вологості 0–100%.
- Точність  $\pm 2\%$ .
- Вихідний сигнал 0-10 В або 4-20 мА.
- Живлення 24 В.
- Особливості: швидка реакція, пило-вологозахисний корпус (IP65).



Рисунок 2.12 – Аварійна система ABB i-bus KNX

Призначений для миттєвого відключення системи у разі аварії.

Технічні характеристики:

- Тип сигналу: потенційно вільний контакт.
- Живлення 230 В.
- Монтаж: DIN-рейка.
- Особливості: легка інтеграція з KNX-системами, підтримка аварійних сповіщень.

Цей перелік забезпечує оптимальний вибір обладнання для надійної, ефективною та безпечною роботи системи автоматизації теплового вузла.

## РОЗДІЛ 3

### 3.1 Розроблення системи безперебійного живлення

Системи безперебійного живлення (СБЖ): Загальний огляд і деталі

Системи безперебійного живлення (СБЖ) – це пристрої, які забезпечують електроживлення обладнання у випадку відключення основного джерела електроенергії. Вони також захищають обладнання від стрибків напруги, короткочасних провалів або інших аномалій у мережі [13].

#### 3.1.1 Призначення СБЖ

Основні функції:

- **Безперебійне живлення:** забезпечують живлення критичного обладнання у разі перебоїв або повного зникнення електропостачання.
- **Захист від перенапруги:** усувають стрибки напруги, які можуть пошкодити обладнання.
- **Фільтрація шумів:** зменшують вплив електромагнітних і радіочастотних перешкод.
- **Стабілізація напруги:** підтримують напругу в допустимих межах.

#### 3.1.2 Класифікація СБЖ за типом роботи [13]

##### I. Резервні (Offline)

- Основне джерело живлення – мережа. UPS включається в роботу тільки в разі зникнення напруги.
- Прості конструкції, невелика вартість.
- Використовуються для нескладних пристроїв (ПК, невеликі сервери).

##### II. Лінійно-інтерактивні (Line-Interactive)

- Використовують автоматичний регулятор напруги (AVR), що дозволяє працювати при незначних відхиленнях напруги без перемикавання на батареї.
- Підходять для обладнання, чутливого до перепадів напруги.

### III. Онлайн (Подвійне перетворення)

- Постійно забезпечують живлення обладнання через інвертор, незалежно від стану мережі.
- Забезпечують найвищий рівень захисту.
- Використовуються для критичних систем (серверні центри, медичне обладнання, теплові вузли тощо).

#### 3.1.3 Основні компоненти СБЖ

I. Акумуляторні батареї: джерело енергії для роботи при відключенні електромережі [13].

- Типи: свинцево-кислотні, літій-іонні, нікель-кадмієві.
- Параметри: ємність, напруга, строк служби.

Ємність вибирається залежно від необхідного часу автономної роботи, формула для розрахунку:

$$C = \frac{P \cdot T}{V \cdot \eta} \quad (3.1)$$

де:

C – ємність батарей, А·год;

P – потужність навантаження, Вт;

T – час роботи, год;

V – напруга батареї, В;

$\eta$  – ККД інвертора.

II. Інвертор: перетворює постійний струм з акумуляторів на змінний струм для живлення обладнання.

III. Випрямляч: заряджає акумулятори та подає електроенергію на інвертор.

IV. Стабілізатор напруги: регулює вхідну напругу до потрібного рівня.

V. Контролер: керує роботою всіх компонентів, здійснює моніторинг і передачу даних.



Рисунок 3.1.1 – Приклад інвертора

VI. Резервні генератори (необов'язкові): забезпечували б тривале живлення під час довготривалих перебоїв. Можуть бути:

- Дизельного типу (для тривалого використання).
- Бензинового типу (для короткочасного використання).
- Газового типу (економічний, якщо є доступ до газопостачання).

#### 3.1.4 Параметри вибору СБЖ

При виборі системи слід враховувати [13]:

I. Потужність обладнання: сумарна потужність пристроїв, які будуть підключені до СБЖ (розраховується в ВА або Вт).

II. Тривалість автономної роботи: час, протягом якого СБЖ має підтримувати живлення.

III. Умови експлуатації: температура, вологість, доступність простору для розміщення.

IV. Кількість фаз:

- Однофазні системи – для малих або середніх навантажень.
- Трифазні – для промислових об'єктів.

V. Тип батареї: вибір залежить від строку служби, частоти заряджання та умов експлуатації.

VI. Енергоефективність: співвідношення між споживаною та корисною енергією.

VII. Схема підключення:

- Пряма схема: ДБЖ підключається безпосередньо до обладнання.
- Інтеграція з розподільним щитом: для одночасного живлення кількох систем.

VIII. Інтерфейси управління: дистанційний контроль (через локальну мережу, Wi-Fi).

### 3.1.5 Випадки використання СБЖ у теплових вузлах

СБЖ у теплових вузлах необхідні для:

- Автоматизованих систем управління (датчики, контролери, виконавчі механізми).
- Насосів і приводів для забезпечення циркуляції теплоносія.
- Систем моніторингу (SCADA-системи, інші програмні комплекси).
- Модулів зв'язку між вузлами та диспетчерським центром.

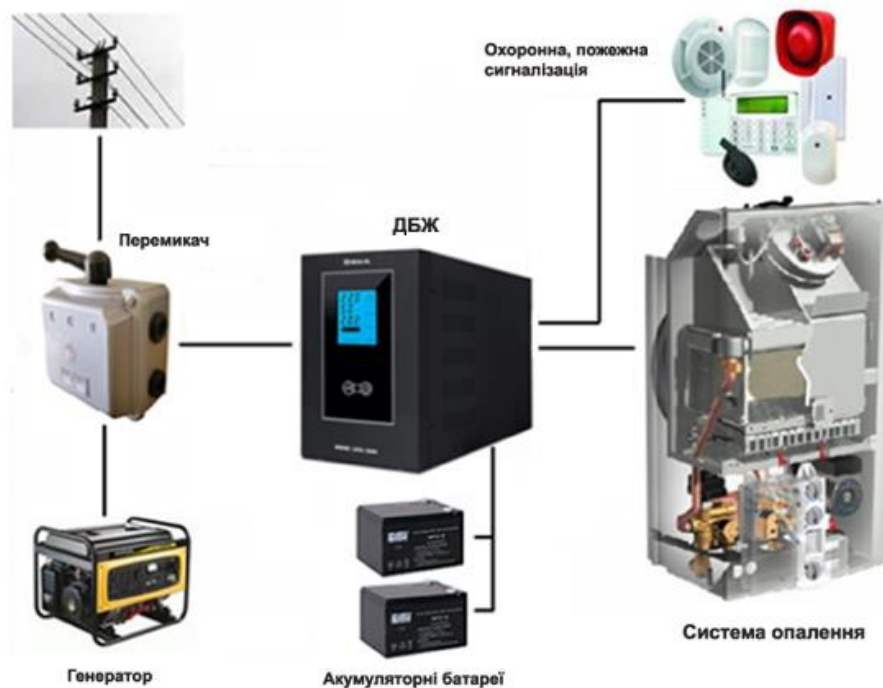


Рисунок 3.1.2 – Використання СБЖ у теплових вузлах

### 3.1.6 Технічне обслуговування СБЖ

#### I. Регулярна перевірка стану батареї:

- Вимірювання напруги;
- Тестування ємності батареї кожні 6–12 місяців.

#### II. Огляд електричних з'єднань:

- Перевірка контактів, затяжки кріплень.

#### III. Чистка обладнання: видалення пилу для уникнення перегріву.

IV. Тестування перемикачів на резерв: регулярне тестування системи на автономну роботу, імітація перебоїв у мережі для перевірки працездатності.

V. Аналіз логів та моніторинг системи: використання програмного забезпечення для оцінки роботи СБЖ.

### 3.1.7 Інновації та тренди у СБЖ

I. Модульні системи: дозволяють збільшувати потужність шляхом додавання нових модулів.

II. Інтелектуальні СБЖ: підтримка віддаленого моніторингу та управління через інтернет.

III. Використання суперконденсаторів: для швидкої передачі енергії при короткочасних провалах напруги.



Рисунок 3.1.3 – Зовнішній вигляд суперконденсаторів

IV. Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії: поєднання СБЖ із сонячними батареями або вітрогенераторами.

### 3.1.8 Переваги використання СБЖ [13]:

- Забезпечення стабільної роботи обладнання.
- Запобігання аварійним ситуаціям.
- Захист від фінансових втрат через пошкодження техніки.
- Збільшення строку служби обладнання завдяки захисту від стрибків напруги.

Система безперебійного живлення є обов'язковою для забезпечення надійності у критично важливих об'єктах, таких як теплові вузли, де стабільність електропостачання напряму впливає на ефективність роботи всієї системи. Ретельно підібране обладнання, відповідне технічним вимогам, дозволяє досягти високої надійності, захистити чутливі системи і мінімізувати ризики простою у критичних ситуаціях, тому нижче буде наведений вибір обладнання:

#### 1) СБЖ: Eaton 9PX 3000i RT3U

Характеристики:

- Тип: Онлайн (Подвійне перетворення).
- Номінальна потужність: 2700 Вт.
- Вхідна напруга: 200-240 В.
- Вихідна напруга: 200-240 В (з точністю 1%).
- Батареї: підтримка зовнішніх батарейних модулів для збільшення часу автономної роботи.
- Інтерфейси управління: USB, RS-232, слот для SNMP-карти.
- Енергоефективність: до 98% в режимі високої ефективності.
- Габарити: 440 × 438 × 130 мм (3U).
- Маса: 24.8 кг.



Рисунок 3.1.4 – Система безперебійного живлення Eaton 9PX 3000i RT3U

2) Акумуляторні батареї (кількість для 48 годин роботи)

Якщо пристрій працює на 70% від максимальної потужності, то отримаємо:

$$P_{\text{нав}} = 2,7 \text{ кВт} \cdot 0,7 = 1,89 \text{ кВт.} \quad (3.2)$$

Час автономної роботи СБЖ визначається комбінацією кількох параметрів, таких як енергія, яку акумулятори можуть зберігати, потужність, яку споживає навантаження, а також різні коефіцієнти, що впливають на точність розрахунку. Формула для розрахунку виглядає так:

$$t_{\text{сдж}} = \frac{U_{\text{акб}} \cdot C_{\text{акб}} \cdot N \cdot K \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{де}}}{P_{\text{нав}}} \quad (3.3)$$

де:

$t_{\text{сдж}}$  - час автономної роботи СБЖ при відключенні мережі, год.;

$U_{\text{акб}}$  - напруга однієї акумуляторної батареї, В;

$C_{\text{акб}}$  - ємність акумуляторної батареї, А·год.;

$N$  - кількість акумуляторів у батареї;

$K$  - коефіцієнт корисної дії перетворювача (зазвичай від 0,75 до 0,8);

$K_{\text{гр}}$  - коефіцієнт глибини розряду (від 0,8 до 0,9)

$K_{\text{де}}$  - коефіцієнт доступної ємності, за 10 годин розряду = 1;

$P_{\text{нав}}$  - потужність, яку споживає навантаження, Вт.



Оскільки потрібно розрахувати кількість акумуляторів, а час автономної роботи СБЖ ми знаємо, то виводимо наступну формулу:

$$N = \frac{t_{\text{СДЖ}} \cdot P_{\text{нав}}}{U_{\text{акб}} \cdot C_{\text{акб}} \cdot K \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{де}}} \quad (3.4)$$

Підставляємо дані в формулу та отримуємо:

$$N = \frac{48 \cdot 1890}{48 \cdot 100 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1} = 26,25 \approx 27 \text{ шт.}$$



Рисунок 3.1.5 – Акумулятор Haisic LiFePO4 48V 100Ah

Рекомендується додати 10–20% запасу, щоб покрити втрати в системі.

З урахуванням запасу на втрати:

$$N = 27 \cdot 1,15 \approx 31 \text{ шт.} \quad (3.5)$$

### 3) Стабілізатор напруги

Захищає систему від стрибків напруги на вході СБЖ.

Рекомендується встановлювати стабілізатор з подвійним запасом потужності відносно обладнання.

Рекомендований стабілізатор:

- Volter СНПТО-5.5:
  - Потужність: 5.5 кВт.
  - Діапазон вхідної напруги: 120-280 В.
  - Вихідна напруга: 220 В  $\pm$ 1%.



Рисунок 3.1.6 – Стабілізатор напруги Volter СНПТО-5.5

#### 4) Інвертор

Перетворює постійний струм з акумуляторів на змінний для забезпечення роботи обладнання.

Характеристики інвертора Eaton 9PX:

- Вбудований у систему безперебійного живлення.
- Перетворення 192 В постійного струму в 220 В змінного.
- Ефективність до 98% у режимі високої ефективності.
- Захист від короткого замикання та перегріву.

#### 5) Випрямляч

Забезпечує зарядку акумуляторних батарей від вхідної змінної напруги.

Характеристики випрямляча Eaton 9PX:

- Вбудований зарядний пристрій для акумуляторів.
- Автоматичний контроль рівня зарядки.
- Максимальний струм зарядки: 1.5-3 А залежно від конфігурації.

б) Резервний генератор

Забезпечує живлення UPS під час тривалого відключення електроенергії.

Рекомендації щодо вибору генератора:

Потужність генератора повинна бути більшою за потужність системи безперебійного живлення.

Рекомендовані моделі генераторів:

- Honda EU70is:
  - Потужність: 5.5-7 кВт.
  - Рівень шуму: низький.
  - Тип: бензиновий.
- Genmac Combiplus 6500YEPR:
  - Потужність: 5.3-6.1 кВт.
  - Тип: дизельний.
  - Тривалий ресурс роботи.
- Gazlux Premium 6.0 NG:
  - Потужність: 6 кВт.
  - Тип: газовий.
  - Економічне паливо.



Рисунок 3.1.7 – Генератор дизельний Genmac Combiplus 6500YEPR

Отже, система безперебійного живлення Eaton 9PX 3000i RT3U, батареї LiFePO4 12V 100Ah загальною кількістю 144 шт., стабілізатор напруги Volter СНПТО-5.5 та резервний генератор Genmac Combiplus 6500YEPR - ця конфігурація забезпечить надійне безперебійне живлення теплового вузла протягом 48 годин і стабільну роботу в умовах нестабільного електропостачання.

### **3.2 Системи зрівнювання потенціалів для надійної роботи електроавтоматики**

Система зрівнювання потенціалів — це комплекс технічних рішень і пристроїв, які забезпечують однаковий електричний потенціал усіх провідних частин обладнання. Це зменшує різницю потенціалів між різними частинами, забезпечує безпеку та запобігає порушенням у роботі електронних систем і автоматики [14].

#### **3.2.1 Основні завдання СЗП**

- Захист обладнання від стрибків напруги і струмів витоку.
- Запобігання виникненню небезпечної різниці потенціалів між елементами електрообладнання.
- Покращення роботи електроавтоматики через мінімізацію впливу електромагнітних перешкод (ЕМП).
- Підвищення безпеки людей, які можуть контактувати з провідними частинами [14].

#### **3.2.2 Компоненти СЗП**

##### **I. Заземлювальні шини та провідники:**

- Використовуються для електричного з'єднання всіх металевих частин системи.
- Матеріал: мідь, алюміній або оцинкована сталь.
- Шини повинні мати низький опір і бути механічно міцними.



Рисунок 3.2.1 – Нульові та заземлювальні шини

II. Обладнання для захисту від перенапруг (ПЗП):

- Встановлюються для захисту автоматики від імпульсного перенапруження (блискавка, комутаційні стрибки) [15].
- Приклади: DEHN, OBO Bettermann, Phoenix Contact.



Рисунок 3.2.2 – Обмежувач імпульсних перенапруг OBO Bettermann

III. Заземлення [16]:

- Формується через основний заземлювальний контур (глибинні або поверхневі заземлювачі).
- Опір заземлення повинен відповідати стандартам (зазвичай  $< 4$  Ом для захисту автоматики).

#### IV. Зрівнювальні шини (ГЗШ і ДЗШ):

- Головна зрівнювальна шина (ГЗШ): з'єднує основний контур заземлення із заземленими частинами.
- Додаткові зрівнювальні шини (ДЗШ): для локальних елементів системи (у межах однієї зони).

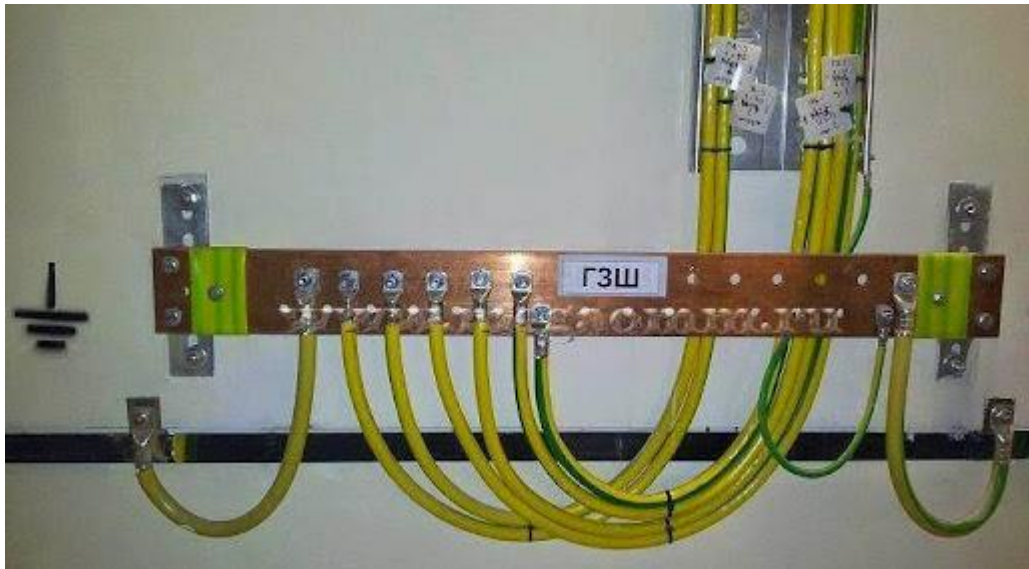


Рисунок 3.2.3 – Головна заземлююча шина

#### V. Зв'язувальні провідники:

- Проводи, що з'єднують всі металеві частини для вирівнювання потенціалів.

#### VI. Ізоляційні розрядники:

- Забезпечують безпеку, розряджаючи надлишковий потенціал.

### 3.2.3 Типи СЗП

#### I. Основна система зрівнювання потенціалів (ОСЗП) [14]:

- Об'єднує всі електропровідні частини будівлі (металоконструкції, водопровідні та газові труби, кабельні траси).
- З'єднана з основним заземлювальним контуром.

#### II. Додаткова система зрівнювання потенціалів (ДСЗП):

— Використовується у високочутливих або небезпечних зонах (лікарні, серверні, промислові об'єкти).

### III. Система зрівнювання потенціалів для захисту від блискавки:

— Об'єднує всі металеві частини будівлі з блискавковідводом і заземленням.

## 3.2.4 Етапи проектування СЗП

### I. Аналіз об'єкта:

- Тип і кількість обладнання.
- Розташування електроавтоматики.
- Наявність перешкод (ЕМП, вплив блискавки).

### II. Розробка схеми СЗП:

- Визначення розташування заземлювачів, шин і провідників.
- Обчислення опор заземлення.

### III. Вибір компонентів:

- Матеріал і переріз провідників.
- Параметри ПЗП (рівень захисту, імпульсний струм).

### IV. Монтаж системи:

- Монтаж шин, провідників і заземлювачів.
- З'єднання зі споживачами.

### V. Тестування:

- Перевірка опор заземлення.
- Перевірка ефективності захисту.

## 3.2.5 Норми та стандарти для СЗП [15, 16]

I. ДСТУ 7237:2011 — Захист від блискавки.

II. ПУЕ (Правила улаштування електроустановок):

- Розділ про заземлення та зрівнювання потенціалів.

III. ІЕС 60364-4-41 — Вимоги до безпеки електроустановок.

IV. EN 62305 — Захист від блискавок.

### 3.2.6 Переваги СЗП для електроавтоматики

#### I. Захист чутливого обладнання:

— Сучасні системи автоматики мають малу стійкість до перенапруг і ЕМП. СЗП запобігає збоям і виходу з ладу.

#### II. Підвищення надійності:

— Мінімізація впливу зовнішніх і внутрішніх електромагнітних завад.

#### III. Покращення безпеки:

— Унеможливлення ураження струмом через вирівнювання потенціалів.

#### IV. Стабільна робота:

— Гарантована якість енергопостачання для точних систем керування.

### Висновок

Система зрівнювання потенціалів є невід'ємною частиною будь-якого об'єкта, особливо для чутливого обладнання, як електроавтоматика. Грамотний підхід до проєктування та реалізації системи зрівнювання потенціалів забезпечить безпеку, надійність і довговічність роботи автоматичних систем.



## РОЗДІЛ 4

### 4.1 Економічний аналіз доцільності автоматизації теплового вузла

В основі аналізу економічної доцільності автоматизації теплового вузла лежать два ключових поняття: ефект і ефективність. Ефект реалізації проекту автоматизації можна оцінити через зниження витрат на енергоресурси, оптимізацію роботи теплового обладнання, зменшення експлуатаційних витрат, а також підвищення стабільності та надійності роботи системи. Ефективність, своєю чергою, визначає співвідношення між отриманими результатами та витраченими ресурсами [17].

Методологія оцінки економічної доцільності автоматизації теплового вузла передбачає обчислення абсолютної та порівняльної ефективності:

- Абсолютна ефективність автоматизації визначається співставленням величини економічного ефекту, отриманого в результаті зниження витрат, із загальним обсягом інвестицій у проект.
- Порівняльна ефективність автоматизації використовується для вибору кращого з можливих варіантів реалізації проекту на основі мінімізації приведених витрат.

При оцінці проекту автоматизації враховуються також [17]:

I. Чиста дисконтована вартість (ЧДВ) - різниця між дисконтованими вигодами (економією від зниження витрат) і обсягом капіталовкладень. Проект вважається доцільним, якщо чиста дисконтована вартість  $> 0$ .

II. Індекс доходності - співвідношення дисконтованих вигід до загального обсягу інвестицій.

III. Внутрішня норма рентабельності (ВНР) - дисконтна ставка, за якої ЧДВ дорівнює нулю.

IV. Економія на енергоресурсах: виражається у зменшенні витрат на теплову енергію внаслідок оптимізації її споживання.

Важливим елементом є врахування фактору часу, оскільки витрати на автоматизацію та економічні вигоди розподіляються нерівномірно. Приведення витрат до теперішньої вартості здійснюється з використанням коефіцієнта дисконтування [17].

Проте традиційна методика аналізу має деякі недоліки:

- Частково враховується вплив фактору часу: ні вигоди, ні витрати часто не приводяться до теперішньої вартості.
- Ігноруються ризики, пов'язані з інфляцією чи коливанням цін на енергоресурси.
- Не враховується екологічний ефект, який може бути суттєвим при автоматизації теплових вузлів.

З огляду на це, доцільно використовувати комплексний підхід до аналізу, який включає:

- Розрахунок економічних показників.
- Оцінку екологічного ефекту (зниження викидів парникових газів).
- Врахування специфіки галузі та технічних особливостей підприємства.

Абсолютну ефективність автоматизації теплового вузла можна оцінити за допомогою таких показників [17]:

- Коефіцієнт економічної ефективності автоматизації - відношення економічного ефекту (наприклад, зниження витрат на енергоресурси) до загального обсягу інвестицій, необхідних для впровадження автоматизації.
- Термін окупності інвестицій - визначає час, за який отриманий економічний ефект покриває початкові інвестиції.

Ефект у цьому контексті визначається як корисний результат від автоматизації, зокрема зниження витрат на експлуатацію теплового вузла, зменшення споживання енергоресурсів і підвищення ефективності роботи системи.

Ефективність є економічною категорією, яка відображає співвідношення між досягнутими результатами (зниження витрат, підвищення продуктивності) і

ресурсами, витраченими на впровадження автоматизації (фінансовими, трудовими та матеріальними) [20].

Розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності автоматизації порівнюється з нормативним коефіцієнтом, який вказує на мінімальний економічний ефект, що може бути отриманий у відповідній галузі.

Розрахунки порівняльної ефективності автоматизації теплового вузла проводяться тоді, коли необхідно вибрати найкращий варіант проекту. У такому випадку вибір здійснюється на основі аналізу мінімальних приведених витрат або інших критеріїв, що враховують економічний, технічний і екологічний аспекти.

Показником порівняльної ефективності автоматизації теплового вузла є мінімум приведених витрат. З економічної точки зору, найкращим є той проект, при якому загальна сума приведених витрат, включаючи капіталовкладення та експлуатаційні витрати, є мінімальною [17].

Розрахунковий строк окупності додаткових капітальних затрат для кожного варіанту проекту визначається як час, необхідний для компенсації початкових інвестицій за рахунок отриманих економічних переваг.

Якщо перед підприємством стоїть вибір між впровадженням нової автоматизованої системи або модернізацією існуючої, рішення може бути прийняте на основі розрахункового коефіцієнта економічної ефективності. У цьому випадку порівнюються витрати на реалізацію проекту, терміни окупності, а також очікувані вигоди від зниження витрат на енергоресурси, обслуговування обладнання та підвищення ефективності теплового вузла.

Оскільки реалізація інвестиційного проекту автоматизації є довготривалим процесом, проекти можуть значно відрізнятися як за термінами виконання, так і за розподілом витрат у часі. У таких випадках для оцінки ефективності автоматизації враховується фактор часу, тобто приведення нерівномірних витрат до одного базового року (найчастіше першого року реалізації проекту) [17].

Наприклад, якщо основні інвестиції здійснюються на початковому етапі проекту, а економічні вигоди розподіляються поступово, перші роки можуть характеризуватися низькою віддачою, що вимагає оцінки їхньої теперішньої

вартості. Це особливо важливо в умовах, коли значна частина інвестицій перебуває в стані «заморожування», не приносячи економічної вигоди впродовж тривалого періоду.

Таким чином, приведення витрат до єдиного часово базового року дозволяє врахувати зміну вартості грошей у часі та оцінити реальну економічну доцільність автоматизації теплового вузла з урахуванням як фінансових, так і часових аспектів [20].

Капітальні витрати, що враховують строк їх «заморожування» і недоотриману через це віддачу, називають приведеними капітальними витратами. Приведення таких витрат до певного року здійснюється з використанням коефіцієнта приведення, який дозволяє врахувати вплив фактору часу на вартість грошей.

Найважливішими показниками оцінювання економічної ефективності автоматизації теплового вузла в умовах ринкової економіки є [17]:

- Чиста дисконтована (теперішня) вартість.

Рішення про доцільність впровадження автоматизації теплового вузла є обґрунтованим, якщо ЧДВ більше 0. Цей показник відображає різницю між дисконтованими вигодами від автоматизації та початковими витратами і є важливим критерієм оцінювання інвестиційного проекту як з точки зору доцільності, так і для порівняння між кількома проектами.

- Індекс доходності автоматизації.

Цей показник демонструє відношення сукупних дисконтованих вигід до початкових інвестицій. Значення індексу більше одиниці свідчить про те, що проект є прибутковим.

- Внутрішня норма рентабельності автоматизації (ВНР).

Внутрішня норма рентабельності автоматизації — це ставка дисконту, за якої чиста дисконтована вартість дорівнює нулю. Вона показує максимально допустимий рівень витрат для проекту, за якого він залишається вигідним. Для проекту автоматизації теплового вузла значення ВНР має бути не нижчим за

вартість залученого капіталу або встановлену граничну норму прибутковості підприємства.

➤ Термін окупності інвестицій.

Термін окупності визначає час, за який проект автоматизації компенсує початкові капіталовкладення. Проект вважається доцільним, якщо строк окупності є прийнятним для підприємства, враховуючи тривалість життєвого циклу автоматизованої системи.

Ці показники дозволяють не лише оцінити економічну ефективність автоматизації теплового вузла, але й врахувати вплив часу на вартість інвестицій, забезпечуючи підприємству більш точну базу для ухвалення інвестиційних рішень [17].

Разом із тим, під час оцінювання економічної ефективності автоматизації теплового вузла можна виділити кілька недоліків, які потребують уваги:

- При обчисленні абсолютної економічної ефективності автоматизації часто враховується лише досягнута економія витрат і не беруться до уваги амортизаційні відрахування як джерело фінансування, що обмежує точність аналізу грошових потоків;
- Вплив фактору часу враховується лише частково, тобто ні економія, ні інвестиційні витрати не приводяться до їхньої теперішньої вартості при розрахунку абсолютної ефективності;
- Показник приведених витрат інколи має теоретичний характер і деколи використовується в практичній діяльності підприємств;
- Враховується обмежена кількість факторів, які впливають на економічний ефект від автоматизації теплового вузла, зокрема, недостатньо аналізується ринковий ризик і вплив інфляційних процесів.

Зважаючи на ці недоліки, а також тривалість періоду реалізації проекту автоматизації, більш доцільним є використання ринкового підходу до оцінювання економічної ефективності. Такий підхід дозволяє врахувати теперішню вартість витрат і привілеїв, вплив часу на вартість грошей, а також інші важливі чинники, зокрема, рівень ризику та інфляції. Це дає змогу підприємству отримати більш

точну і реалістичну оцінку ефективності автоматизації теплового вузла та ухвалити обґрунтоване інвестиційне рішення.

## **4.2 Охорона праці автоматизованого теплового вузла**

### **4.2.1 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання**

У цьому проєкті автоматизація забезпечує контроль, управління та регулювання роботи обладнання, що мінімізує необхідність безпосереднього контакту працівників із ним.

Доступ до приміщення теплового пункту дозволяється лише особам із кваліфікаційною групою з електробезпеки не нижче II, причому особи з нижчою групою можуть перебувати там тільки під наглядом відповідального працівника. Обслуговування теплообмінників і насосного обладнання дозволяється лише персоналу з кваліфікаційною групою з електробезпеки не нижче III [18].

Для уникнення аварійних ситуацій у проєкті передбачено такі заходи:

- установка системи контролю та сигналізації для своєчасного виявлення небезпечних умов у тепловому пункті;
- забезпечення справного стану обладнання, планові ремонти та регулярні технічні огляди;
- ознайомлення персоналу з правилами безпеки, експлуатації та зберігання обладнання через відповідну документацію.

4.2.2 Основні аспекти охорони праці при розробленні систем автоматики поділяються на [18]:

#### **а. Вимоги до організації робіт:**

- Проєктування: виконання проєктних робіт має відповідати вимогам стандартів безпеки, таких як ДСТУ та міжнародних стандартів ISO. Особливу увагу слід приділяти електробезпеці, надійності системи та захисту від небезпечних ситуацій.

- Монтаж: усі роботи з установавання обладнання повинні виконуватися тільки кваліфікованими працівниками, які пройшли відповідний інструктаж та навчання.

- Використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): працівники зобов'язані використовувати захисні каски, діелектричні рукавички, окуляри, спецодяг та взуття.

б) Оцінка потенційних небезпек проводиться перед початком робіт:

- Ризик ураження електричним струмом під час роботи з електрообладнанням [14].

- Ризик перегріву або пожежі через несправність теплотехнічного обладнання.

- Ризик травмування через падіння важких елементів під час монтажу системи.

с) Навчання та інструктаж:

- Проведення регулярних інструктажів з охорони праці (вступний, первинний, повторний) [18].

- Обов'язкове навчання персоналу правилам роботи з обладнанням, зокрема з автоматизованими системами керування.

#### 4.2.3 Електробезпека

Оскільки система автоматики пов'язана з використанням електричного обладнання, забезпечення електробезпеки є одним із ключових аспектів:

- Заземлення обладнання та захист від перенапруг [15,16]
- Забезпечення безпечного доступу до струмоведучих частин: використання захисних кожухів та бар'єрів.

- Система аварійного відключення.

#### 4.2.4 Протипожежна безпека

Приміщення теплового пункту належить до категорії Д (пожежобезпечні), оскільки в ньому використовуються негорючі речовини та матеріали у холодному

стані. Основні потенційні причини виникнення пожеж на об'єкті включають: несправність обладнання, недотримання працівниками вимог техніки безпеки, коротке замикання тощо. Оскільки у тепловому пункті не використовуються легкозаймисті речовини, він не належить до вибухонебезпечних приміщень [19].

Для забезпечення пожежної безпеки в тепловому пункті реалізовано такі заходи:

— Встановлення пожежної сигналізації для своєчасного виявлення пожежі та оперативного оповіщення персоналу.

— Забезпечення приміщення необхідною кількістю вогнегасників та протипожежного інвентарю, розташованого у доступних і видимих місцях.

— Розроблення та розміщення на видному місці плану евакуації на випадок пожежі.

— Використання в електромережах плавких запобіжників і спеціальних автоматичних вимикачів для запобігання перевантаженням і коротким замиканням.

— Уникнення перегріву проводів завдяки збільшенню площі опору контактів і застосуванню пружних контактів.

Ці заходи забезпечують належний рівень пожежної безпеки приміщення та сприяють зниженню ризику виникнення небезпечних ситуацій [18].

#### 4.2.5 Ергономіка робочих місць

- Робочі місця для обслуговування теплового вузла повинні бути організовані з урахуванням зручності та безпеки.

- Забезпечення достатнього освітлення, вентиляції та зручного доступу до обладнання.

#### 4.2.6 Захист від шкідливих факторів [19]

а) Температура: утеплення приміщення теплового вузла для підтримання оптимального температурного режиму. Використання засобів захисту від опіків, таких як теплоізоляція труб та обладнання.



б) Шум та вібрації: установлення обладнання на антивібраційні основи, зниження рівня шуму за допомогою звукоізолюючих матеріалів.

с) Контроль повітряного середовища: забезпечення системи вентиляції для видалення шкідливих газів чи надлишкового тепла.

4.2.7 Організація обслуговування автоматизованої системи складається з:

- Регламентних перевірок: проводяться планові перевірки та технічне обслуговування всіх компонентів системи автоматики.
- Безпечного доступу до обладнання: обладнання повинно бути розташоване так, щоб до нього був вільний доступ для ремонту або заміни.

#### Висновок

Забезпечення охорони праці під час проектування, монтажу та експлуатації системи автоматики теплового вузла є необхідною умовою для безпечного виконання робіт і стабільної роботи системи. Врахування всіх зазначених заходів дозволяє мінімізувати ризики для працівників і забезпечити ефективну, безпечну та тривалу експлуатацію теплового вузла.

## ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній роботі проведено комплексне дослідження доцільності та розроблення системи автоматики для теплового вузла корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Робота включала основні етапи, які охоплювали аналіз методів підвищення енергоефективності, розроблення структурної схеми, визначення основних параметрів для налаштування системи автоматики, вибір обладнання електроавтоматики для теплового вузла, розроблення системи безперебійного живлення, систему зрівнювання потенціалів та економічний аналіз.

По-перше, проведено аналіз сучасних методів підвищення енергоефективності будівель, включаючи огляд існуючих систем автоматики, обладнання для теплових вузлів, а також їх потенціал для зниження теплових втрат.

По-друге, розроблено структурну схему автоматизації теплового вузла, та було визначено основні параметри системи, що забезпечують стабільну роботу та ефективне регулювання температури.

По-третє, проведено детальний аналіз робочих умов, що дозволило підібрати оптимальні параметри для налаштування системи.

По-четверте, виконано проектування системи безперебійного живлення та зрівнювання потенціалів для забезпечення надійності функціонування автоматизованого обладнання.

По-п'яте, впроваджено економічний аналіз доцільності автоматизації теплового вузла. Результати аналізу показали, що впровадження сучасних автоматизованих систем забезпечує значне скорочення витрат на енергоносії, зниження теплових втрат та підвищення комфорту в приміщеннях.

Розглянуто аспекти охорони праці при впровадженні автоматизованих систем, що дозволяє підвищити рівень безпеки персоналу та експлуатації обладнання.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи був розроблений проєкт системи автоматизації теплового вузла, який відповідає сучасним стандартам енергоефективності та сталого розвитку. Запропоновані рішення спрямовані на оптимізацію теплових втрат, покращення комфорту у будівлі, зниження експлуатаційних витрат та підвищення екологічної безпеки.

Отримані результати підтверджують практичну значущість роботи, яка може бути використана для подальшого вдосконалення енергетичної інфраструктури університету, також можуть бути використані як основа для модернізації інших корпусів університету. Таким чином, кваліфікаційна робота є вагомим внеском у розвиток сучасних технологій управління тепловими процесами.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергетичний менеджмент та енергоефективність: Підручник/ І.О. Самойленко, О.Г. Гриб, А.О. Запорожець та ін. - Харків, 2020. - 348 с.
2. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — Вид. 2-ге, виправлене. — К.: Вид. Ліра-К, 2015. — 378 с.
3. Технології утеплення фасадів будівель: підручник / [Гайдук О. В., Герлянд Т. М., Кулалаєва Н. В., Півторацька Н. В., Пятничук Т. В.]. – Житомир: «Полісся», 2021. – 362 с.
4. Оптимізація систем теплопостачання із використанням економіко-математичного моделювання: монографія / за заг. ред. О. М. Гаврися – Х.: НТУ "ХПІ", 2015. – 209 с.
5. Теплопостачання (частина I “Теплові мережі та споруди”). Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007, – 244 с.
6. ДСТ 2.702-75\*. ЄСКД. Правила виконання схем.
7. ДСТУ Б А.2.4-19:2008. Зображення умовні графічні електрообладнання та проводок на планах
8. Опалення : навчальний посібник / І. А. Пономарчук , К. В. Колесник – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 125 с.
9. Конспект лекцій з дисципліни «Котельні установки промислових підприємств» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 144 – Теплоенергетика очної та заочної форм навчання / Укл. Глущенко О.Л., – Кам'янське: ДДТУ, 2019 – 103 с.
10. Телекомунікаційні та інформаційні мережі : Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.
11. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика»/М.Ф.Боженко ;

КПІ ім. Ігоря Сікорського. –Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.

12. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Єльперін, О.М. Пупена, В.М. Сілецький, С.М. Швед. — Вид. 2-ге, виправлене — К.: Вид. Ліра-К, 2017. — 378 с.

13. Андреев А.І., Банзак О.В. Джерела безперебійного живлення телекомунікаційних і комп'ютерних систем: навч. посіб. / А.І. Андреев, О.В. Банзак – Одеса, 2010. – 196 с.

14. Електробезпека: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. –295 с.

15. ДСТУ ІЕС 62305-1:2012. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні положення. Київ, 2012. 99 с.

16. ДСТУ ІЕС 62305-1:2012. Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей. Київ, 2012. 219 с.

17. Бойчик І.М Економіка підприємства: підручник. /І.М.Бойчик. – К.: Кондор -Видавництво, 2016. – 378 с.

18. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці – Львів: Афіша, 2002

19. Конспект лекцій з дисципліни «Основи охорони праці, охорона праці в галузі, пожежної безпеки та цивільної оборони (цивільного захисту)», дніпро – 2016

20. Економічний аналіз. Навчальний посібник / В.М. Серединська, О.М.Загородна, Р.В.Федорович. – Тернопіль: Видавництво Астон, 2010.

# ДОДАТКИ

## CHAPTER 1

### **1.1 Analysis of methods for improving the energy efficiency of civil buildings**

Improving the energy efficiency of civil buildings is a set of measures aimed at reducing the energy consumption of buildings without worsening the living and working conditions in them. This involves the efficient use of energy for heating, cooling, lighting and other needs, which allows you to reduce energy costs, reduce greenhouse gas emissions and preserve natural resources.

The importance of energy efficiency for civil buildings.

Energy efficiency is a relevant topic due to the increase in energy prices and the need to comply with international energy conservation standards. Civil buildings - residential buildings, offices, schools, hospitals, etc. - account for a significant share of energy consumption in urban areas, so the implementation of energy-efficient solutions in these buildings has significant potential for energy savings at the national level [1].

As a result, we can emphasize that improving the energy efficiency of civil buildings is an important step towards preserving natural resources, reducing energy costs and increasing the comfort of life. This process requires a comprehensive approach, from the design of new buildings to the modernization of existing ones, which allows for sustainable development in the long term.

Improving the energy efficiency of civil buildings, in particular in the context of a heating unit, is a key aspect of reducing energy costs and ensuring environmental sustainability. A heating unit is a place where thermal energy is converted and distributed for the needs of heating and hot water supply of a building. The main methods of increasing energy efficiency in this context include:

- Modernization of heating units.

Modernization of heating units consists of replacing old or inefficient heat exchangers, pumps, and automating heat supply control, which allows reducing heat losses. The installation of modern regulators and automated control systems allows controlling heat supply depending on the external temperature, which reduces energy costs.

Process automation: the introduction of automatic heat supply control systems allows regulating temperature regimes in accordance with weather conditions and actual heat consumption [2]. For example, weather-dependent automation adjusts heat supply depending on the external temperature.

Balancing of heating systems: it is important to ensure uniform heat distribution between consumers in the building. This is achieved by hydraulically balancing the system, which minimizes heat loss.

Installation of heat meters: the use of individual heat meters helps to control and optimize heat energy consumption [12].

- Insulation of building envelopes.

Insulation of walls, roofs and floors: high-quality thermal insulation significantly reduces heat loss through building envelopes [3]. The use of modern thermal insulation materials (mineral wool, expanded polystyrene, ecowool) allows to reduce heat loss by 30-50%. It is also important to pay attention to the quality of installation to avoid thermal bridges.

Energy-efficient windows and doors: installation of windows with low-emission glass and hermetic doors helps to reduce heat loss through openings [3].

- Optimization of heating systems.

Optimization includes adjusting the operating modes of heating systems in accordance with the real needs of the building. This may include installing thermostats on radiators, balancing the system, and using automatic valves to reduce heat loss in inactive areas. This avoids overheating or underheating the premises, reducing heating costs [4].

Installing modern radiators: using the latest models of radiators with high heat output and regulation allows for more efficient use of thermal energy.



Underfloor heating: using underfloor heating systems allows for even heat distribution in rooms, which helps reduce the need for additional heating.

Introducing condensing boilers: condensing boilers have high efficiency, as they use the additional heat generated during the condensation process of steam [4].

- Using renewable energy sources.

Includes the use of solar collectors, heat pumps, wind turbines and geothermal energy. This allows for a significant reduction in dependence on traditional energy sources, reducing CO2 emissions and energy costs [4].

Heat pumps: these are highly efficient installations that use environmental energy (air, soil or water) to provide heat. Heat pumps can operate in both heating and cooling modes.

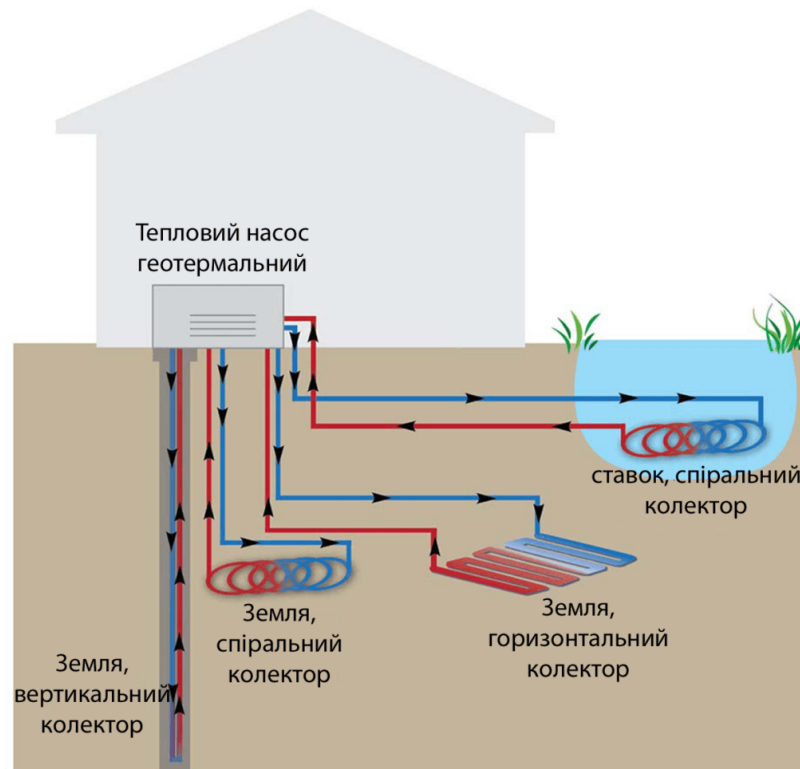


Figure 1.1 – Principle of operation of a heat pump

Solar collectors: used to heat water and maintain a hot water supply. This reduces the load on the main heating system.

- Introduction of heat recovery systems.

Heat recovery allows the use of heat that is lost with exhaust air or exhaust water. Air recovery systems ensure that some of the heat is retained during

ventilation of the premises [11]. This can significantly reduce the need for heating, especially during the cold season.

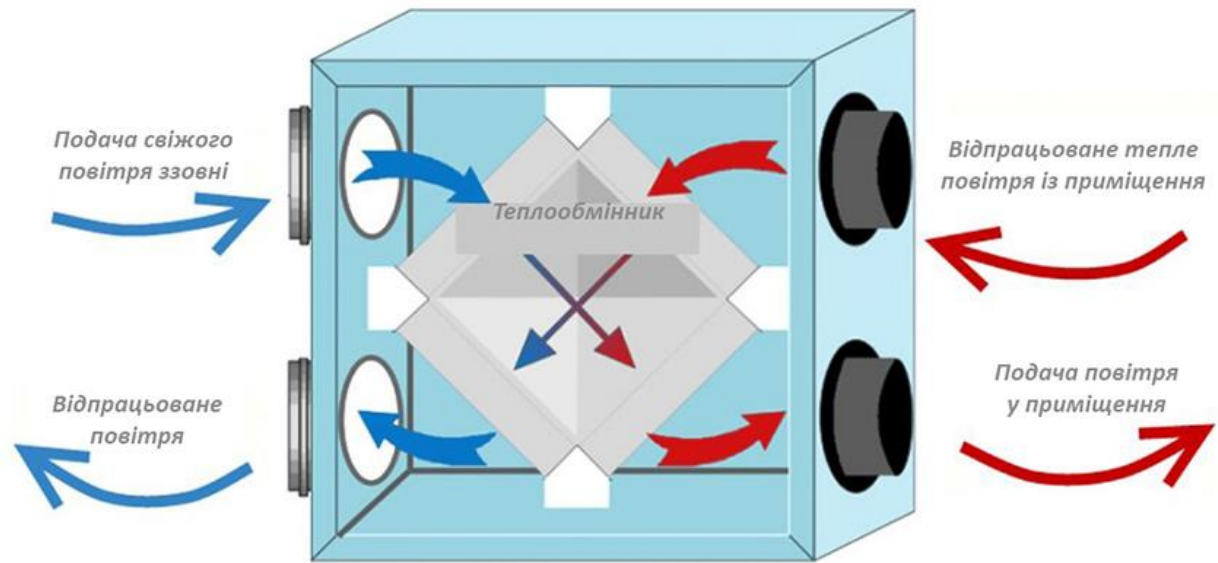


Figure 1.2 – Heat recovery

- Optimizing the use of thermal energy in the building.

Includes the implementation of heat management methods, such as the use of programmable thermostats and smart heating control systems.

Thermostatic valves: allow users to set individual temperatures for each room, which contributes to energy-efficient use of heat.

Programmable temperature control systems: the use of timers and smart control systems helps to reduce energy consumption when there are no people in the rooms.



Figure 1.3 – Wireless thermostat programmer

- Thermal insulation of engineering networks.

Thermal insulation of pipelines of heating, hot water supply and ventilation systems allows to avoid heat losses during transportation of the coolant. The use of thermal insulation materials for pipelines in the building and in the soil increases the overall efficiency of heat supply [4].

- Intelligent monitoring and control systems.

Modern technologies allow to implement "smart home" and Internet of Things systems, which provide the possibility of automated control and management of thermal units and heating systems:

Real-time energy monitoring systems: special software solutions allow to monitor heat use and diagnose the condition of equipment in real time. This allows to detect energy leaks and take measures to eliminate them.

Automated control of the heating system: intelligent thermostats can analyze the operating schedule of a building (for example, an office or residential complex), as well as change the heating mode depending on weather conditions or the presence of people in the premises [1].

- Heat exchangers with increased efficiency.

Heat exchangers are used for efficient heat transfer between different media. The use of equipment with increased efficiency allows to reduce energy consumption during heating or cooling. This ensures more efficient use of heat in heating, ventilation and air conditioning systems.

Plate heat exchangers: due to their design, they provide a larger heat exchange area per unit volume, which allows to significantly reduce heat losses during the transfer of thermal energy [4].

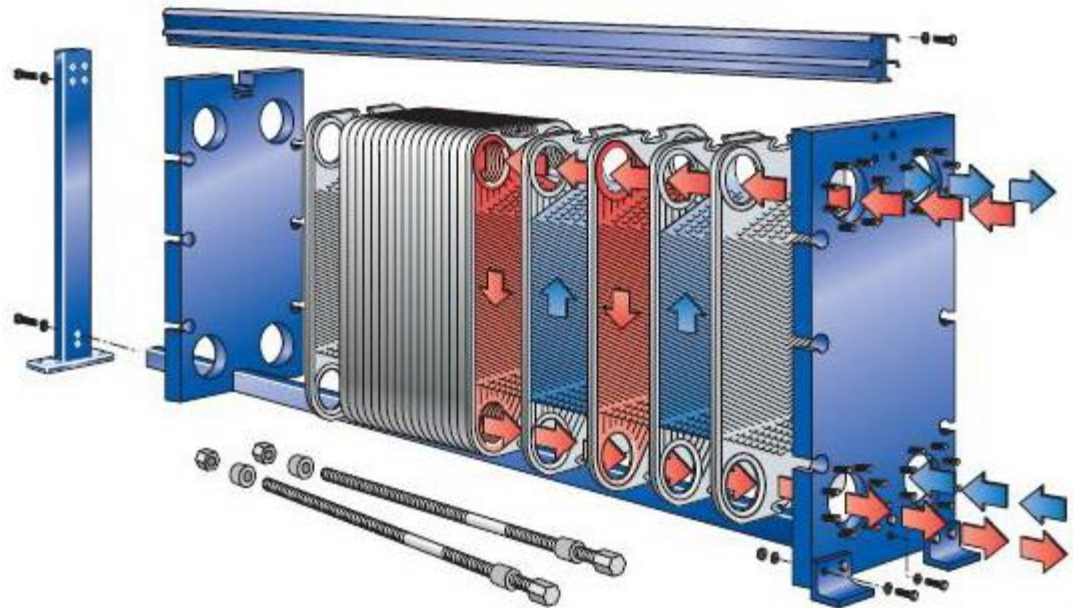


Figure 1.4 – Plate heat exchanger design

Integration with low-temperature heating systems: The use of low-temperature circuits in heating systems can help increase the efficiency of heat exchangers, reducing energy costs for heating.

- Combined heat and power (CHP) systems.

Cogeneration plants allow the simultaneous production of electricity and heat. Such systems can be used to heat large civil facilities or groups of buildings. Main advantages:

- High efficiency: the simultaneous production of heat and electricity allows the use of up to 90% of the fuel energy, which makes CHP plants extremely efficient.
- Use of local energy sources: This reduces dependence on centralized energy suppliers and reduces heat losses in transport.

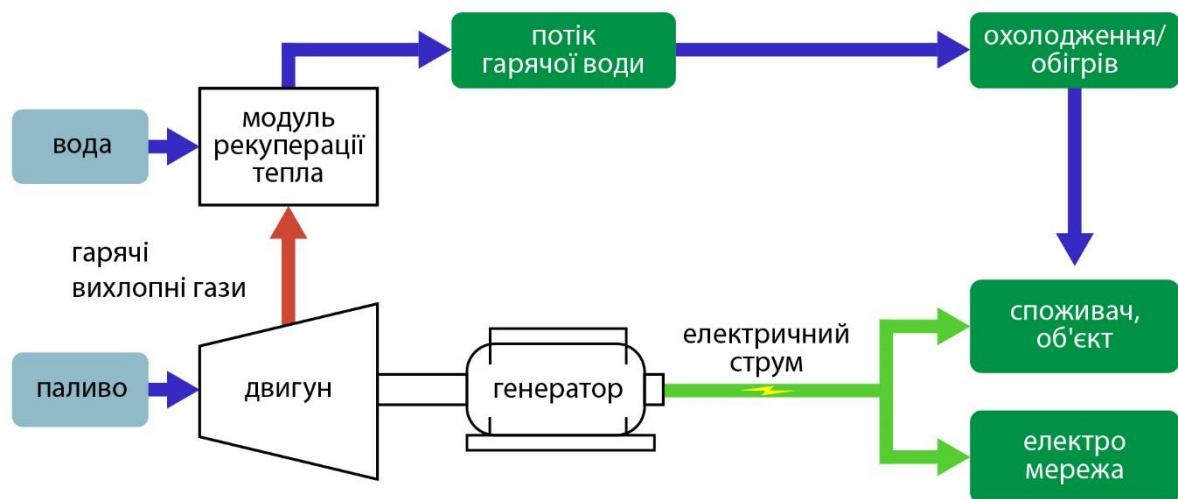


Figure 1.5 – Cogeneration operation diagram

- Efficiency improvement through phase change materials.

Phase change materials are able to accumulate thermal energy in a phase transition (for example, from a solid to a liquid). Such materials can be used for temporary storage of thermal energy and its gradual release, which allows to reduce peak loads on heating systems. Their use is possible in wall and floor structures or in special heat storage devices integrated into thermal units.

- Thermal insulation of foundations and basements.

Basement and foundation insulation: providing thermal insulation in this area reduces heat loss through the soil and basements, which can significantly increase the overall energy efficiency of the building [3].

Underground thermal collectors: the use of geothermal technologies can be used to maintain a stable temperature in buildings by using the heat of the earth.

- Use of energy facades and roofs.

Energy facades are special structures that integrate solar panels or collectors directly into the outer shell of a building. Such integration allows the use of solar energy not only to produce electricity, but also to maintain the temperature regime [3]:

- Solar collectors in the facade: use solar energy to heat water, which reduces the load on the heating system.
- Green roofs and facades: help maintain the optimal temperature inside the building, creating a natural thermal insulation layer.



Figure 1.6 – Solar collectors for heating and hot water

- Modeling energy efficiency of buildings.

Using modern software solutions for modeling energy efficiency of buildings allows you to optimize the design and operation of the building. Modeling tools can help:

- Analyze heat losses: through modeling, you can accurately determine where the greatest heat losses occur and implement targeted measures to minimize them.



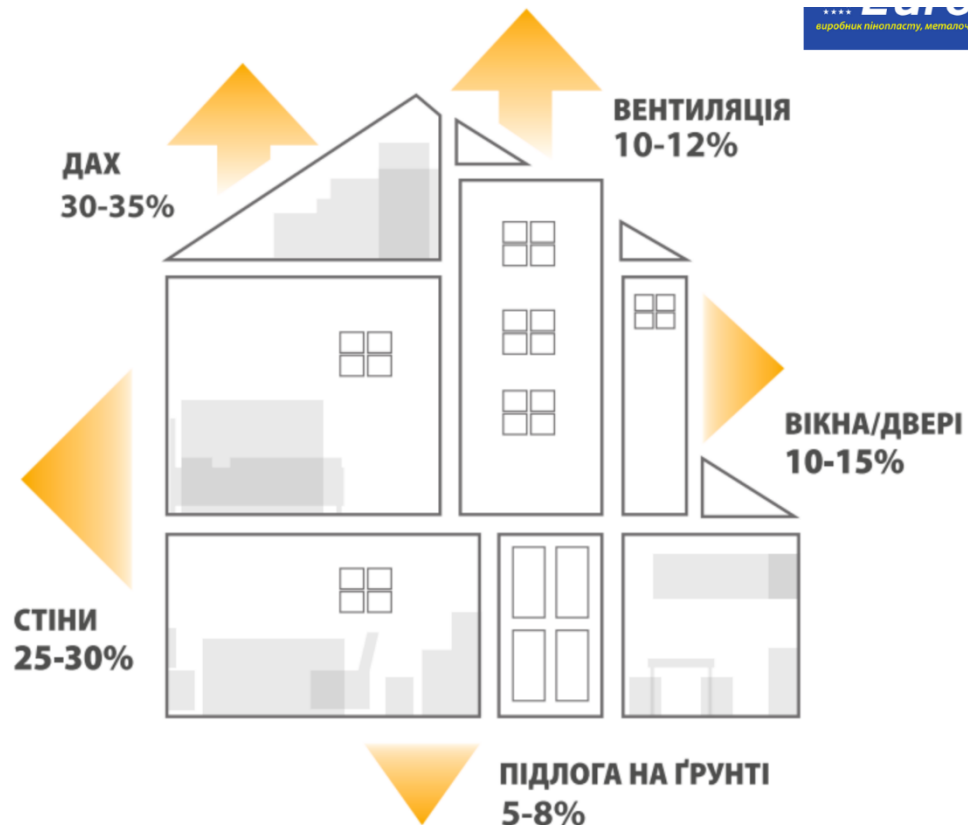


Figure 1.7 – Example of percentage heat loss from a building

- Predict energy savings: thanks to detailed calculations and operating scenarios, it is possible to estimate the potential savings from the implementation of certain energy-efficient solutions.

Increasing the energy efficiency of civil buildings through the modernization of thermal units and the integration of modern technologies has a huge potential for reducing energy consumption [1]. In addition to the implementation of basic measures such as insulation and system automation, innovative solutions such as cogeneration, the use of phase change materials, and intelligent control systems can significantly increase efficiency.

## **1.2 Overview of equipment for increasing the energy efficiency of buildings**

The implementation of equipment for increasing energy efficiency is the optimization of the use of energy resources in buildings, which includes reducing heat losses, efficient use of heat and electricity, as well as automation of climate control systems. This allows not only to reduce the costs of operating buildings, but also to increase the comfort and quality of the environment for users. Such measures are also aimed at achieving sustainable development, reducing the ecological footprint and fulfilling international obligations on energy efficiency and climate protection.

### **1. Automatic heat supply control systems.**

Heat points with automation. These are key elements in the management of heating and hot water supply systems. They allow you to adjust the temperature depending on weather conditions and time of day, which reduces energy costs [1].

Programmable controllers. Controllers for automation of thermal units allow you to remotely control heating systems and adjust operating parameters to specific requirements (in particular, to reduce heat losses).

Telemetry tools. The use of sensors to monitor temperature, pressure and water flow allows you to detect possible problems in time and optimize the system operation [2].

### **2. Energy-efficient pumps and valves.**

The use of modern regulators and valves with servo drives allows you to precisely control the coolant flows, ensuring uniform heat distribution and reducing costs.

Circulation pumps with frequency control. Such pumps are able to adapt their operation to the real needs of the system, which allows you to save electricity and ensure a stable hydraulic balance.





Figure 1.8 – Energy-saving circulation pump

Thermostatic valves. Installing such valves on radiators allows users to individually regulate the temperature in the rooms, which helps to avoid overheating and reduced comfort.

### 3. Heat recovery ventilation systems.

Heat recovery ventilation systems provide fresh air supply to the building and at the same time retain the heat of the exhaust air that is removed. The main element of such systems is a heat exchanger, which allows heat to be transferred from warm exhaust air to cold fresh air coming from outside, without mixing the flows. This reduces heat loss and reduces the need for additional heating in the cold season. As a result, buildings require less energy to maintain a comfortable microclimate, which leads to lower heating and cooling costs.

### 4. Temperature and pressure sensors.

Temperature and pressure sensors allow monitoring and control of air and water parameters in heating, ventilation and air conditioning systems [2]. This provides precise control over the temperature in the rooms, the operation of heat exchangers, the efficient operation of boilers, pumps and fans. In particular:

- Temperature sensors monitor the temperature in the rooms, the coolant in the pipes, allowing you to adapt the operation of heating and ventilation systems depending on external and internal conditions.

- Pressure sensors allow you to control the operation of pumps and ensure stable pressure in water supply and heating systems, which reduces the risk of emergencies and improves the efficiency of equipment.

These sensors are key elements for automating and optimizing the operation of building engineering systems, allowing you to reduce energy consumption and improve the comfort of residents.

### 5. Weather-dependent automation.

Weather-dependent regulation allows you to automatically change the operating parameters of the heating system depending on the outdoor temperature, which significantly reduces energy consumption.



Figure 1.9 – View of a controller for weather-dependent automation

The weather-controlled control unit consists of several key components: a control element, a control valve with an actuator, a circulation pump, and outdoor and indoor temperature sensors [2]. The control element of this unit allows you to

manually adjust the settings that determine the operating mode of the heating system, ensuring that different temperatures are maintained in the room at different times.

#### 6. Heat pumps.

Geothermal heat pumps can be used to heat or cool a coolant by using the energy of the earth. This solution can significantly reduce the consumption of traditional energy sources, such as gas or electricity.

Air-to-water heat pumps. They are effective for use in moderate climates, as they are able to provide heating even at low outdoor temperatures. They use outdoor air to heat water in heating or hot water supply systems, which allows you to reduce costs for traditional energy sources.

#### 7. Frequency converters for pumps.

Frequency converters (inverters) change the speed of the pump motor depending on the need for fluid flow. This allows you to provide the required flow without excessive energy consumption, since the pump does not operate at maximum power, but only at the level required at the moment [4]. The use of frequency converters provides:

- Energy savings: by adjusting the motor speed, the pump consumes exactly as much energy as is needed to maintain a given pressure or flow level.
- Reduced equipment wear: less load on the system reduces the wear rate of pump components.
- Improved control: integration with automation systems allows for more flexible adaptation of pump operation to current conditions, which contributes to more efficient use of resources.

#### 8. Monitoring and dispatching systems.

Monitoring systems allow you to monitor the operating parameters of a thermal unit in real time and respond to changes in the system [4]. This helps to detect deviations from optimal parameters and adjust the operation of the equipment, allows you to detect problems in time and carry out preventive maintenance, which prevents costs for emergency repairs and increases the reliability of the system.

## 9. Heat exchangers.

Heat exchangers are devices that provide the transfer of thermal energy between two environments without their mixing. They are used in heating, air conditioning and ventilation systems to heat or cool air, water or other coolants [4].

The main types of heat exchangers include:

- Plate heat exchangers: have high heat transfer efficiency and occupy a small area. They are used in ventilation systems and hot water supply systems [5].

- Tubular heat exchangers: consist of a set of tubes through which liquids pass. They have a durable design and can operate at high temperatures and pressures.

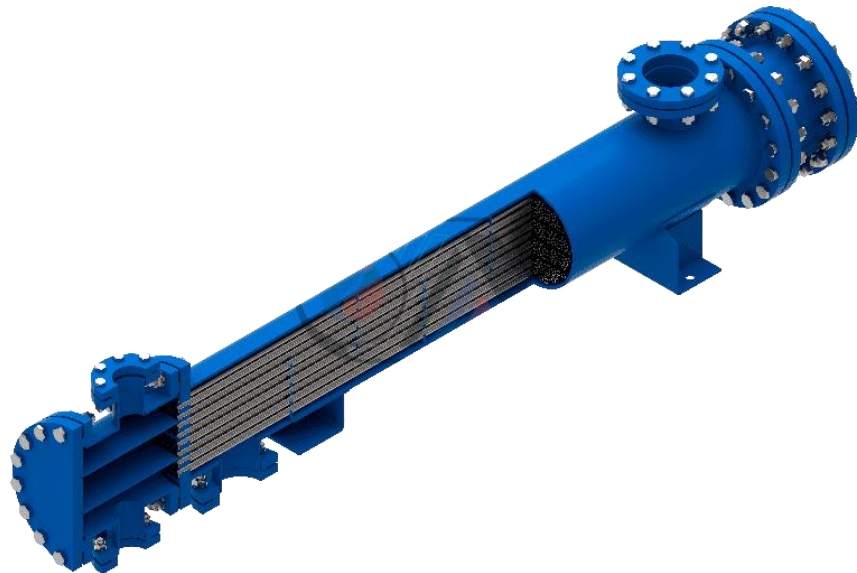


Figure 1.10 – Schematic of a tubular heat exchanger

- Regenerative heat exchangers: use the heat of the exhaust air to heat the incoming fresh air with minimal energy loss. Often used in recovery systems.

The use of efficient heat exchangers allows you to reduce the cost of heating or cooling a building, which makes them an important element of energy efficiency [5].

## 10. Insulating materials for pipelines.

Insulation of hot water and coolant pipelines helps to reduce heat loss during the transport of heat from the source (boiler or heat exchanger) to the end user. This

allows you to significantly reduce heating costs and retain heat. Insulating materials can be of various types, including [3]:

- Mineral wool: well suited for high-temperature pipelines, as it has high heat resistance.

- Foamed polyethylene: a light and flexible material that is convenient for insulating small diameter pipes and internal systems.

- Polyurethane foam: provides high insulation efficiency and has a long service life. Used in external heat transfer systems.

Pipe insulation helps not only to reduce heat loss, but also protects the system from condensation and corrosion, extending the service life of the equipment.

#### 11. Solar collectors and other renewable energy sources.

Solar collectors are used to heat water or air using the energy of the sun. They come in two main types:

- Flat plate collectors: consist of a flat absorbent panel that is heated by sunlight. They are suitable for use in temperate climates.

- Evacuated tube collectors: have higher efficiency, especially in cold climates, as the vacuum between the tubes reduces heat loss.

In addition to solar collectors, other renewable energy sources include:

- Heat pumps: use heat from the air, water or ground to heat and cool a building [5].

- Photovoltaic panels: convert solar energy into electricity, which can be used to power lighting, heaters, and other equipment.

- Wind turbines: use wind energy to generate electricity. This solution can be useful in places with constant wind flows.

The implementation of these technologies allows you to reduce dependence on traditional energy sources, such as gas and electricity, reducing CO<sub>2</sub> emissions and saving on energy resources.

As a conclusion, we can say that the main advantages of implementing an automated heating control unit are in optimizing the use of thermal energy in a building. This leads to a significant reduction in heat supply costs, increases the quality and reliability of the heating system, allows you to automatically regulate the heat supply, and also provides the ability to remotely control the coolant parameters and equipment operating modes. In addition, the system can be easily reconfigured without additional costs, for example, after facade insulation, window replacement or building renovation [3]. Automation of heat energy consumption accounting is also implemented. According to practical data, automated control units can save approximately 25-37% of thermal energy, while ensuring comfortable conditions in each room.

Further research and analysis can help in selecting the most effective solutions, taking into account the specifics of the building, financial capabilities and user needs.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами X Всеукраїнської науково-практичної конференції  
«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:

ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»

20 грудня 2024 року



Полтава 2024

## ЗМІСТ

<b><i>О.І. Євдоченко</i></b> ОСОБЛИВОСТІ БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ КОДІВ РІДА – СОЛОМОНА	.106
<b><i>Є.М. Заніздра</i></b> АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИКИ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО ВУЗЛА КОРПУСУ.....	107
<b><i>С.Г. Кислиця, І.О. Вишневський</i></b> РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ І ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ В ВЕНТИЛЬНОМУ ІНДУКТОРНИ ДВИГУНІ.....	109
<b><i>І.О. Єндіяров, Н.В. Єрмілова</i></b> РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЄКТУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМУНАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ.....	112
<b><i>С.Г. Кислиця, Р.М. Ковган</i></b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ БАГАТОМОТОРНОГО ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНОВОГО ШАРОВОГО КОНВЕЄРУ.....	114
<b><i>О.А. Мешко, Н.В. Єрмілова</i></b> РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАЗЕМЛЕННЯ ДЛЯ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.....	116
<b><i>В.В. Пушкарь</i></b> СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ПРИ ОБМЕЖЕННЯХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	118
<b><i>О.М. Федоренко</i></b> РОЗРОБКА МАНІПУЛЯТОРА ДЛЯ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ.....	119



**УДК 697.644.1**

*Є.М. Заніздра, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИКИ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО ВУЗЛА КОРПУСУ**

Теплові вузли є ключовим елементом систем теплопостачання, оскільки забезпечують передачу тепла від централізованих джерел теплопостачання до споживачів. У зв'язку зі зростанням вимог до енергоефективності та надійності таких систем, впровадження сучасних автоматизованих систем управління тепловими вузлами є необхідною умовою для підвищення ефективності роботи та зниження витрат на експлуатацію.

Зростання цін на енергоносії та вимоги до зменшення викидів парникових газів створюють потребу у впровадженні енергоефективних технологій в різних галузях, зокрема у системах теплопостачання. Автоматизація теплових вузлів дозволяє оптимізувати процес споживання теплової енергії, знизити втрати тепла, покращити контроль над технологічними параметрами та експресно реагувати на зміни умов експлуатації [1].

Сучасні системи автоматизації для теплових вузлів здатні здійснювати моніторинг, контроль та регулювання температури теплоносія, витрати теплоносія, тиску в системі, а також інших параметрів. Серед популярних рішень

— використання програмованих логічних контролерів (PLC), систем диспетчеризації (SCADA) та спеціалізованих сенсорів. Це забезпечує точний контроль за роботою обладнання та вчасне виявлення відхилень у роботі системи [3].

Впровадження автоматизованої системи управління тепловим вузлом має ряд суттєвих переваг:

– Енергоефективність: автоматизація дозволяє підтримувати оптимальний режим роботи, що сприяє зниженню споживання енергоресурсів та зменшенню витрат.

– Покращення надійності та безпеки: система автоматично виявляє відхилення від нормального режиму роботи та оперативно реагує на них, що підвищує безпеку та зменшує ризик аварійних ситуацій [2].

– Зручність експлуатації та обслуговування: зниження необхідності в ручному управлінні та можливість дистанційного контролю знижують навантаження на обслуговуючий персонал.

– Економічна ефективність: хоча початкові витрати на впровадження системи автоматизації можуть бути значними, у довгостроковій перспективі це дозволяє знизити експлуатаційні витрати завдяки скороченню

споживання енергії та зменшенню потреби в частих ремонтних роботах.

Проект системи автоматики для теплового вузла включає наступні етапи:

– Вибір контролера: залежно від складності системи та обсягу даних, що обробляються, обирається контролер з необхідними характеристиками.

– Інтеграція датчиків та виконавчих механізмів: Для забезпечення моніторингу та регулювання температури, тиску та витрати необхідно обрати відповідні датчики та виконавчі механізми.

– Програмне забезпечення та диспетчеризація: розробка програми для контролера та впровадження системи SCADA для віддаленого моніторингу параметрів теплового вузла.

– Проведення випробувань та налаштування системи: встановлення обладнання, тестування системи на відповідність технічним вимогам та введення її в експлуатацію.

Для оцінки економічної доцільності впровадження автоматизації розглядаються такі аспекти [3]:

– Витрати на обладнання та впровадження: включають вартість обладнання, його монтаж та налаштування.

– Оцінка економії енергоресурсів: розрахунок зниження витрат на теплову енергію завдяки більш ефективному управлінню.

– Розрахунок періоду окупності: аналіз окупності проекту на основі порівняння витрат на впровадження з економією енергоресурсів та зниженням витрат на обслуговування.

У висновку можемо зрозуміти, що впровадження автоматизованої системи управління для теплового вузла є доцільним з точки зору підвищення енергоефективності, надійності та зручності експлуатації. Попередні розрахунки свідчать про те, що інвестиції у впровадження такої системи окупляться протягом кількох років завдяки значному зниженню витрат на теплову енергію та обслуговування. Це робить автоматизацію теплових вузлів важливою складовою модернізації систем теплопостачання на сучасному етапі.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Конспект лекцій по дисципліні «Джерела теплопостачання та теплові мережі» для студентів за напрямом навчання 6.050601 «Теплоенергетика»/ Укл. Клімов Р.О., – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. – 103с.

2. Теплопостачання (частина I “Теплові мережі та споруди”). Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007, – 244 с.

3. Конспект лекцій з дисципліні «Автоматизація теплових процесів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, Кам’янське: ДДТУ, 2019. - С.138

## **Додаток В**

Міністерство освіти та науки України  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

### **Аналіз доцільності та розроблення системи автоматики для теплового вузла корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

Кваліфікаційна робота магістра

Виконав:

Студент групи 601-МЕ

Заніздра Є.М.

Керівник:

Доцент, канд. техн. наук

Третяк А.В.

**Мета роботи** полягає в розробці і впровадженні сучасної автоматизованої системи для підвищення ефективності роботи опалювальної системи корпусу 7, а також у створенні умов для більш точного контролю температури, зменшення теплових втрат і покращення загальної енергоефективності будівлі. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити кілька ключових завдань.

- По-перше, провести детальний аналіз поточного стану системи опалення корпусу.
- По-друге, слід розробити технічні рішення для впровадження сучасних автоматизованих елементів.
- По-третє, можливість віддаленого моніторингу та керування тепловим вузлом.

**Об'єктом дослідження** є система опалення та тепловий вузол корпусу 7 Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

**Предметом дослідження** є методи та засоби автоматизації теплового вузла, спрямовані на підвищення ефективності його роботи та енергоефективності будівлі.

### *Аналіз методів підвищення енергоефективності цивільних будівель*

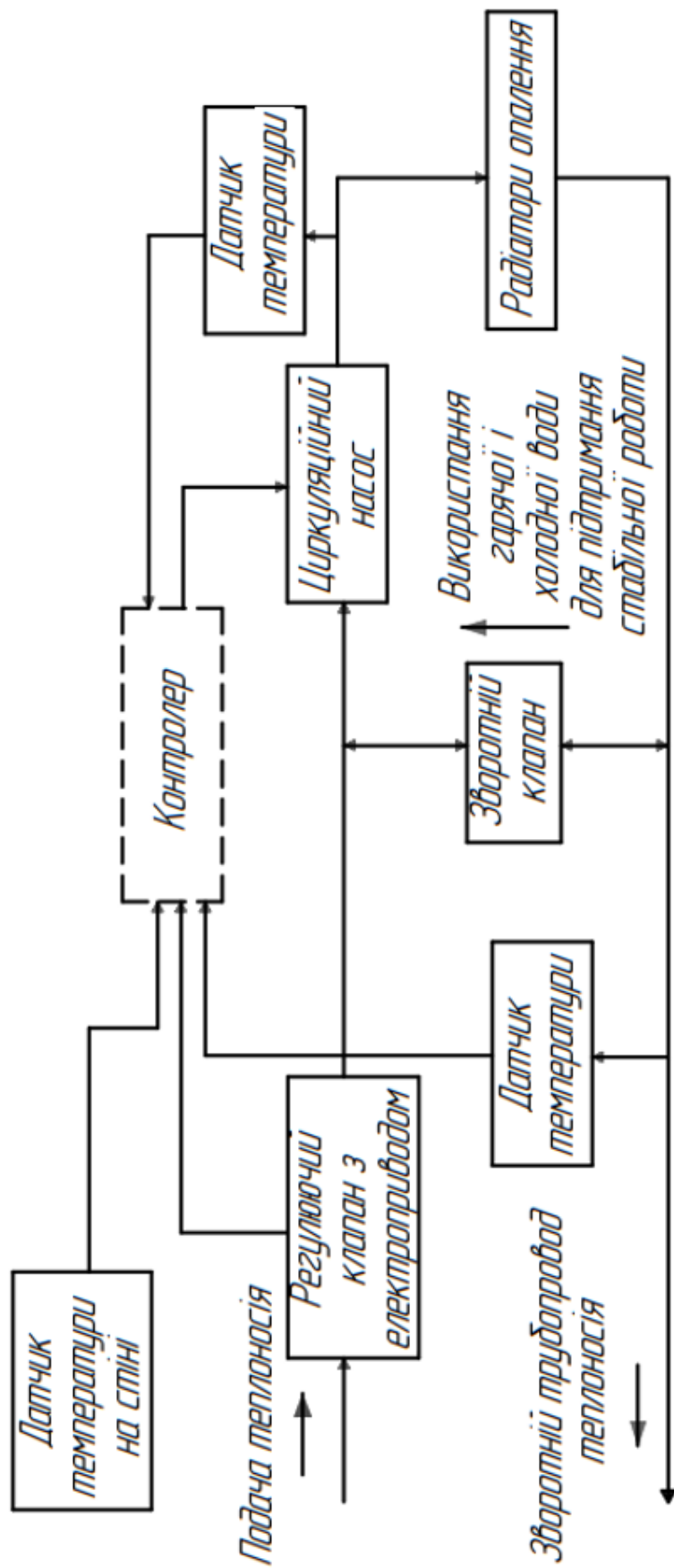
**Підвищення енергоефективності цивільних будівель** – це комплексний підхід, спрямований на зменшення енергоспоживання без погіршення умов проживання та роботи. Ефективне використання енергії для опалення, охолодження та освітлення не лише знижує витрати, але й скорочує викиди парникових газів та сприяє збереженню ресурсів.

Заміна застарілого обладнання на сучасні автоматизовані системи управління дозволяє значно зменшити теплові втрати та адаптувати режим роботи до реальних потреб будівлі. Наприклад, впровадження погодозалежної автоматики забезпечує регулювання подачі тепла залежно від зовнішньої температури, що знижує витрати енергії.

Ще одним важливим методом є впровадження відновлюваних джерел енергії, таких як теплові насоси, сонячні колектори та системи рекуперації тепла. Ці технології дозволяють не тільки знизити залежність від традиційних джерел енергії, але й зменшити викиди CO<sub>2</sub>, сприяючи екологічній стійкості.

## 4

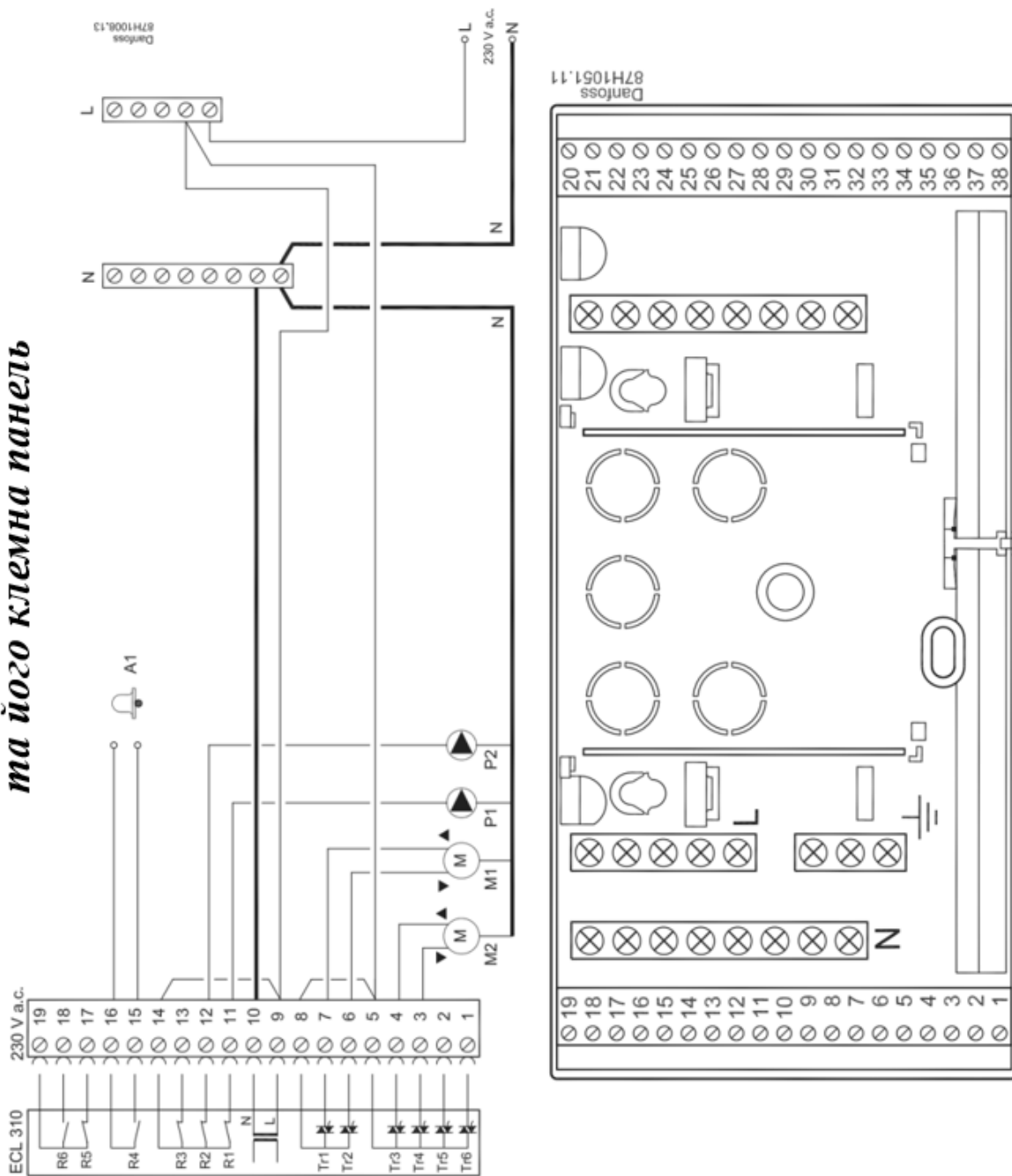
Структурна схема індивідуального теплового вузла будівлі



5

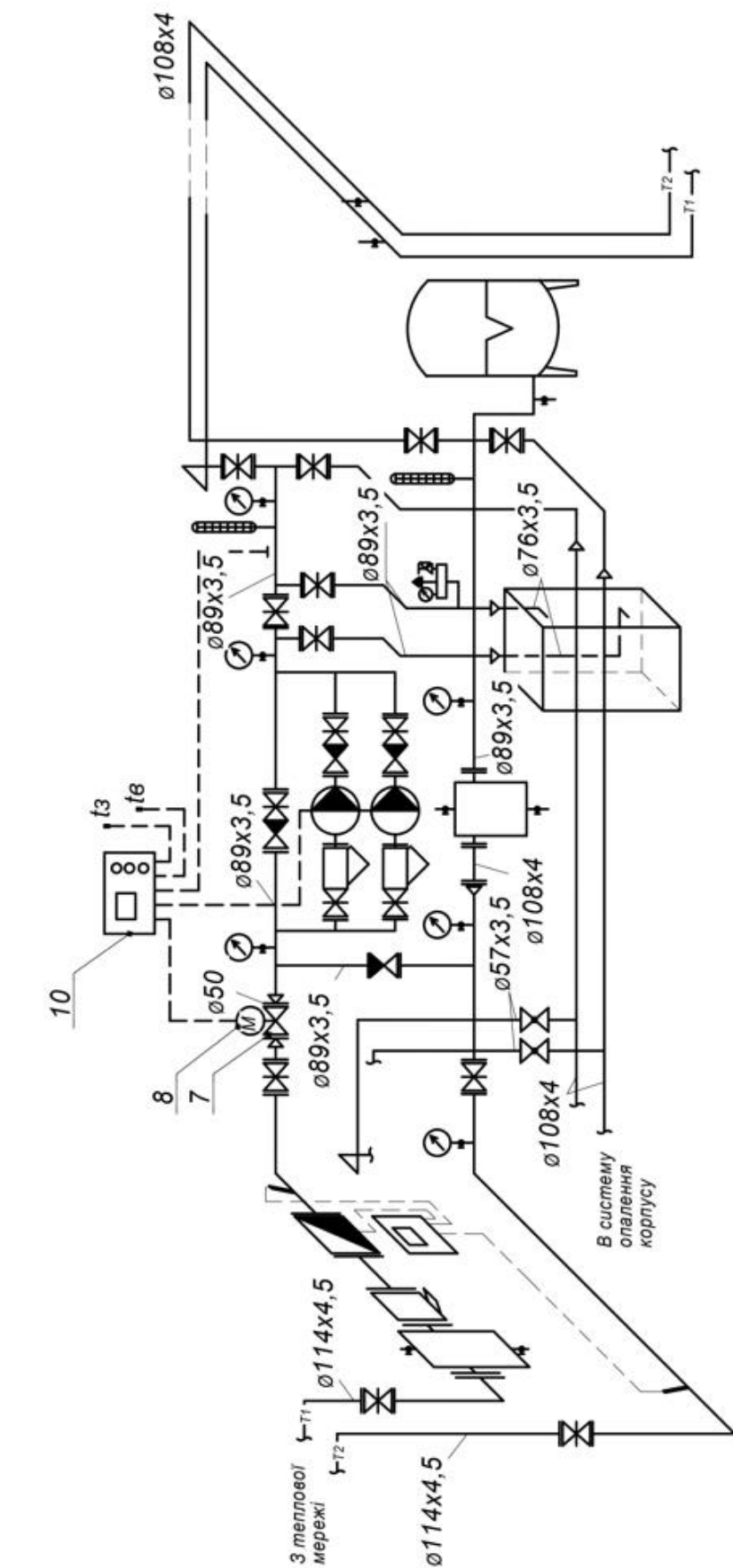
**Схема контролера для управління індивідуальним тепловим вузлом**

**та його клемна панель**



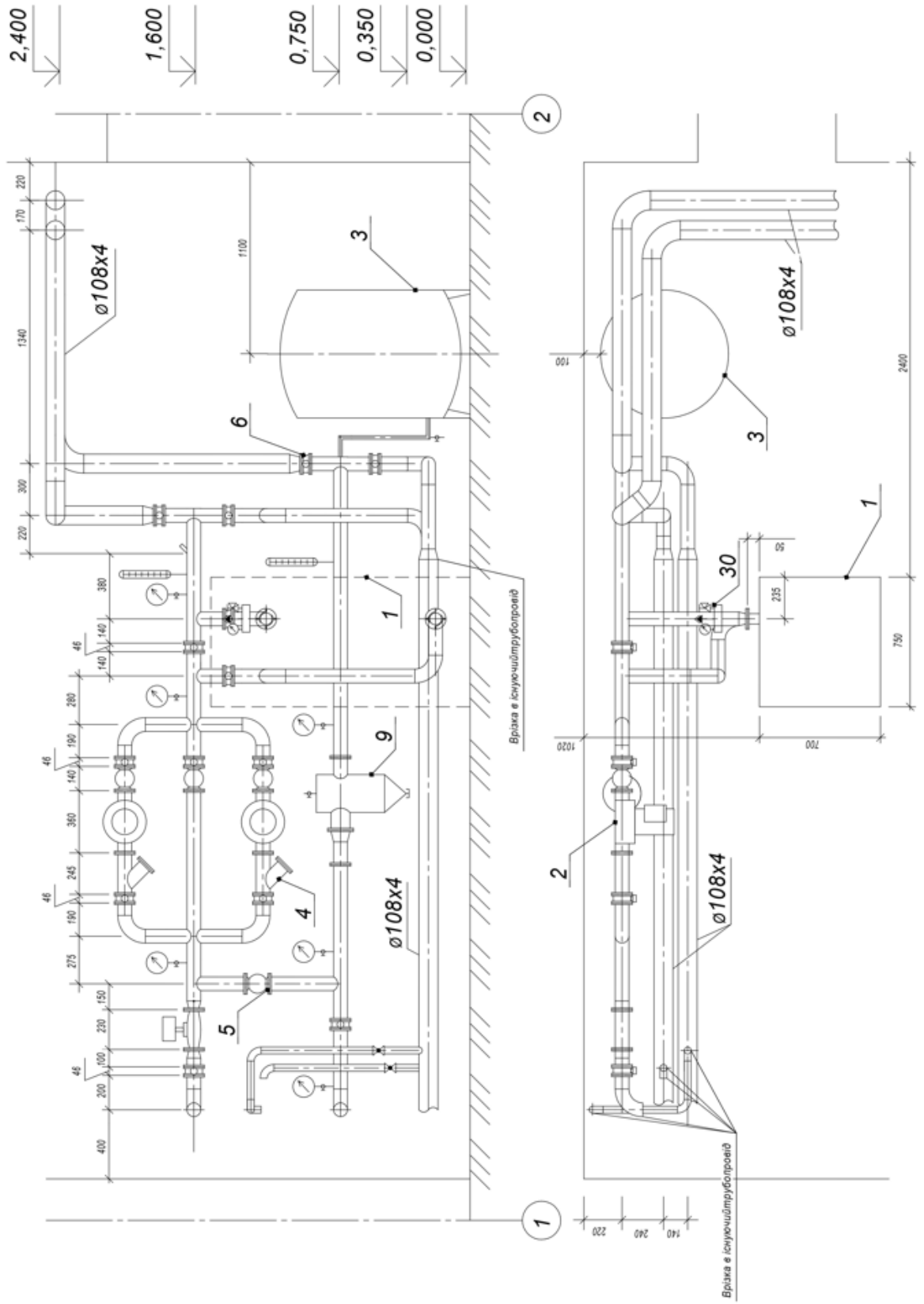
## 6

*Принципова схема теплового вузла*

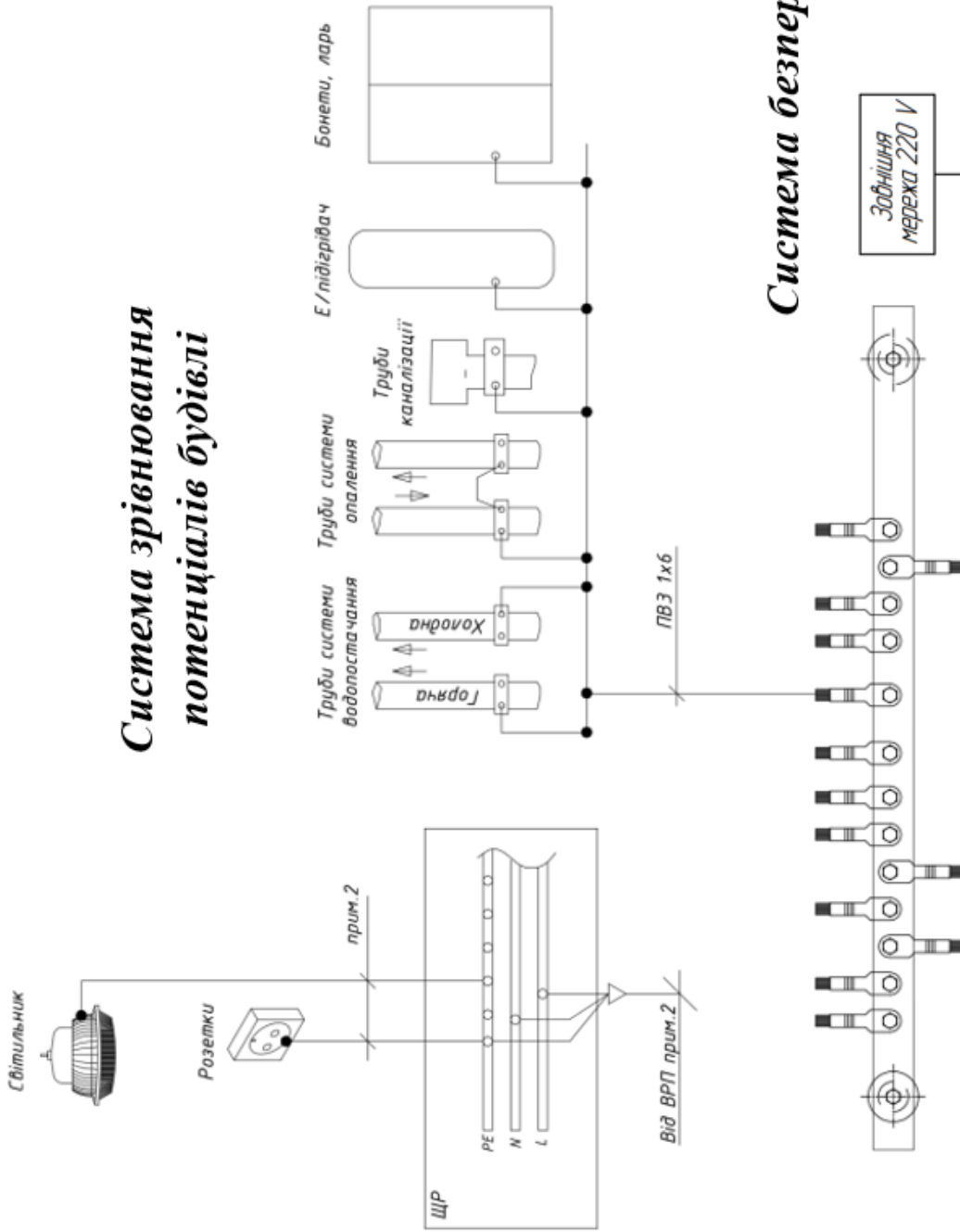




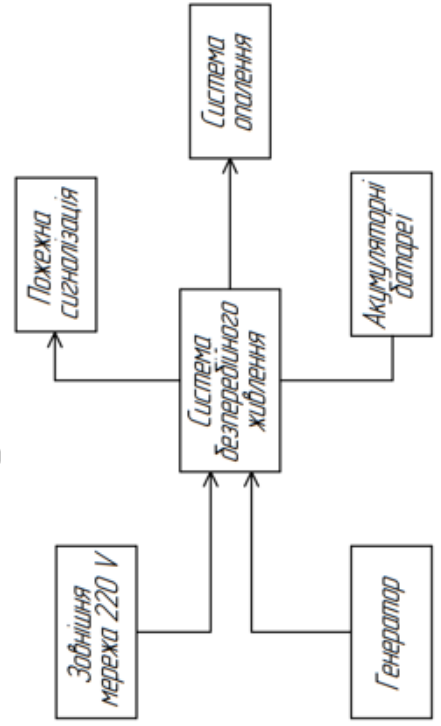
*Схема розрізу теплового вузла у підвалі будівлі*



## Система зрівнювання потенціалів будівлі



## Система безперебійного живлення



### *Економічний аналіз доцільності автоматизації теплового вузла*

Автоматизація теплових вузлів є важливим кроком до підвищення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат. Для обґрунтування такого проєкту застосовується економічний аналіз, що базується на оцінці двох ключових категорій – ефекту та ефективності.

**Ефект автоматизації** визначається через економію енергоресурсів, оптимізацію роботи теплового обладнання, зменшення витрат на обслуговування, підвищення надійності та стабільності функціонування системи. Ефективність відображає співвідношення між отриманими результатами і витратами на впровадження.

Економічна доцільність автоматизації оцінюється через абсолютну та порівняльну ефективність.

1. Абсолютна ефективність показує відношення економічного ефекту до обсягу інвестицій.
2. Порівняльна ефективність використовується для вибору оптимального варіанту реалізації проєкту за мінімізації приведених витрат.

### *Висновки по роботі*

- Проведено аналіз методів підвищення енергоефективності будівель, що дозволило визначити ключові напрямки модернізації, включаючи автоматизацію теплових вузлів, утеплення конструкцій та оптимізацію систем опалення.
- Розглянуто сучасне обладнання для впровадження енергоефективних рішень, включаючи регулятори, теплообмінники, насоси з частотним управлінням і погодозалежну автоматику.
- Виконано налаштування основних параметрів системи автоматики, зокрема температурних режимів, графіків роботи та регулювання теплових потоків, що сприяє досягненню максимальної економії енергоресурсів.
- Запропоновано систему безперебійного живлення та зрівнювання потенціалів для надійної роботи електроавтоматики, що підвищує безпеку та стабільність роботи.