

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

ЛИСИК Марія Андріївна

**Розроблення системи керування опаленням на автомийці
самообслуговування/ Development of a heating control
system at a self-service car wash**

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи АКІТ - 41
М.А. Лисик

Науковий керівник
к.т.н., О.М.Заставний

Кваліфікаційну роботу допущено
до захисту:

« ____ » _____ 2025 р.

Завідувач кафедри

_____ А.І.Сегін

ТЕРНОПІЛЬ – 2025

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "бакалавр"

Спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри СКС

А.І.Сегін

“ ” 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ЛИСИК Марії Андріївні

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи

Розроблення системи керування опаленням на автомобійці
самообслуговування/ Development of a heating control system at a self-service
car wash

керівник роботи к.т.н., Заставний О.М.

затверджені наказом по університету від 28.11.2024р №938

2. Строк подання студентом закінченої випускної кваліфікаційної роботи: 10.05.2025р.

3. Вихідні дані до випускної кваліфікаційної роботи:

1. Система опалення автомобійки самообслуговування
2. Сенсори та виконавчі механізми в системах опалення
3. Програмовані логічні контролери та засоби людино-машинних інтерфейсів

4. Основні питання, які потрібно розробити:

1. Аналіз систем керування опаленням на автомобійках та промислових об'єктах
2. Розроблення структурної та функціональних схем системи керування системою опалення автомобійки
3. Розроблення програмного забезпечення для ПЛК та НМІ інтерфейсу

5. Перелік графічного матеріалу у роботі:

1. Структурна схема системи керування опаленням автомобійки
2. Функціональна схема системи керування опаленням автомобійки

3. Блок схема алгоритму роботи контролера системи керування опаленням автомийки

6. Консультанти розділів випускної кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Заставний О.М.		
2	Заставний О.М.		
3	Заставний О.М.		

7. Дата видачі завдання 28 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючих систем керування опалення промислових об'єктів	12.2024р. – 01.2025р.	
2	Розроблення структурної схеми системи керування системою опалення автомийки	02.2025р. – 03.2025р.	
3	Розроблення системи керування опаленням на автомийці	04.2025р. – 05.2025р.	
4.	Остаточне оформлення та подача кваліфікаційної роботи на перевірку щодо плагіату	1.05.2025р. – 10.05.2025	

Студент

(підпис)

Лисик М.А.

Керівник роботи

(підпис)

к.т.н., Заставний О.М.

АНОТАЦІЯ

Лисик М.А. Розроблення системи керування опаленням на автомобілі самообслуговування. – Рукопис.

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна (наукова) програма. – Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2025.

У роботі проведено аналіз сучасних автоматизованих систем керування опаленням для побутових та комерційних об'єктів, зокрема з урахуванням особливостей експлуатації на автомобілях. Розглянуто типові архітектури систем, принципи побудови контурів теплообміну, а також способи взаємодії з сенсорами температури, насосами та змішувальними клапанами.

На основі проведеного аналізу сформовано технічне завдання та спроектовано програмне забезпечення для контролера системи автоматичного керування опаленням. У процесі проектування реалізовано функціональну структуру програми, що забезпечує керування п'ятьма тепловими контурами з ПІД-регулюванням, обробкою аварій, функцією автоматичного скидання та адаптацією до зовнішніх умов.

Розроблена інтерактивна НМІ-візуалізація забезпечує зручний моніторинг та керування системою через сенсорний дисплей, що підвищує комфорт експлуатації. Запропоноване рішення є гнучким, масштабованим та придатним до використання в подібних об'єктах з різною кількістю контурів і джерел тепла.

ANNOTATION

Lysyk M.A. Development of a heating control system at a self-service car wash. - Manuscript.

Doctoral studies for the education level «Bachelor'» with the title 151 Automation and Computer-Integrated Technologies. – West Ukrainian National University, Ternopil, 2025.

The work presents an analysis of modern automated heating control systems for residential and commercial facilities, with particular attention to their application in car wash environments. Typical system architectures, the structure of heating circuits, and methods of interaction with temperature sensors, pumps, and mixing valves are reviewed.

Based on the conducted analysis, a technical specification was developed, and software was designed for the controller of an automated heating control system. During the development process, a functional program structure was implemented, enabling control of five heating circuits using PID regulation, fault handling, automatic reset functionality, and adaptation to external conditions.

An interactive HMI visualization was created to provide user-friendly monitoring and control through a touchscreen panel, improving ease of operation. The proposed solution is flexible, scalable, and suitable for use in similar facilities with varying numbers of circuits and heat sources.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ОПАЛЕННЯ	
ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ	10
1.1 Аналіз предметної області.....	10
1.2 Засоби керування опаленням	14
1.3 Порівняльний аналіз засобів керування опаленням	24
1.4 Постановка задачі	30
2. РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	
СИСТЕМОЮ ОПАЛЕННЯ АВТОМІЙКИ	34
2.1 Розроблення структурної схеми системи керування системою опалення	
автомійки.....	34
2.2 Розробка функціональної схеми системи	38
2.3 Розробка блок-схеми алгоритму роботи системи.....	40
3. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОПАЛЕННЯ НА	
АВТОМІЙЦІ.....	43
3.1 Вибір обладнання для побудови системи керування опаленням.....	43
3.2 Розроблення програмного забезпечення для головного контролера	57
3.3 Розроблення НМІ для системи керування опаленням автоматійки	63
ВИСНОВКИ	68
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69
ДОДАТКИ	71

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ				
Розроб	Лисик М.А.				Розроблення системи керування опаленням на автоматійки самообслуговування/ Development of a heating control system at a self-service car wash	Літ.		Арк.	Аркушів
Перевірів	Заставний О.								
Консульт	Заставний О.					ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41			
Н.Контроль	Заставний О.								
Затвердив	Сегін А.І.								

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасних умовах розвитку сервісної інфраструктури для автотранспорту особливої популярності набувають автомийки самообслуговування. Такий формат послуг дозволяє скоротити витрати на персонал, забезпечити цілодобовий доступ до послуги та гарантувати високий рівень автоматизації. Водночас, ефективна робота таких об'єктів неможлива без якісного технічного забезпечення, зокрема – без надійної та енергоефективної системи опалення, яка відіграє ключову роль у забезпеченні комфортних умов експлуатації, захисту обладнання від замерзання, стабільної подачі гарячої води та загальної безпеки.

Система опалення на автомийці повинна враховувати специфіку її роботи – наявність миючих постів із підвищеною вологістю, часті відкривання і закривання воріт, зміну кількості відвідувачів протягом доби, сезонні коливання температури та необхідність безперервного забезпечення теплом у всіх технологічних зонах. Звичайні підходи до опалення не завжди є ефективними в такому середовищі, тому виникає потреба у впровадженні інтелектуальних автоматизованих систем, здатних до адаптивного керування тепловими потоками з урахуванням поточного навантаження, зовнішніх умов і специфіки об'єкта.

Значення таких систем зростає на фоні сучасних викликів енергозбереження, підвищення екологічної безпеки, оптимізації експлуатаційних витрат. Сучасні технології дозволяють поєднувати опалювальні системи з відновлюваними джерелами енергії, застосовувати алгоритми прогнозування споживання, здійснювати дистанційне керування та моніторинг через мобільні додатки, а також автоматично перемикати режими роботи залежно від заданих сценаріїв. Це значно розширює можливості оптимізації процесів та забезпечення ефективності в роботі автомийки.

Таким чином, питання автоматизованого керування опаленням є надзвичайно актуальним з огляду на необхідність підвищення

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

енергоефективності, економічності, безпеки та якості обслуговування на автомийках самообслуговування. Розробка та впровадження таких систем має стратегічне значення для підвищення конкурентоспроможності бізнесу в умовах зростаючої конкуренції.

Мета роботи. Метою даної дипломної роботи є розробка автоматизованої системи керування опаленням на автомийці самообслуговування, яка забезпечить ефективне регулювання температурних режимів з урахуванням кліматичних умов, інтенсивності роботи об'єкта та вимог до енергозбереження.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз сучасного стану технологій керування опаленням промислових та сервісних об'єктів;
- дослідити вимоги до систем опалення, характерні для автомийок самообслуговування;
- розробити технічні та функціональні вимоги до системи керування;
- створити структурну та функціональну схему автоматизованої системи;
- обґрунтувати вибір сенсорів, виконавчих пристроїв, контролерів та програмного забезпечення;
- розробити алгоритм керування з можливістю роботи в декількох режимах (нормальний, економний, посилений, аварійний);
- реалізувати концепцію віддаленого моніторингу та дистанційного керування системою;
- оцінити ефективність та стабільність роботи розробленої системи на основі моделювання.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є автоматизована система керування опаленням на автомийці самообслуговування, зокрема її структура, алгоритми функціонування, технічні компоненти та інтеграція з іншими інженерними системами об'єкта.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження виступає система опалення автомийки самообслуговування як елемент загальної інфраструктури

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

комплексу, що забезпечує підтримання теплового режиму в різних функціональних зонах.

Методи дослідження. У процесі виконання роботи використано такі методи:

- аналіз літературних джерел – для вивчення сучасних тенденцій у галузі систем опалення та автоматизації;
- порівняльний аналіз – для вибору оптимальних рішень щодо архітектури системи;
- системний аналіз – для визначення структури і функцій компонентів системи;
- моделювання та імітація – для перевірки працездатності та ефективності алгоритмів керування;
- методи проектування автоматизованих систем – для створення структурної та функціональної схеми.

Практичне значення одержаних результатів. У результаті виконання дипломної роботи було створено концепцію автоматизованої системи керування опаленням, яка адаптується до змін температури та навантаженості об'єкта. Запропонована система дозволяє знизити експлуатаційні витрати, підвищити комфорт для клієнтів і персоналу, подовжити термін служби інженерного обладнання, а також забезпечити надійність функціонування автоматизації в будь-яку пору року. Отримані результати можуть бути застосовані під час впровадження сучасних інтелектуальних систем у сфері комунального та промислового господарства.

Апробація. Лисик М.А. 1, Ільків Р.А.1 Заставний О.М. Автоматизована система підготовки розчинів поживних речовин для систем гідропоніки. – Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ-2025), Тернопіль, 2025. – 92-95с.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1. 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ОПАЛЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1 Аналіз предметної області

В сучасному світі автомийки самообслуговування набувають все більшої популярності, представляючи собою складні технологічні комплекси з високим рівнем автоматизації. Такі об'єкти потребують комплексного підходу до організації всіх робочих процесів та ретельного планування систем життєзабезпечення.

Автомийка самообслуговування – це сучасний автоматизований комплекс, де клієнти самостійно здійснюють процес миття автомобілів за допомогою спеціального обладнання. Такий формат суттєво відрізняється від традиційних автомийок та має значні переваги. Перш за все, це суттєве зменшення операційних витрат через відсутність постійного обслуговуючого персоналу. Крім того, подібні комплекси можуть працювати цілодобово, забезпечуючи постійний потік клієнтів та максимальну ефективність використання обладнання.

На рисунку 1.1 зображено типовий вигляд сучасної автомийки самообслуговування з декількома постами.



Рисунок 1.1 - Автомийка самообслуговування

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Основою будь-якої автомийки самообслуговування є миючі пости або бокси. Кожен такий пост являє собою окрему робочу зону, захищену від атмосферних впливів спеціальною металоконструкцією з навісом. Для забезпечення комфортної роботи в темний час доби пости обладнані потужною системою освітлення. На рисунку 1.2 представлено зображення типового миючого посту автомийки самообслуговування з основними елементами обладнання.

Важливим елементом є система подачі води, яка забезпечує необхідний тиск та температуру для ефективного миття транспортних засобів.



Рисунок 1.2 - Миючий пост автомийки самообслуговування

У кожному посту встановлено спеціальне обладнання для миття: пістолети високого тиску з можливістю регулювання режимів роботи, щітки для ручного миття, системи подачі різноманітних миючих засобів. Підлога боксів обладнана спеціальною системою підігріву, що запобігає утворенню льоду в зимовий період та забезпечує комфортні умови для клієнтів (Рисунок 1.3). Для контролю за процесом миття та безпеки встановлюються сенсори присутності автомобіля та системи відеоспостереження.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 1.3 - Система підігріву підлоги на автомийці самообслуговування

Також є технічне приміщення, де розміщується все основне обладнання.

Системи життєзабезпечення автомийки самообслуговування представляють собою складний комплекс взаємопов'язаного обладнання. Електропостачання здійснюється через головний розподільчий щит, який забезпечує живлення всіх систем комплексу. Для підвищення надійності роботи встановлюються системи автоматичного введення резерву, які в разі збою основного живлення автоматично перемикають обладнання на резервне джерело.

Особливе місце в структурі автомийки займає система опалення, яка виконує ряд критично важливих функцій. Головними завданнями системи опалення є:

1. Забезпечення комфортної температури для клієнтів під час миття автомобіля
2. Захист водопровідних систем та обладнання від замерзання в зимовий період
3. Підтримка оптимальної температури води для ефективного миття
4. Запобігання утворенню льоду на робочих поверхнях

5. Створення належних умов для роботи технологічного обладнання

Опалення різних зон автомийки має свої особливості та вимоги. В миючих постах найчастіше використовується комбінована система опалення, що включає теплу підлогу та повітряні завіси. Тепла підлога забезпечує рівномірний нагрів поверхні, запобігаючи утворенню льоду та калюж. Повітряні завіси створюють тепловий бар'єр на в'їзді в бокс, зменшуючи тепловтрати та запобігаючи протягам.

Технічне приміщення потребує особливого підходу до організації опалення. Тут важливо забезпечити стабільну температуру для правильної роботи обладнання. Використовується комбінація радіаторного та повітряного опалення, що дозволяє швидко реагувати на зміни температури та забезпечувати рівномірний прогрів приміщення.

Сучасна система опалення автомийки повинна відповідати ряду технічних вимог, зокрема:

- забезпечувати точне підтримання заданої температури в різних зонах
- мати високий рівень енергоефективності
- характеризуватися надійністю та стабільністю роботи
- підтримувати можливість автоматичного управління та віддаленого контролю;
- швидко реагувати на зміну зовнішніх умов та навантаження.

Експлуатаційні вимоги до системи опалення включають простоту обслуговування, високу ремонтпридатність та довговічність. Система повинна бути безпечною в експлуатації та екологічною, використовувати сучасні енергозберігаючі технології та матеріали.

З економічної точки зору система опалення автомийки самообслуговування повинна забезпечувати оптимальний баланс між капітальними та експлуатаційними витратами. Важливими факторами є швидка окупність встановленого обладнання, низькі витрати на обслуговування та можливість поетапної модернізації системи в майбутньому.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином, автоматизована система самообслуговування представляє собою складний технологічний об'єкт, де всі системи тісно взаємопов'язані між собою. Система опалення є одним з ключових елементів, що забезпечує нормальне функціонування всього комплексу та комфортні умови для клієнтів. Розуміння особливостей роботи всіх систем та їх взаємодії необхідне для розробки ефективної системи керування опаленням.

1.2 Засоби керування опаленням

Опалення є важливою складовою частиною інфраструктури будь-якої будівлі чи підприємства, оскільки забезпечує комфортні умови для проживання та роботи. У сучасних системах керування опаленням застосовуються різноманітні технології та методи, що дозволяють ефективно регулювати температуру в приміщеннях і знижувати енергоспоживання.

Опалення є невід'ємною частиною будь-якої будівлі або підприємства, і його принципи визначаються кількома ключовими факторами, такими як тип будівлі, потреби в енергетичних ресурсах, кліматичні умови та економічні можливості. Для забезпечення необхідної температури використовуються різні типи систем опалення, серед яких централізоване, індивідуальне та комбіноване опалення.

Централізоване опалення (рисунок 1.4) забезпечує тепло для кількох будівель або навіть цілих районів від єдиного джерела тепла, наприклад, котельної або теплоелектростанції. Це дозволяє ефективно регулювати температуру на рівні району чи міста, однак користувачі не мають можливості самостійно налаштовувати температуру, і залежність від централізованих мереж може бути мінусом у разі аварій або перебоїв у постачанні.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 1.4 - Теплові мережі централізованого опалення, що транспортують теплоносії від котельні до житлових будинків

Індивідуальне опалення (рисунок 1.5), з іншого боку, передбачає використання автономних систем, таких як газові котли, теплові насоси або пелетні котли. Це дає кожному споживачеві можливість контролювати рівень комфорту в своїй оселі або на підприємстві, що дозволяє більш точно адаптувати систему до індивідуальних потреб. Індивідуальні системи також можуть бути більш енергоефективними, оскільки забезпечують постійний контроль за теплопостачанням.



Рисунок 1.5 - Газовий котел, встановлений у приватному будинку, забезпечує автономне опалення та гаряче водопостачання

Комбіноване опалення (рисунок 1.6) поєднує в собі переваги централізованого та індивідуального опалення, що дає можливість підвищити ефективність використання енергії та знизити витрати. Наприклад, комбінована система може включати використання як основного джерела тепла централізованого тепlopостачання, а в разі потреби — індивідуальний обігрів, що дає змогу оперативно реагувати на зміни в температурі або зниження ефективності основного джерела.

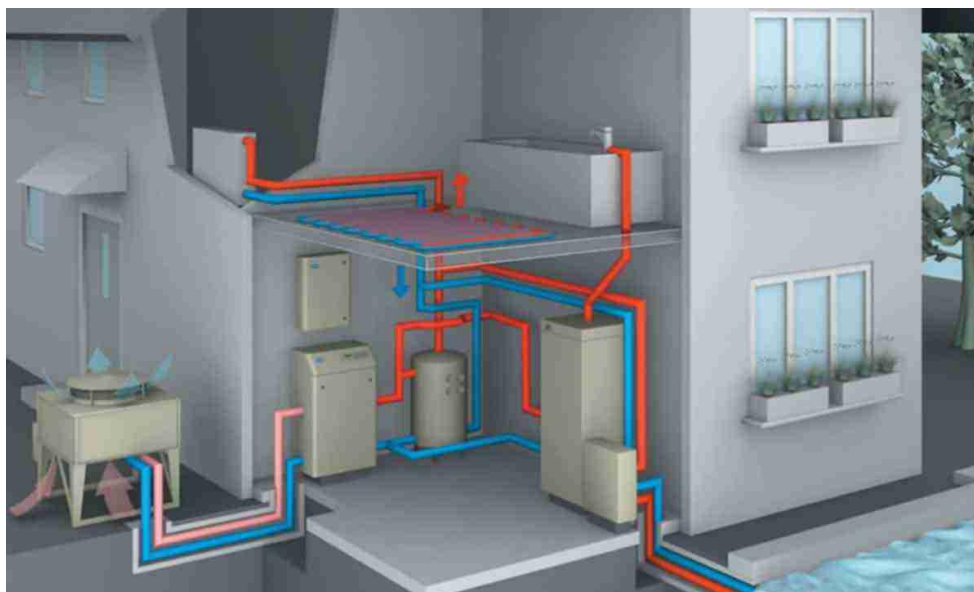


Рисунок 1.6 - Схема комбінованої системи опалення, що поєднує радіатори та теплу підлогу для рівномірного розподілу тепла в приміщенні

Ці принципи мають велике значення для вибору найефективнішої системи опалення залежно від конкретних умов.

Засоби керування опаленням включають різноманітні пристрої та системи, що регулюють температуру, енергоспоживання та забезпечують комфорт. До них належать:

- Термостати: пристрої, які автоматично регулюють температуру в приміщеннях за допомогою сенсорів температури. Вони можуть бути механічними або електронними і дозволяють підтримувати задану температуру без постійної участі людини.

– Ручні та автоматичні регулятори температури: включають клапани, що регулюють подачу тепла до радіаторів або трубопроводів, а також системи, які здійснюють самостійне налаштування температури в залежності від зовнішніх умов і потреб споживачів.

– Розподільні колектори та змішувальні вузли: використовуються в системах теплопостачання для змішування теплоносіїв різної температури і подачі їх до різних частин будівлі або виробничого приміщення.

– Системи автоматизації та моніторингу: застосовуються для управління всіма елементами опалення, збирання даних про енергоспоживання та забезпечення оптимального режиму роботи системи. Ці системи дозволяють знизити витрати енергії та мінімізувати людське втручання в процес.

На рисунку 1.7 представлено основні компоненти сучасної системи керування опаленням.



Рисунок 1.7 - Основні компоненти сучасної системи керування опаленням: а) термостат ; б) регулятор температури; в) колектор; г)система моніторингу

Для того, щоб система опалення була ефективною, безпечною та довговічною, необхідно дотримуватися кількох ключових вимог. Це забезпечить не лише комфорт, а й зниження витрат та мінімізацію ризиків, пов'язаних з експлуатацією систем.

Енергоефективність є однією з основних вимог до систем опалення. Автоматизовані системи повинні забезпечувати регулювання інтенсивності опалення залежно від температури в приміщенні, зовнішніх погодних умов, часу доби та навіть сезону. Це дозволяє значно зменшити споживання енергії, що, в свою чергу, знижує витрати та мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище. Системи керування мають бути здатні працювати в режимі "розумного" обігріву, налаштовуючи температуру для кожного окремого приміщення чи навіть для різних зон одного об'єкта.

Безпека також є ключовим аспектом, оскільки будь-яка система, що працює з теплом та енергетичними ресурсами, повинна мати захист від можливих аварійних ситуацій. Для цього всі компоненти системи повинні бути сертифіковані і відповідати стандартам безпеки. Це включає можливість автоматичного вимкнення системи у разі перегріву, виявлення витоків теплоносія або інших несправностей. Також слід враховувати вимоги до пожежної безпеки, адже навіть незначні помилки в налаштуванні або експлуатації можуть призвести до небезпечних ситуацій.

Зручність у використанні є важливою для того, щоб система опалення була доступною для користувачів, які не завжди мають глибокі технічні знання. Інтерфейс керування повинен бути простим і зрозумілим, а налаштування опалення — інтуїтивно зрозумілим. Можливість швидко змінювати температуру в окремих приміщеннях або навіть автоматичне налаштування на різні режими допомагає значно підвищити рівень комфорту.

Довговічність і надійність обладнання є критично важливими, особливо для промислових об'єктів, де постійна робота системи опалення є необхідною. Використання матеріалів та компонентів високої якості забезпечує стабільну роботу протягом тривалого часу, зменшуючи потребу в частих ремонтах і

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

обслуговуванні. Надійні системи здатні працювати без збоїв, навіть у складних умовах, забезпечуючи стабільний клімат у приміщенні протягом багатьох років.

Ці вимоги разом складають основу для створення ефективних, безпечних та довговічних систем керування опаленням, що відповідають сучасним стандартам комфорту та екологічності.

У сучасних системах опалення технологічні рішення відіграють важливу роль у підвищенні ефективності використання енергії, зниженні витрат та поліпшенні комфорту. Ці рішення застосовуються на всіх етапах роботи системи — від збору даних і аналізу умов до автоматичного регулювання температури. Розглянемо кілька таких підходів.

Інтелектуальні системи управління (розумні термостати) здобули популярність завдяки своїй здатності автоматично адаптувати роботу системи опалення до змінюваних умов. Вони використовують різні сенсори — температури, вологості, руху і навіть часу доби. Це дозволяє налаштовувати температуру в будівлі в залежності від потреб мешканців або працівників. Наприклад, система може автоматично знижувати температуру вночі або коли в кімнатах немає людей. Такі розумні термостати можуть бути інтегровані з мобільними додатками, що дає можливість керувати опаленням віддалено, з будь-якої точки світу, що додає зручності та економії енергії.

Системи зонального опалення дають змогу не лише оптимізувати розподіл тепла по будівлі, але й значно знизити енергоспоживання. Вони дозволяють регулювати температуру в окремих зонах приміщення, з урахуванням функціонального призначення кожної зони. Наприклад, у приміщеннях з невеликою кількістю людей або в кімнатах, де немає постійного перебування персоналу, можна знижувати температуру, а в основних робочих приміщеннях підтримувати комфортну температуру. Це дозволяє значно скоротити витрати енергії, оскільки опалення кожної зони налаштовується відповідно до її потреб.

Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії — це ще один сучасний підхід, який дає можливість зменшити залежність від традиційних

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

джерел енергії, таких як газ або вугілля. Інтеграція сонячних панелей, геотермальних систем або теплових насосів дозволяє знижувати викиди CO₂ та інших шкідливих речовин у атмосферу. Ці джерела енергії є більш екологічно чистими і можуть суттєво зменшити витрати на опалення в довгостроковій перспективі, особливо за рахунок їх низьких експлуатаційних витрат.

На рисунку 1.8 показано схему інтеграції різних джерел енергії в єдину систему опалення. Схема демонструє, як сонячні панелі, тепловий насос та газовий котел працюють разом через тепловий акумулятор для забезпечення ефективного опалення. Тепловий акумулятор виступає як центральний елемент системи, що дозволяє накопичувати та розподіляти теплову енергію від різних джерел.

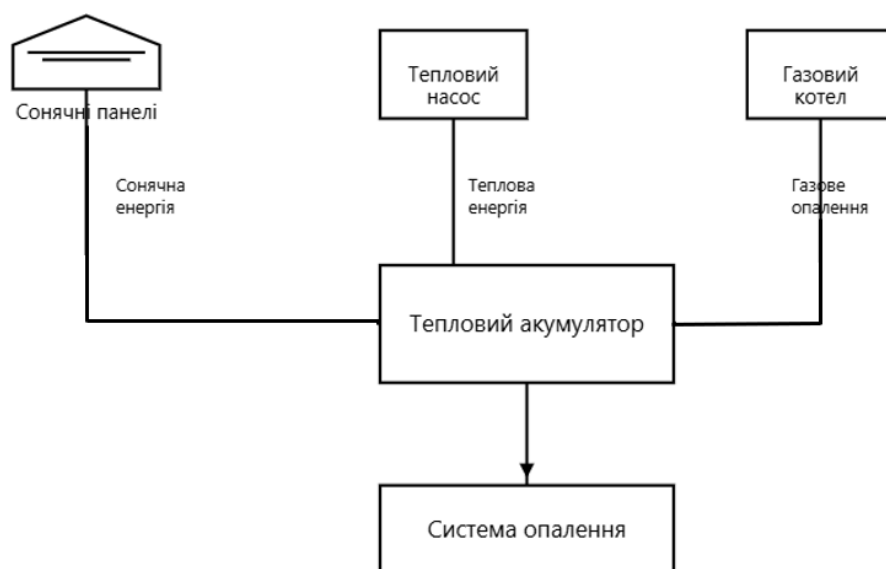


Рисунок 1.8 - Схема інтеграції різних джерел енергії в єдину систему опалення

Системи прогнозування навантаження використовують історичні дані про споживання тепла, погодні умови та інші фактори для аналізу і прогнозування оптимального режиму роботи системи опалення. Ці системи аналізують велику кількість даних і можуть заздалегідь прогнозувати, коли і в яких умовах буде потрібно більше або менше тепла. Це дозволяє системам

опалення працювати більш економно, знижуючи споживання енергії та зменшуючи витрати на опалення в цілому.

Ці технологічні рішення роблять сучасні системи опалення більш ефективними, зручними та екологічними. Вони дозволяють не лише забезпечити комфорт, але й знизити витрати енергоресурсів, що є важливим фактором у сучасному енергетичному середовищі.

Опалення промислових об'єктів має специфічні вимоги та характеристики, які значно відрізняються від тих, що застосовуються для житлових будівель. Промислові об'єкти часто мають великі площі, складні технологічні процеси та потреби в стабільних температурних режимах. Це накладає свої вимоги на проектування та експлуатацію систем опалення. Основні особливості включають:

1. **Великі об'єми приміщень.** Оскільки промислові об'єкти часто мають великі виробничі площі, система опалення повинна бути здатною ефективно обігрівати величезні простори. У таких приміщеннях часто використовуються потужні котли, вентилятори та інші механізми для підтримки стабільної температури. Враховуючи величезні обсяги повітря, система повинна забезпечити рівномірний розподіл тепла та економічно ефективне обігрівання.

2. **Постійна або змінна потреба в теплі.** Температурні потреби на промислових об'єктах можуть змінюватися залежно від часу доби, сезонних факторів або навіть від конкретних технологічних процесів. Наприклад, у деяких виробничих приміщеннях температура повинна підтримуватися на постійному рівні для забезпечення правильної роботи технологічного обладнання. В інших випадках, залежно від виробничого циклу, температура може змінюватися кілька разів на день. Тому системи опалення повинні мати гнучкість у налаштуванні та автоматичне регулювання.

3. **Високий рівень автоматизації.** У промислових об'єктах часто використовується автоматизоване керування системами опалення, що дозволяє значно знизити людський фактор і підвищити точність регулювання. Інтелектуальні системи управління, оснащені сенсорами температури, вологості та руху,

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

забезпечують постійний контроль і регулювання температури без необхідності постійної участі оператора. Це дозволяє оптимізувати енергоспоживання та забезпечити ефективне використання ресурсів.

4. Витривалість до складних умов. Системи опалення на промислових об'єктах повинні витримувати не лише високі температурні навантаження, а й перепади температур, підвищений тиск і агресивне середовище (якщо це потрібно за специфікою виробництва). Наприклад, у деяких галузях, таких як металургія або хімічна промисловість, використовуються системи, здатні працювати в умовах підвищених температур або в приміщеннях, де існують корозійні фактори. Таке обладнання повинно бути виготовлено з матеріалів, стійких до високих навантажень і тривалого впливу агресивних середовищ.

Ці фактори вимагають ретельного підходу до проектування та вибору компонентів системи опалення, щоб забезпечити не лише комфорт, але й стабільну та ефективну роботу промислових об'єктів.

Сучасні системи опалення часто інтегруються з іншими інженерними мережами, такими як вентиляція, кондиціонування, або охолодження. Це створює єдину систему управління мікрокліматом, що дозволяє знизити витрати на експлуатацію та обслуговування. Інтеграція також може включати використання Інтернету речей (IoT), що забезпечує моніторинг і управління через єдиний інтерфейс.

Важливим аспектом сучасних засобів керування опаленням є регулювання енергоспоживання, оскільки оптимізація використання ресурсів має суттєве значення для зменшення витрат і впливу на довкілля. Основними підходами до цього є:

1. Використання енергозберігаючих технологій. Сучасні системи оснащуються обладнанням, яке дозволяє мінімізувати втрати тепла. Наприклад, використання теплоізоляційних матеріалів для трубопроводів та резервуарів дозволяє значно скоротити втрати енергії. Крім того, застосовуються конденсаційні котли, які ефективно використовують тепло продуктів згоряння.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2. **Модульний принцип побудови систем.** У великих промислових об'єктах часто використовуються модульні системи, що складаються з декількох незалежних джерел тепла. Це дозволяє активувати лише необхідну кількість модулів залежно від навантаження, уникаючи непотрібного витрачання енергії.

3. **Автоматизація та програмне управління.** Використання автоматизованих систем дозволяє налаштовувати роботу опалення відповідно до графіку роботи об'єкта, знижуючи температуру в неробочий час. Програмне забезпечення також аналізує енергоспоживання в реальному часі, визначає неефективні ділянки і пропонує варіанти їх оптимізації.

4. **Використання альтернативних джерел енергії.** Підключення відновлюваних джерел енергії, таких як теплові насоси, сонячні колектори або біомаса, забезпечує не лише екологічність, але й значну економію ресурсів.

Незважаючи на досягнення у сфері автоматизації та енергоефективності, існує низка викликів, що постають перед системами керування опаленням:

– **Потреба в адаптації до змін клімату:** зростання частоти екстремальних погодних умов потребує гнучких систем, які здатні ефективно працювати як при дуже низьких, так і при аномально високих температурах.

– **Розширення функціональності:** сучасні системи повинні не лише забезпечувати обігрів, але й інтегруватися з іншими інженерними мережами для комплексного управління мікрокліматом.

– **Доступність та вартість:** впровадження інноваційних технологій часто вимагає значних фінансових витрат, тому важливо забезпечити баланс між вартістю та ефективністю.

Перспективи розвитку систем опалення включають впровадження штучного інтелекту для прогнозування споживання енергії, розширення використання Інтернету речей (IoT) для моніторингу та управління, а також створення більш доступних рішень для масового використання.

Впровадження систем керування опаленням передбачає врахування кількох ключових аспектів. По-перше, важливо забезпечити баланс між

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

енергоефективністю, вартістю обладнання та його технічним обслуговуванням. По-друге, необхідно враховувати екологічність, зокрема, мінімізацію викидів шкідливих речовин та використання екологічно чистих джерел енергії.

Серед найбільш поширених рішень для модернізації опалювальних систем:

- встановлення регуляторів температури безпосередньо на радіаторах,
- модернізація теплообмінників для зменшення втрат тепла,
- використання інфрачервоних обігрівачів у великих виробничих приміщеннях,
- застосування програмного забезпечення для аналізу та прогнозування споживання теплової енергії.

Під час проєктування та встановлення систем важливо враховувати такі фактори, як кліматичні умови, тип і призначення будівлі, доступність енергоресурсів.

Оптимізація систем опалення має декілька позитивних наслідків:

1. **Зниження витрат:** енергоефективні системи дозволяють суттєво скоротити споживання палива або електроенергії.
2. **Підвищення комфорту:** підтримання стабільної температури сприяє створенню комфортного середовища для працівників і відвідувачів.
3. **Довговічність обладнання:** зменшення навантаження на систему сприяє збільшенню терміну експлуатації.

Оптимізація включає налаштування систем відповідно до реальних потреб споживачів, інтеграцію з сучасними технологіями моніторингу, використання матеріалів з високими теплоізоляційними властивостями.

1.3 Порівняльний аналіз засобів керування опаленням

У процесі вибору найбільш ефективної та оптимальної системи керування опаленням важливим етапом є проведення порівняльного аналізу різних

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

технологій, які використовуються в сучасних опалювальних системах. Кожен тип системи має свої переваги та недоліки, залежно від умов експлуатації, бюджету, масштабів об'єкта та специфіки виробничих чи житлових процесів.

1.3.1 Централізоване керування опаленням

Централізовані системи опалення застосовуються в багатоквартирних будинках, великих житлових масивах, а також у деяких промислових комплексах, де є можливість підключення до центральної котельні чи теплоелектричної станції. Ці системи зазвичай характеризуються високою потужністю та здатністю забезпечувати тепло для великої кількості будівель одночасно. Основними компонентами таких систем є котельні установки, які постачають теплоносії до споживачів через теплові мережі.

Основною перевагою централізованого опалення є зручність для користувачів — не потрібно встановлювати власне опалювальне обладнання, що дозволяє зекономити простір та зменшити витрати на обслуговування. Крім того, в централізованих системах часто можна виявити значну економію на енергоресурсах завдяки використанню великих котелень з високим коефіцієнтом корисної дії.

Однак, централізоване опалення має й певні недоліки. Одним з основних мінусів є відсутність гнучкості в регулюванні температури в окремих приміщеннях. Наприклад, якщо в квартирі або на підприємстві потрібна більша або менша температура, в такому випадку є труднощі з її корекцією. Крім того, централізовані системи можуть бути чутливими до технічних проблем у самій мережі або на котельні, що може призвести до тимчасових відключень тепла.

1.3.2 Індивідуальне керування опаленням

Індивідуальне опалення є популярним варіантом для приватних будинків, малих підприємств та окремих приміщень, де користувачі хочуть мати повний контроль над температурним режимом. Індивідуальні системи включають газові котли, пелетні котли, теплові насоси, електричні обігрівачі та інші

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

автономні джерела тепла. Їх основною перевагою є можливість точного налаштування температури в конкретному приміщенні відповідно до потреб користувача.

Завдяки індивідуальному опаленню, споживачі можуть значно знижувати витрати енергії, оскільки система не працює постійно, а включається тільки тоді, коли це необхідно. Також, у разі встановлення більш сучасних систем, таких як теплові насоси або котли, що працюють на поновлюваних джерелах енергії, можна досягнути високої енергоефективності та значно знизити витрати на опалення.

Проте індивідуальні системи мають і свої недоліки. Одним з основних є високі початкові витрати на придбання та встановлення обладнання. Крім того, для ефективної роботи таких систем необхідна регулярна перевірка і обслуговування, що може бути незручним для користувачів. На великих об'єктах або у багатоквартирних будинках встановлення індивідуальних систем опалення може бути не тільки фінансово неприємним, а й технічно складним, оскільки кожна одиниця повинна бути підключена та налаштована окремо.

1.3.3 Автоматизовані системи керування опаленням

Автоматизовані системи керування опаленням є основою сучасних рішень, орієнтованих на підвищення енергоефективності та зручності експлуатації. Ці системи використовують різноманітні сенсори, контролери та програмне забезпечення для автоматичного регулювання температури, зниження витрат енергії та підвищення комфорту. Завдяки використанню таких технологій, як розумні термостати, сенсори вологості, сенсори руху та погодні монітори, ці системи можуть адаптуватися до умов навколишнього середовища, забезпечуючи необхідну температуру в кожному приміщенні за найменших витрат енергії.

Однією з ключових переваг автоматизованих систем є їх здатність до самооптимізації на основі даних про температурні зміни, часу доби, прогнозу погоди та поведінки користувачів. Вони можуть підтримувати стабільну

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

температуру в приміщеннях, навіть у випадках зміни зовнішніх умов, що значно знижує потребу в ручному налаштуванні та зменшує ризик помилок.

Автоматизація також дає змогу інтегрувати системи опалення з іншими інтелектуальними пристроями, наприклад, з системами "розумного дому". Це дозволяє користувачам віддалено керувати температурою за допомогою смартфонів або інших пристроїв, що додає зручності та гнучкості в експлуатації системи.

Однак автоматизовані системи мають і свої недоліки. Вони потребують висококваліфікованих спеціалістів для налаштування та обслуговування, що може збільшити витрати на установку і технічну підтримку. Крім того, вартість такого обладнання може бути значною, що робить його менш доступним для споживачів з обмеженим бюджетом.

1.3.4 Комбіновані системи керування опаленням

Комбіновані системи, які поєднують елементи централізованого і індивідуального опалення, є ефективним рішенням для великих об'єктів, де потрібно враховувати специфічні умови роботи кожної окремої зони. Наприклад, на підприємствах або в великих комерційних будівлях централізоване опалення може постачати тепло для загальних зон, а для окремих приміщень, де необхідно підтримувати специфічний температурний режим, використовуються індивідуальні системи опалення.

Основною перевагою комбінованих систем є гнучкість в управлінні і економія енергії, оскільки можна використовувати централізоване джерело для більшості приміщень, але при цьому мати можливість регулювати температуру в окремих зонах або кімнатах. Це дає змогу знизити витрати на енергію, оскільки теплотехнічні системи працюють лише тоді, коли це необхідно.

Ще однією важливою перевагою комбінованих систем є можливість інтеграції відновлюваних джерел енергії. Наприклад, система може використовувати сонячні панелі або теплові насоси в поєднанні з централізованим або індивідуальним опаленням, що дозволяє знизити

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

залежність від традиційних джерел енергії і досягнути високої енергоефективності.

Проте комбіновані системи потребують складнішого проектування та налаштування. Такі системи потребують детального аналізу енергоспоживання і коректного налаштування кожної з частин системи, що може бути складним і витратним процесом. Крім того, комбіновані системи потребують регулярного моніторингу і технічного обслуговування для забезпечення ефективної роботи всієї системи.

1.3.5 Системи з відновлюваними джерелами енергії

Системи, які використовують відновлювані джерела енергії для опалення, стають все більш популярними через екологічні переваги та економічну вигоду в довгостроковій перспективі. До таких систем можна віднести сонячні колектори, теплові насоси, біогазові котли, а також інші технології, що використовують природні ресурси для генерування тепла.

Сонячні колектори використовують енергію сонця для нагріву води або повітря, що потім передається до системи опалення. Це дозволяє значно знизити витрати на енергоносії, особливо в регіонах з високим рівнем сонячної активності. Теплові насоси, в свою чергу, використовують геотермальну або повітряну енергію для транспортування тепла до приміщень, що робить їх енергоефективними і економічно вигідними в довгостроковій перспективі.

Основною перевагою таких систем є зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, зниження витрат на енергоносії та незалежність від централізованих джерел тепла. Однак існують і недоліки, серед яких висока вартість початкового встановлення та необхідність в додатковому обслуговуванні. Також відновлювані джерела енергії не завжди здатні забезпечити достатній рівень тепла в умовах низьких температур, тому такі системи часто комбінуються з іншими джерелами тепла для забезпечення стабільного опалення.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Такі системи можуть бути особливо ефективними в умовах промислових об'єктів, де необхідно забезпечити сталість температури та максимальну енергоефективність, але вони потребують ретельного планування та налаштування для досягнення оптимальної роботи.

1.3.6 Системи керування опаленням із інтеграцією в "Розумний дім"

Системи керування опаленням, інтегровані в "розумний дім", є одними з найсучасніших та найбільш зручних рішень для автоматизації процесів опалення. Вони забезпечують не тільки зручність в експлуатації, але й високу енергоефективність завдяки здатності системи адаптуватися до змінюваних умов без потреби у втручанні користувача.

Розумні термостати, сенсори руху та вологості, а також програмовані режими, дозволяють налаштовувати опалення в залежності від присутності людей у приміщенні, часу доби або навіть віддалено через мобільний додаток. Інтеграція з іншими елементами "розумного дому", такими як освітлення, безпека чи енергоспоживання, дозволяє створити цілісну систему управління, яка не тільки оптимізує використання тепла, а й підвищує комфорт і безпеку.

Основною перевагою таких систем є можливість повного контролю через інтерфейс на смартфоні або комп'ютері, що дозволяє користувачам налаштовувати параметри опалення, навіть якщо вони не знаходяться в будівлі. Вони також дозволяють контролювати енергоспоживання, що сприяє зниженню витрат на опалення та зменшенню екологічного впливу.

Недоліком таких систем може бути їх висока вартість на етапі початкового встановлення, а також потреба в стабільному підключенні до інтернету для віддаленого керування. Крім того, необхідно забезпечити належний рівень безпеки даних, оскільки будь-яка система, інтегрована в Інтернет, потенційно може бути вразлива до кібератак.

Загалом, системи "розумного дому" є ефективним інструментом для комплексного управління енергією в будівлях, що дозволяє оптимізувати витрати на опалення та інші енергетичні ресурси.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Порівняльний аналіз різних засобів керування опаленням дозволяє визначити найкращі рішення для конкретних умов. Кожен тип системи має свої переваги та недоліки, тому вибір залежить від потреб користувача, розміру об'єкта та вимог до енергоефективності. Розумні системи керування, комбіновані варіанти та інтеграція відновлюваних джерел енергії сприяють зниженню витрат на опалення, підвищенню комфорту та зменшенню навантаження на навколишнє середовище. Однак для забезпечення оптимальної роботи таких систем необхідна їх правильна налаштування та регулярне обслуговування.

1.4 Постановка задачі

Кожна система керування опаленням, незалежно від її типу, має свої недоліки та обмеження. У випадку централізованого опалення, яке забезпечує тепло для багатьох будівель, часто спостерігаються обмеження в гнучкості налаштувань. Такі системи не дозволяють точно регулювати температуру в окремих приміщеннях, що може призвести до дискомфорту для користувачів. Вони можуть бути неефективними в умовах змінних кліматичних умов або потреб у різних температурах для різних зон будівлі. Крім того, централізовані системи можуть мати значні витрати на підтримку та обслуговування, оскільки інфраструктура, що обслуговує велику кількість об'єктів, потребує значних фінансових вкладень і ресурсів.

Індивідуальні системи опалення, з іншого боку, дають можливість точного налаштування температури в окремих приміщеннях, що підвищує комфорт, однак такі системи часто потребують великих фінансових і енергетичних витрат на експлуатацію, особливо в промислових об'єктах, де потреба в обігріві значно більша. Крім того, індивідуальні системи зазвичай не інтегровані з сучасними технологічними рішеннями, такими як автоматизація або інтеграція з відновлюваними джерелами енергії, що обмежує їхню ефективність в умовах постійно змінюваних потреб та енергетичних вимог.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У зв'язку з цим розроблювана система керування опаленням для автоматичної самообслуговування повинна мати комплекс характеристик, що дозволяють усунути ці недоліки. Вона повинна бути енергоефективною, здатною до автоматичного налаштування температурних параметрів залежно від погодних умов, часу доби та інтенсивності використання приміщень. Такий підхід дозволить значно знизити витрати енергії та забезпечити оптимальний температурний режим у кожному секторі без зайвих затрат на підтримку температури в непотрібних зонах. Наприклад, якщо автоматика не працює на повну потужність, система може автоматично знизити температуру в тих зонах, де це не критично, що значно зекономить енергію.

По-друге, система повинна бути гнучкою і адаптивною до змін у навколишньому середовищі. Вона має бути здатною інтегруватися з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні панелі, геотермальні системи або теплові насоси. Це дозволить знизити залежність від традиційних джерел енергії та зменшити вплив на навколишнє середовище, сприяючи досягненню більшої екологічної стійкості. Із застосуванням таких рішень можна значно зменшити витрати на енергію та знизити рівень викидів парникових газів, що є важливою частиною стратегії екологічної відповідальності для сучасних підприємств.

Крім того, розроблювана система має бути простою в експлуатації та керуванні. Система повинна бути оснащена інтерфейсами для віддаленого керування, що дозволить користувачам дистанційно налаштовувати температуру через мобільні додатки або інтегрувати її з іншими технологіями "розумного дому". Це дозволить знизити потребу в постійному фізичному контролі за роботою системи, збільшить зручність для користувачів і дасть можливість оперативно реагувати на зміни в умовах експлуатації. Всі ці особливості роблять систему не лише зручною, але й надійною у використанні, що забезпечує високий рівень комфорту при мінімальних витратах часу і ресурсів.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

Для досягнення максимальної ефективності, система також повинна мати механізми самодіагностики та автоматичного вимкнення при виникненні аварійних ситуацій. Це дозволить мінімізувати ризики поломок та підтримувати стабільну роботу без постійного нагляду з боку персоналу.

Загалом, розроблювана система повинна бути комплексним рішенням, яке поєднує енергоефективність, гнучкість, зручність експлуатації та високу надійність, що відповідає вимогам сучасних технологій і потребам промислових об'єктів, таких як автомийки самообслуговування.

Розроблювана система керування опаленням повинна також бути надійною і стійкою до можливих аварійних ситуацій. Для цього вона повинна мати вбудовані механізми самодіагностики, що дозволяють вчасно виявляти будь-які несправності та автоматично вживати заходів для їх усунення. Якщо система виявляє перевищення заданих температурних режимів або інші неполадки, вона повинна автоматично вимикатися або переводитися в безпечний режим, що мінімізує ймовірність пошкоджень. Така функціональність допомагає уникнути серйозних аварійних ситуацій, які можуть призвести до великих витрат на ремонт, а також забезпечує безперебійну роботу системи, не допускаючи її виходу з ладу в критичний момент.

Надійність також передбачає вміння системи адаптуватися до змін зовнішніх факторів. Це може включати автоматичне коригування температури в разі різких змін погодних умов або в разі змін у внутрішньому середовищі приміщення, що створює додатковий рівень безпеки і стабільності в її роботі. Також важливим є врахування ситуацій, коли певні компоненти системи можуть вийти з ладу, забезпечивши в таких випадках ефективні резервні рішення, щоб не призводити до довготривалих перебоїв у роботі.

Одним із важливих аспектів є мінімізація впливу людського фактору. Керування опаленням має бути автоматизованим настільки, щоб користувач не мав потреби постійно регулювати параметри роботи системи. Автоматичне налаштування температури на основі таких змінних, як температура повітря,

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

вологість, час доби або навіть режим роботи об'єкта, значно знижує потребу в ручному втручанні. Таким чином, користувач може просто налаштувати початкові параметри, а система автоматично їх підтримує, реагуючи на зміни у середовищі, що підвищує комфорт і зменшує енергетичні витрати.

Крім того, важливим аспектом є економічна вигода розроблюваної системи. Враховуючи високі експлуатаційні витрати традиційних систем опалення, зокрема в промислових об'єктах, де постійно підтримуються високі температури в різних зонах, нова система має забезпечити значну економію енергоресурсів. Це дозволить зменшити витрати на енергозабезпечення, що особливо актуально для автоматизованого самообслуговування, де необхідно зберігати баланс між економією та підтриманням комфортних умов для клієнтів. Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні панелі чи теплові насоси, дозволяє знизити залежність від традиційних джерел енергії, що сприяє зменшенню витрат на експлуатацію в довгостроковій перспективі.

Таким чином, основна задача розробки цієї системи — інтеграція передових технологій, які забезпечують енергоефективність, зручність в експлуатації, безпеку та надійність. Система має бути не лише технічно досконалою, але й максимально адаптованою до специфічних потреб об'єкта, що дозволяє знизити експлуатаційні витрати та значно покращити ефективність функціонування автоматизованого самообслуговування. Звичайно, це дозволить зробити бізнес більш конкурентоспроможним, скоротивши час на обслуговування та підвищивши якість надання послуг для кінцевих споживачів.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

2. РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ОПАЛЕННЯ АВТОМИЙКИ

2.1 Розроблення структурної схеми системи керування системою опалення автомийки

Розробка ефективної системи керування опаленням автомийки самообслуговування вимагає комплексного підходу з урахуванням всіх особливостей об'єкта. Структурна схема такої системи повинна відображати взаємозв'язок всіх компонентів та забезпечувати надійне функціонування об'єкта в різних режимах роботи.

Центральним елементом системи керування є головний контролер, який виконує функції збору та обробки інформації від усіх сенсорів, прийняття рішень щодо керування виконавчими механізмами та забезпечення взаємодії з оператором. Контролер працює за заданим алгоритмом, який враховує різні режими роботи автомийки та зовнішні фактори.

Система сенсорів є важливою складовою, що забезпечує отримання інформації про поточний стан об'єкта. В системі опалення автомийки використовуються наступні сенсори температури:

- зовнішній сенсор для вимірювання температури навколишнього середовища;
- сенсори температури теплоносія в системі (на вході і на виході радіаторів чи теплої підлоги);
- сенсори температури води гарячого водопостачання.

Блок керування опаленням є ключовою підсистемою, яка відповідає за підтримання заданого температурного режиму. Важливою особливістю є можливість незалежного регулювання температури в різних зонах автомийки, що дозволяє створити оптимальні умови як для клієнтів, так і для обладнання.

Система керування водопостачанням тісно пов'язана з системою опалення, оскільки забезпечує підготовку води необхідної температури для

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

миття автомобілів. Вона включає керування бойлером та циркуляційними насосами, забезпечуючи постійну наявність гарячої води необхідної температури.

Інтерфейс оператора реалізується через панель керування. Панель керування забезпечує можливість локального контролю та налаштування параметрів системи, відображення поточного стану обладнання та аварійних сигналів. Система віддаленого доступу дозволяє здійснювати моніторинг та керування об'єктом через інтернет, що особливо важливо для автомийок самообслуговування, які працюють без постійної присутності персоналу.

Для забезпечення безпеки об'єкта система оснащена сенсорами аварійних ситуацій, які контролюють критичні параметри роботи обладнання та інженерних систем. У разі виникнення нештатних ситуацій система автоматично переходить в безпечний режим роботи та сповіщає відповідальний персонал.

На рисунку 2.1 зображена розроблена структурна схема, яка відображає всі основні компоненти системи та зв'язки між ними.

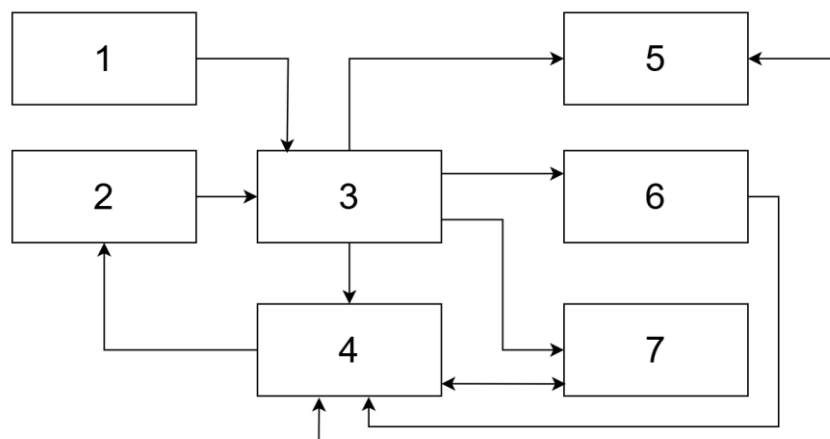


Рисунок 2.1 - Структурна схема системи керування опаленням на автомийці

На даній схемі позначені наступні елементи:

- 1 – модуль сонячних панелей;
- 2 – котел;

- 3 – теплоаккумулятор;
- 4 – контролер;
- 5 – система гарячого водопостачання;
- 6 – контури опалення коробів з трубопроводами;
- 7 – контури теплої підлоги.

Теплоаккумулятор (3) дозволяє накопичувати тепло від сонячних панелей (1) та інших джерел тепла, які не можуть бути ефективно використані в потрібний момент, а також слід звернути увагу, що деякі прилади зокрема газові та твердопаливні котли не допускають подачу в них холодного теплоносія (3-5°C або нижче), оскільки це значно знижує їх робочий ресурс, притому що для теплої підлоги (7) на вулиці це нормальна робоча температура теплоносія, оскільки основна її функція, це запобігати утворенню льоду на поверхні.

Центральний контролер (4) здійснює загальне керування системою, отримуючи інформацію від різних сенсорів та передаючи керуючі сигнали на виконавчі механізми відповідних блоків. Блоки керування опаленням та водопостачанням узгоджено для забезпечення оптимальних умов роботи автомийки.

Така організація системи керування забезпечує:

- надійний контроль температурних режимів у всіх зонах автомийки;
- ефективне використання енергоресурсів;
- швидке реагування на зміну зовнішніх умов;
- захист обладнання від аварійних ситуацій;
- зручність експлуатації та обслуговування;
- можливість віддаленого моніторингу та керування.

Впровадження розробленої системи керування дозволяє автоматизувати процеси регулювання мікроклімату в приміщеннях автомийки, забезпечуючи

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

комфортні умови для клієнтів та оптимальні режими роботи обладнання при мінімальних енергетичних витратах.

Алгоритм роботи системи керування базується на постійному моніторингу параметрів середовища та стану обладнання. При цьому відбувається безперервний цикл операцій: збір даних з сенсорів, їх обробка, прийняття рішень щодо керування та передача команд на виконавчі механізми.

Система працює в декількох режимах: нормальний режим роботи, економний режим (при відсутності клієнтів), посилений режим (при низьких зовнішніх температурах) та аварійний режим. Перемикання між режимами відбувається автоматично залежно від поточних умов.

Взаємодія компонентів системи організована наступним чином: сенсори температури та вологості постійно передають інформацію до центрального контролера. На основі цих даних та заданих уставок контролер формує керуючі сигнали для різних підсистем. Наприклад, якщо температура в миючому боксі опускається нижче заданої, активується система теплої підлоги та повітряні завіси.

Важливим аспектом є забезпечення енергоефективності. Система постійно оптимізує роботу обладнання, уникаючи надмірного нагріву приміщень та забезпечуючи раціональне використання енергоресурсів. Це досягається завдяки використанню погодозалежного регулювання.

В розробленій структурній схемі також передбачена можливість подальшої модернізації системи, наприклад, підключення додаткових сенсорів чи розширення функціоналу системи керування. Гнучкість архітектури дозволяє адаптувати систему під конкретні потреби та умови експлуатації.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

2.2 Розробка функціональної схеми системи

Функціональна схема системи керування опаленням автомийки самообслуговування відображає детальні зв'язки між компонентами та особливості перетворення сигналів (рисунок 2.2).

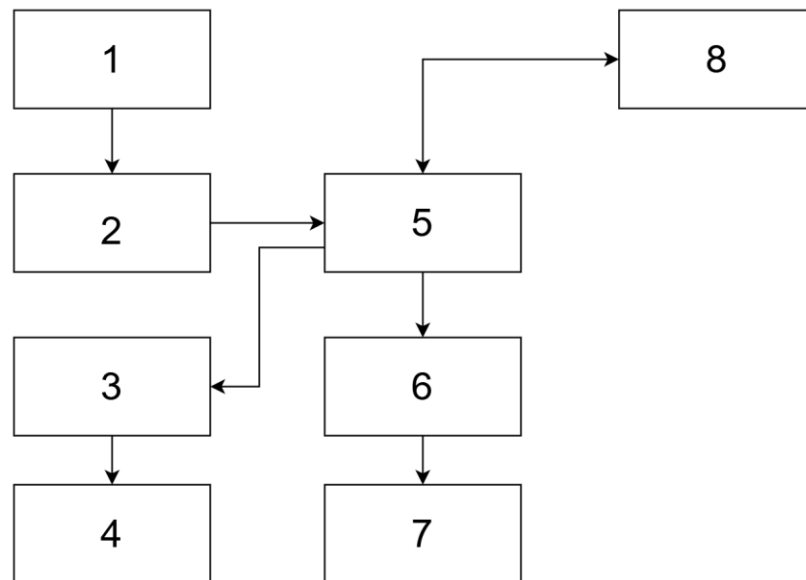


Рисунок 2.2 – Функціональна схема системи керування опаленням

На даному рисунку позначені наступні елементи:

1. сенсори температури;
2. модуль вводу аналогових сигналів;
3. модуль виводу аналогових сигналів;
4. приводи триходових клапанів з аналоговим керуванням;
5. ПЛК;
6. модуль релейних виходів;
7. циркуляційні помпи системи опалення;
8. HMI.

Центральний контролер (5) отримує аналогові сигнали від сенсорів температури(1), які після перетворення в цифрову форму за допомогою модуля введення аналогових сигналів(2) обробляються для прийняття рішень. Діапазон

вимірювання температури зовнішніх сенсорів становить від -50 до +50°C, внутрішніх від 0 до +40°C.

Керування виконавчими механізмами здійснюється за допомогою аналогових сигналів 0-10В за допомогою модуля формування аналогових сигналів(3) для забезпечення плавного регулювання та за допомогою модулів релейних виходів (6) здійснюється керування помпами(7).

Інтерфейс оператора реалізований через сенсорну панель (8) з графічним дисплеєм. Це забезпечує моніторинг та налаштування всіх необхідних параметрів системи: поточних значень температури, стану обладнання, заданих уставок та режимів роботи.

Аварійна сигналізація працює незалежно від основної системи керування та має власне резервне живлення. При виникненні аварійних ситуацій формуються дискретні сигнали тривоги, які активують світлову та звукову сигналізацію, а також відправляють повідомлення через GSM-модуль на визначені номери телефонів.

Система архівування даних забезпечує запис всіх важливих параметрів роботи обладнання у внутрішню пам'ять контролера. Архівуються значення температури, вологості, стани обладнання та аварійні ситуації з часовою міткою. Період запису параметрів становить 1 хвилину для аналогових значень та запис за зміною стану для дискретних сигналів. Глибина архіву - до 6 місяців при циклічному перезапису даних.

Діагностичні функції системи включають постійний моніторинг справності сенсорів через контроль виходу сигналів за допустимі межі та перевірку достовірності даних. Для аналогових сенсорів контролюється обрив лінії та коротке замикання. Система також дозволяє відстежувати час напрацювання обладнання та формування повідомлення про необхідність технічного обслуговування.

Розроблена функціональна схема системи керування опаленням автомийки самообслуговування дозволяє забезпечити повну автоматизацію всіх процесів підтримки мікроклімату. Визначені типи сигналів, діапазони

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

вимірювань, способи перетворення та передачі даних між компонентами системи гарантують надійну та ефективну роботу обладнання. Комплексний підхід до керування, який включає моніторинг параметрів, архівування даних, діагностику обладнання та захист від аварійних ситуацій, дозволяє оптимізувати енергоспоживання при забезпеченні комфортних умов для клієнтів. Гнучкість системи та можливість віддаленого керування роблять її зручною в експлуатації та обслуговуванні, а наявність різних рівнів захисту забезпечує безпечну роботу автоматйки в будь-яких умовах.

2.3 Розробка блок-схеми алгоритму роботи системи

У процесі автоматизації системи керування опаленням автоматйки самообслуговування важливим етапом є розробка алгоритму роботи системи. Алгоритм повинен враховувати всі можливі режими роботи, забезпечувати обробку аварійних ситуацій та оптимальне керування обладнанням для підтримки заданих параметрів мікроклімату. Чітко розроблений алгоритм є основою для подальшого програмування контролера та забезпечення надійної роботи всієї системи.

На рисунку 2.3 представлена блок-схема алгоритму роботи системи керування опаленням автоматйки самообслуговування.

Алгоритм роботи системи починається з перевірки змін налаштувань та відповідного їх збереження. Наступним етапом йде ініціалізація, під час якої відбувається початкове налаштування всіх компонентів системи, перевірка зв'язку з сенсорами та виконавчими механізмами. Після успішної ініціалізації система переходить до циклічного виконання основного алгоритму.

Оскільки в системі прогнозується використання 5-контурів регулювання, та самі параметри як зчитуваних значень так і методів впливу є однаковими, то організовується цикл з 5-ти ітерацій.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

В якому зчитуються параметри з сенсорів температури системи та відповідно до налаштувань, здійснюється зміна параметрів триходових клапанів.

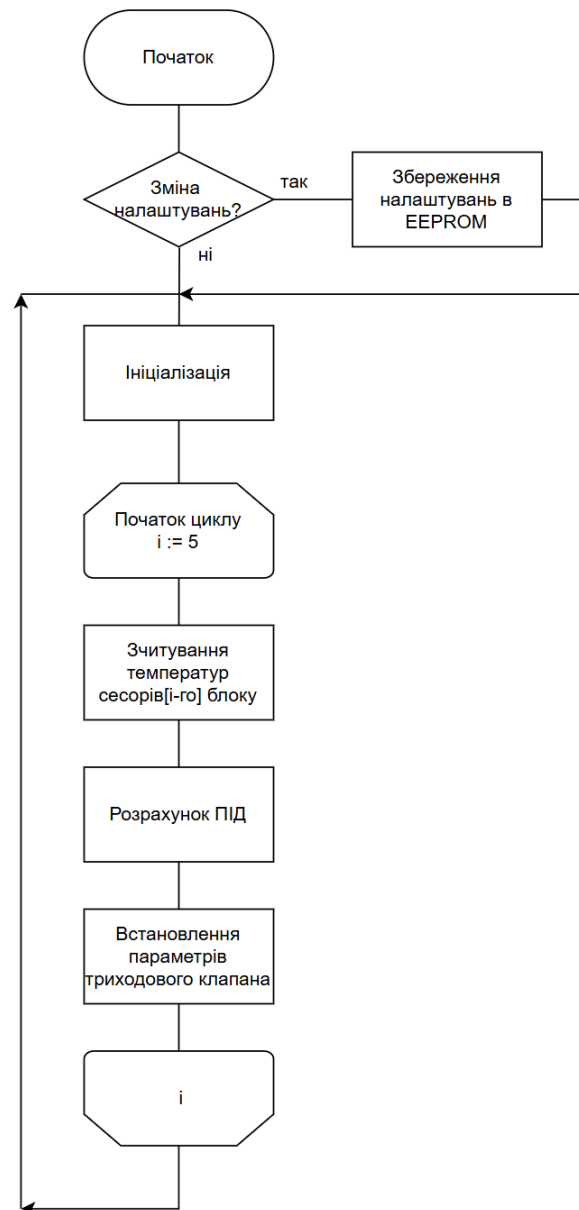


Рисунок 2.2 Блок-схема алгоритму роботи системи керування опаленням автоматйки самообслуговування

Отримані дані перевіряються на достовірність та відсутність аварійних ситуацій.

У разі виявлення аварійних сигналів система негайно переходить в аварійний режим роботи. При цьому активується система сповіщення

оператора, відбувається запис аварійної ситуації в журнал подій та виконуються необхідні дії для забезпечення безпечного стану обладнання. Система продовжує працювати в аварійному режимі до усунення несправності та підтвердження відновлення нормальної роботи.

В кожному з режимів система контролює температуру в кожному з контурів системи опалення автоматично. Якщо температура відхиляється від заданих значень, виконується корекція параметрів опалення. Це включає регулювання потужності теплої підлоги.

Після виконання керуючих впливів всі поточні параметри системи та події записуються в архів даних. Це забезпечує можливість подальшого аналізу роботи системи та оптимізації її налаштувань.

Цикл роботи алгоритму повторюється безперервно до отримання команди зупинки. При надходженні такої команди система коректно завершує роботу всіх компонентів та переходить в режим очікування.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОПАЛЕННЯМ НА АВТОМІЙЦІ

3.1 Вибір обладнання для побудови системи керування опаленням

Для забезпечення надійної роботи системи опалення на автомобілі самообслуговування критично важливим є точний та стабільний контроль температури води, повітря або теплоносія в умовах частих перепадів температури, високої вологості та можливого забруднення. Враховуючи ці особливості, для проектування системи керування опаленням доцільним є використання температурних сенсорів Pt1000, які базуються на платинових термоперетворювачах опору. Зовнішній вигляд сенсорів на основі терморезистора Pt1000 наведено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд сенсорів Pt1000 у різних виконаннях.

Основними перевагами сенсорів Pt1000 є:

Висока точність вимірювання: сенсори Pt1000 забезпечують точність на рівні $\pm 0,1 \dots \pm 0,3$ °C у робочому діапазоні температур, що є достатнім для задач енергозбереження та захисту від замерзання.

Висока стабільність і довговічність: платинові елементи мають низьку дрейфову похибку з часом, що дозволяє уникнути частого обслуговування або калібрування.

Низький вплив опору дротів підключення: на відміну від сенсорів Pt100 (100 Ом при 0 °C), Pt1000 мають у 10 разів вищий номінальний опір (1000 Ом

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

при 0 °C), що зменшує вплив паразитного опору кабелів — особливо важливо при встановленні сенсорів на значній відстані від контролера.

Сумісність з промисловими контролерами: більшість сучасних ПЛК і терморегуляторів підтримують пряме підключення Pt1000, що спрощує інтеграцію та зменшує кількість допоміжної електроніки.

Таким чином, застосування Pt1000 є оптимальним рішенням для автоматизованої системи керування опаленням автомийки, забезпечуючи точність, надійність і енергоефективність в складних умовах експлуатації.

У системах опалення, зокрема в умовах автомийки самообслуговування, важливо не лише забезпечити достатню подачу тепла, але й точно підтримувати оптимальну температуру теплоносія, щоб уникнути перевитрати енергії, запобігти перегріванню обладнання та забезпечити комфортну температуру для користувачів. З цією метою доцільно застосовувати триходовий регулятор (клапан), який дозволяє ефективно реалізувати функцію підмішування.

Триходовий клапан працює за принципом змішування гарячого теплоносія з подаючого трубопроводу з охолодженим зворотним потоком, забезпечуючи на виході стабільну температуру. Це дозволяє:

Гнучко регулювати температуру теплоносія відповідно до зовнішніх умов (наприклад, у холодну пору року подавати більш гарячий теплоносій, а в міжсезоння — зниженої температури).

Зменшити споживання енергії завдяки точному дозуванню тепла.

Захистити обладнання (зокрема, труби, насоси, мийні пістолети) від перегріву або гідроударів, пов'язаних із занадто гарячою водою.

Підвищити комфорт користувача за рахунок стабільної температури води в мийному посту.

Зовнішній вигляд тривходового клапана наведено на рисунку 3.2

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 3.2 - Зовнішній вигляд триходового клапана.

Триходовий регулятор може керуватись електроприводом або термостатичним елементом, залежно від вимог до точності та швидкості реакції системи. У поєднанні з температурним сенсором (наприклад, Pt1000), та контролером, триходовий клапан формує просту, надійну та енергоефективну систему підтримання температури, оптимізовану під умови автоматизації.

Таким чином, використання триходового регулятора є технічно обґрунтованим і доцільним рішенням для забезпечення стабільної температури теплоносія в системах опалення і водопідготовки автоматизації.

Принцип роботи триходового регулятора наведено на рисунку 3.3.

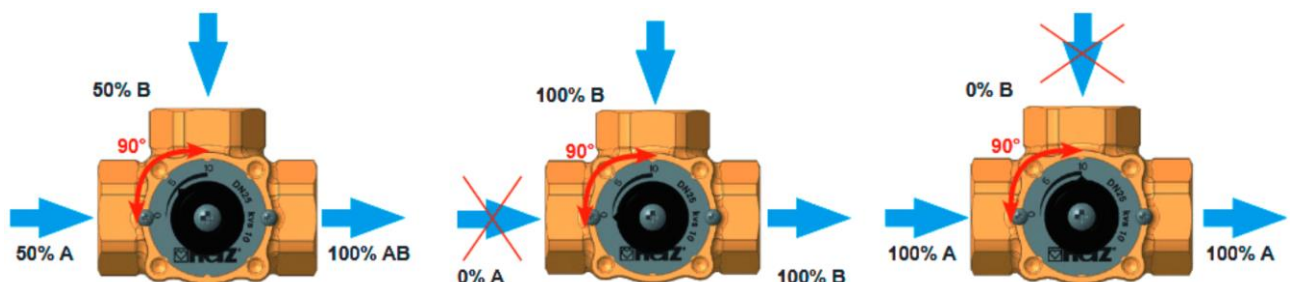


Рисунок 3.3 - Принцип роботи триходового регулятора

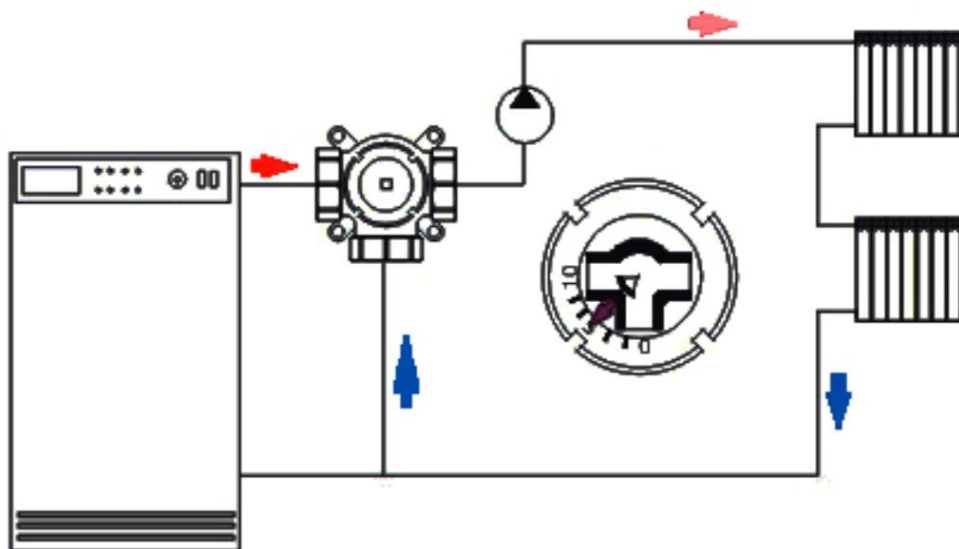


Рисунок 3.4 – Приклад схеми встановлення триходового клапана

Також слід зазначити що подавання холодної води безпосередньо в гарячий котел опалення є неприпустимим через низку технічних і безпекових причин. Головна проблема полягає у термічному шокові — раптовому охолодженні гарячих елементів конструкції котла. Такий перепад температур призводить до деформацій та мікротріщин у теплообміннику, особливо якщо він виготовлений із чавуну або сталі. З часом це значно знижує ресурс обладнання й може призвести до розгерметизації або навіть аварійного виходу з ладу.

Крім того, при подачі холодної води в працюючий котел виникає нерівномірний нагрів води в контурі, що спричиняє утворення парових пробок, кавітації в насосах та гідроударів, які можуть пошкодити трубопровідну арматуру. Це також погіршує циркуляцію теплоносія та знижує ефективність опалення.

З метою захисту котла та забезпечення стабільної роботи системи, холодна вода повинна попередньо підігріватись або подаватись дозовано через триходовий клапан, який змішує її з гарячою зворотною лінією до досягнення безпечної температури. У сучасних системах котли часто обладнуються запобіжною автоматикою, що блокує розпалювання пальника при надто низькій температурі зворотного теплоносія.

Таким чином, пряме подавання холодної води в гарячий котел є небезпечним і технічно неправильним. Для уникнення пошкоджень і продовження терміну служби обладнання необхідно передбачити відповідні елементи регулювання температури в системі опалення.

При виборі приводу для триходового змішувального крана в системі опалення важливими критеріями є надійність, сумісність із типом крана, точність регулювання положення, простота інтеграції в систему автоматики та довговічність. Враховуючи ці вимоги, було обрано електротермічний привід HERZ, як оптимальне рішення для керування положенням змішувального елемента (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 - Привід HERZ

HERZ є визнаним виробником інженерної сантехніки та автоматизованої арматури, чия продукція зарекомендувала себе стабільною роботою у складних умовах експлуатації, зокрема у системах опалення та охолодження. Електроприводи HERZ мають компактну конструкцію, низьке енергоспоживання, безшумну роботу та захист від перевантажень. Завдяки стандартному монтажному інтерфейсу (наприклад, з'єднанню типу M30x1,5), вони легко встановлюються на більшість змішувальних та розподільчих клапанів HERZ та інших виробників.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Приводи HERZ доступні з керуванням по сигналу 0–10 В або 3-точковим управлінням, що дозволяє легко інтегрувати їх у сучасні системи автоматики опалення на базі ПЛК або кімнатних термостатів. Тривалий ресурс роботи (до 100 000 циклів), термозахист та можливість ручного керування у деяких моделях забезпечують надійність та зручність в експлуатації.

Таким чином, вибір HERZ як виробника електропривода для триходового крана зумовлений технічною сумісністю, простотою обслуговування, високою якістю та відповідністю вимогам автоматизованих систем регулювання температури в опалювальних установках.

У системах автоматизованого керування опаленням ключовим елементом є циркуляційний насос, який забезпечує безперервний рух теплоносія по замкненому контуру, тим самим підтримуючи стабільну температуру в приміщеннях та ефективну роботу котельного обладнання. Для реалізації такої задачі доцільним є використання насосного обладнання Wilo, що поєднує високу енергоефективність, надійність та сучасні можливості автоматизації.

Продукція німецького виробника Wilo відзначається якісною конструкцією, тривалим терміном служби та низьким рівнем шуму. Сучасні моделі насосів, такі як Wilo-Yonos PICO або Wilo-Stratos PICO, оснащені електронним керуванням швидкістю обертання, що дозволяє автоматично адаптувати потужність до потреб системи. Це значно зменшує енергоспоживання та знижує зношування елементів системи.

Додатковою перевагою насосів Wilo є наявність інтуїтивного інтерфейсу налаштування, індикації потужності та об'ємного потоку, а також підтримка таких режимів, як пропорційне тискорегулювання ($\Delta p-v$) та постійний тиск ($\Delta p-s$). Це дозволяє точно налаштовувати гідравлічний режим відповідно до типу системи (радіаторне опалення, тепла підлога тощо). Зовнішній вигляд циркуляційної помпи Wilo наведено на рисунку 3.6.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 3.6 - Зовнішній вигляд циркуляційної помпи Wilo

Таким чином, вибір циркуляційного насоса Wilo забезпечує:

- енергоефективну роботу з мінімальним споживанням електроенергії;
- високу надійність і довговічність;
- простоту монтажу та налаштування;
- сумісність із сучасними системами автоматичного керування опаленням.

Це робить Wilo оптимальним вибором для реалізації ефективної та стабільної системи циркуляції теплоносія в побутових та комерційних опалювальних установках.

Для реалізації задач автоматизації системи керування опаленням, вентиляцією, подачею води чи іншими інженерними мережами об'єкта доцільним є використання програмованого логічного контролера з вбудованою сенсорною панеллю, зокрема серії СПК1xx виробництва ТОВ "АКУТЕК".

Контролери серії СПК1xx поєднують у собі функціонал повноцінного ПЛК (з можливістю програмування у середовищі CODESYS V3) та графічний операторський інтерфейс, що дає змогу реалізувати як логіку керування, так і зручну візуалізацію процесів на одному пристрої. Це значно зменшує загальну

кількість обладнання та спрощує монтаж. Зовнішній вигляд сенсорного панельного контролера наведено на рисунку 3.7



Рисунок 3.7 - Зовнішній вигляд сенсорного панельного контролера СПК1хх

Переваги вибору СПК1хх:

- Все в одному: контролер, панель оператора і комунікаційний шлюз в одному пристрої;
- Програмування у CODESYS V3 – стандартне середовище, яке підтримує кілька мов (LD, ST, FBD, SFC) і відповідає IEC 61131-3;
- Високий рівень надійності та адаптованість до роботи в промислових умовах;
- Широкий набір інтерфейсів: RS-485/232, Ethernet, CAN, USB, що дає змогу легко інтегрувати контролер у існуючі мережі;
- Вбудована підтримка протоколів Modbus RTU/TCP, OPC UA, MQTT — важливо для зв'язку з периферією та хмарними сервісами;
- Сенсорний TFT-дисплей з роздільною здатністю від 480×272 до 800×480 пікселів залежно від моделі — для реалізації зручного інтерфейсу користувача.

Крім того, контролери СПК1хх мають компактні розміри, живлення 24 В, низьке споживання електроенергії, а також можливість роботи в умовах від –20 °С до +60 °С, що робить їх придатними до встановлення навіть у складних середовищах. На рисунку 3.8 наведено функціональну схему СПК1хх.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

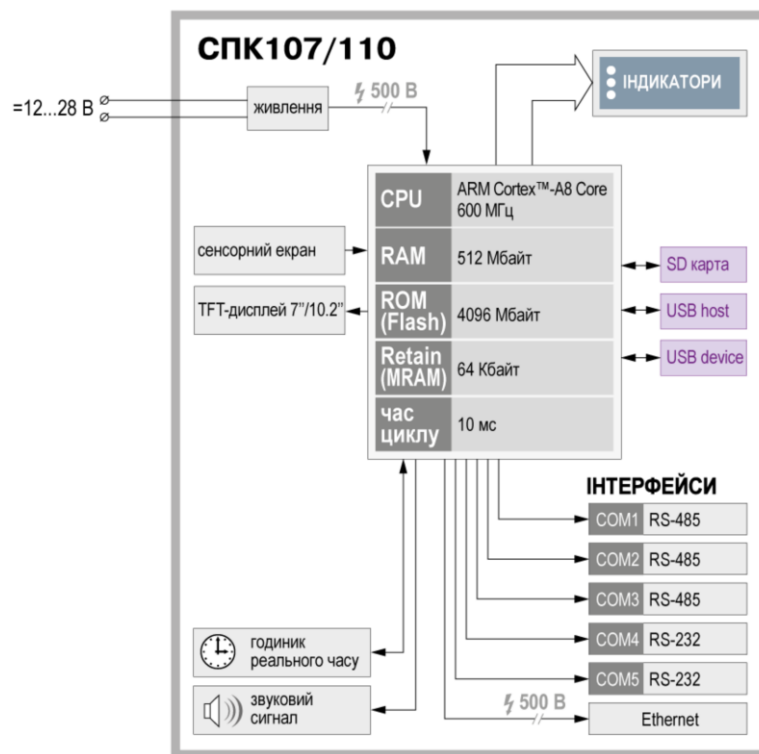


Рисунок 3.8 - Функціональна схема СПК1хх

Завдяки гнучкості програмування, простоті інтеграції та підтримці стандартних протоколів, СПК1хх є оптимальним вибором для реалізації компактної, функціональної та економічно доцільної системи автоматизації на об'єкті малого або середнього масштабу.

Для зчитування аналогових сигналів з температурних сенсорів, сенсорів тиску, рівня чи інших аналогових сенсорів у системі керування опаленням, вентиляцією або іншими інженерними мережами доцільно використовувати окремий модуль аналогових входів. У даному проєкті вибрано модуль MB110-8A, який відповідає технічним, функціональним і економічним вимогам системи (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 - Зовнішній вигляд MB110-8A

Модуль MB110-8A виробництва ТОВ «АКУТЕК» забезпечує:

- 8 незалежних аналогових входів з високою роздільною здатністю;
- підтримку широкого спектра сигналів: 0–5 В, 0–10 В, 4–20 мА, 0–20 мА — що дозволяє підключати різні типи сенсорів без додаткової адаптації;
- точність вимірювання до 0,1%, що важливо для стабільного регулювання температури та інших параметрів;
- комунікацію через Modbus RTU по інтерфейсу RS-485, що дозволяє легко інтегрувати модуль у будь-яку систему автоматизації, зокрема до контролерів серії СПК1xx або інші сумісні ПЛК;
- гальванічну розв'язку між входами та живленням/інтерфейсом — для підвищення електробезпеки та захисту від перешкод.

Модуль має компактне виконання на DIN-рейку, що полегшує монтаж у стандартних електрощитових шафах, а також працює в широкому температурному діапазоні (від –20 до +60 °С), що робить його придатним для використання в технічних приміщеннях або на об'єктах із нестабільним мікрокліматом.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		52

Таким чином, MB110-8A є оптимальним рішенням для збору аналогових даних у складі системи автоматизації: він сумісний із сучасними ПЛК, забезпечує точність, надійність і масштабованість системи без зайвих витрат на складне додаткове обладнання.

Для реалізації точного керування виконавчими механізмами в системі опалення, зокрема аналоговими приводами HERZ, які приймають керуючий сигнал 0–10 В, необхідне надійне джерело аналогового керування. В цьому проєкті для таких задач обрано модуль аналогового виводу МУ110-8И виробництва АКУТЕК (рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 - Зовнішній вигляд МУ110-8И

Основні причини вибору даного модуля:

- Підтримка 8 незалежних аналогових каналів 0–10 В, що дозволяє керувати кількома приводами або іншими виконавчими пристроями без необхідності у додаткових модулях;
- Висока точність і стабільність вихідного сигналу, що критично для забезпечення коректного положення змішувального клапана HERZ і, відповідно, для досягнення бажаних температурних параметрів теплоносія;
- Стандартний інтерфейс Modbus RTU (RS-485) забезпечує просту інтеграцію з панельними ПЛК (наприклад, серії СПК1xx) і легко масштабується в межах системи автоматизації;

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- Гальванічна розв'язка між каналами та шиною зв'язку — для захисту від впливу електричних завад і підвищення надійності системи в умовах промислової експлуатації;
- Компактне виконання для монтажу на DIN-рейку, що відповідає сучасним вимогам до організації щитового простору.

Завдяки стабільному і точному керуючому сигналу 0–10 В, модуль МУ110-8И ідеально підходить для управління аналоговими приводами змішувальних клапанів, вентилями або заслінками у системах теплопостачання. Надійність, доступність та сумісність з іншими компонентами системи автоматизації роблять його оптимальним вибором для проєктів керування теплотехнічними процесами.

Для реалізації функцій ввімкнення та вимкнення виконавчих пристроїв у системі автоматизованого керування опаленням (зокрема, циркуляційних насосів, електромагнітних клапанів, аварійної сигналізації тощо) необхідне використання надійного модуля дискретного (релейного) виводу. У цьому проєкті для цих задач обрано модуль МУ110-8К виробництва АКУТЕК (рисунок 3.11).



Рисунок 3.10 - Зовнішній вигляд МУ110-8К

Основні переваги даного модуля:

- 8 незалежних релейних виходів, кожен з яких дозволяє комутувати навантаження змінного струму до 250 В (АС) або постійного до 30

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

В (DC), що забезпечує гнучкість при підключенні виконавчих пристроїв;

- Підтримка протоколу Modbus RTU через інтерфейс RS-485, що дозволяє легко інтегрувати модуль до існуючої системи автоматизації на базі ПЛК (наприклад, СПК1хх) без додаткових адаптерів;
- Гальванічна розв'язка виходів – для підвищення електробезпеки та захисту контролера і шини зв'язку від перенапруг і завад;
- Надійна робота в умовах промислової експлуатації, в тому числі при змінних температурах і в середовищах з підвищеним рівнем електромагнітних перешкод;
- Компактний корпус із монтажем на DIN-рейку, що спрощує інсталяцію та обслуговування в розподільчих щитах.

Використання МУ110-8К дозволяє централізовано і безпечно керувати усіма основними силовими елементами системи, не перевантажуючи сам контролер та забезпечуючи розширюваність архітектури системи. Його сумісність із модулями вводу/виводу серії МВ/МУ компанії АКУТЕК робить його доцільним та економічно виправданим вибором для проєктів автоматизації опалення.

Для керування силовими навантаженнями в системі автоматизованого опалення (зокрема, циркуляційними насосами, електричними нагрівачами, вентиляторами тощо), необхідне використання електромеханічного реле, здатного надійно комутувати високі струми при змінній напрузі 230 В. З цією метою обрано силове реле Legrand 25А 2НВ (два незалежні нормально відкриті контакти) з котушкою керування на 230 В АС (Рисунок 3.11).

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 3.11 - Силове реле Legrand 25A 2NB

Основні переваги цього реле:

- Висока комутаційна здатність – до 25 А на кожному з контактів, що забезпечує безпечне та надійне керування навіть потужними електроприладами;
- 2 незалежні нормально відкриті (NO) контакти, які дозволяють одночасно керувати двома контурами або розподіляти навантаження;
- Котушка керування на 230 В, що дозволяє безпосередньо підключати до стандартного виходу з ПЛК через силовий модуль або модуль дискретного виводу без додаткових трансформаторів;
- Надійність і довговічність – реле виготовлено відомим європейським виробником Legrand і призначене для тривалої експлуатації в промислових умовах;
- Можливість монтажу на DIN-рейку, що значно спрощує встановлення у щитках керування та знижує витрати часу на інсталяцію.

Завдяки своїй універсальності та високим технічним характеристикам, силове реле Legrand 25A 2NB 230В є доцільним вибором для реалізації надійного силового керування в системах автоматики опалення, забезпечуючи безпечну роботу енергомістких виконавчих пристроїв.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

3.2 Розроблення програмного забезпечення для головного контролера

Для системи керування опаленням використовується сенсорний панельний контролер компанії АКУТЕК типу СПК110, який містить в собі як ПЛК так і 10-ти дюймовий сенсорний дисплей, на якому зручно реалізовувати НМІ. Оскільки сам контролер не має входів/виходів, лише 3 інтерфейси RS485 та Ethernet, то реалізація системи керування виконується за допомогою модулів розширення. Тобто в системі використовуються модуль цифрових виходів МУ110-8К, який дозволяє керувати помпами системи опалення. В подібних системах опалення зокрема автоматиках задля підвищення ефективності роботи, оскільки системи підігріву води та опалення складають значну частину витрат, прийнято використовувати теплові акумулятори. Які зазвичай являють собою теплоізований резервуар з кількома теплообмінниками.

Далі дану систему можна розділити на дві: одна частина призначена для нагріву теплоакумулятора за допомогою різних засобів: газового чи твердопаливного котла; теплової помпи; сонячних панелей; електронагрівача.

В залежності від модифікації не всі елементи можуть бути присутні. З цих засобів найбільш «безкоштовним» є використання сонячних панелей і вони можуть практично повністю забезпечити теплою водою систему автоматика влітку. Але їх ефективність суттєво знижується взимку та осінньо-весняний період. Тому наступним по ефективності зазвичай йде тепла помпа (хоча слід зазначити, що тут ефективність залежить від тарифів на енергоносії), яка ефективна зазвичай до температур 0 - -5°C, при нижчих температурах ефективні газові чи твердопаливні котли також в якості для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій при неможливості їх використання, для запобігання замерзанню системи можна використовувати електронагрівачі.

Друга частина системи це споживачі тепла з теплоакумулятора, тут можна також виділити кілька підсистем: система гарячого водопостачання; система опалення приміщення та зазвичай дві системи опалення коробів з подачею води на автоматикі та 2-ві системи підігріву мийних постів для

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

запобігання їх обмерзанню. По дві системи використовується того, що з точки зору оптимізації комунікацій доцільно розміщувати будинок з обладнанням посередині, а мийні пости справа і зліва від будинку.

Оскільки з теплоаккумулятора зазвичай забирається гаряча вода то реалізацію приготування теплоносія потрібної температури зручно робити шляхом підмішування гарячого теплоносія. Для цього запропоновано використовувати триходові клапани з електроприводом та керуванням 0-10В.

Для чого відповідно потрібні модулі аналогового виводу МУ110-8И виробництва АКУТЕК.

Для отримання інформації про температуру теплоносія в різних контурах даної системи використовуються модулі аналого вводу МВ110-8А.

Таким чином для кожного контура регулювання доцільно використовувати два сенсори температури (один на вході інший на виході контуру) типу Pt1000, один підмішувальний триходовий клапан та одну помпу для перекачування теплоносія.

Якщо розглядати дану систему де входить два короба для обігріву, дві теплі підлоги та систему гарячого водопостачання, то вийде 5 контурів. Оскільки для водопостачання помпи не потрібно, там використовується помпа з системи водопостачання холодної води. То вийде 4 помпи, 5 триходових клапанів та 10 сенсорів. Плюс один на вулиці для контролю зовнішньої температури.

Для забезпечення ефективної та надійної роботи системи керування опаленням на автоматизації було розроблено спеціалізоване програмне забезпечення для сенсорного панельного контролера СПК110 виробництва компанії АКУТЕК. Даний пристрій поєднує в собі функціональність ПЛК та інтерфейс користувача (НМІ), що дає змогу реалізувати як логіку керування, так і зручну візуалізацію та налаштування параметрів системи з 10-дюймового сенсорного дисплея.

Оскільки контролер СПК110 не має вбудованих дискретних або аналогових входів/виходів, для керування виконавчими механізмами та збору

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

даних використовуються модулі розширення, які підключаються по інтерфейсу RS-485. Основними модулями є:

- МУ110-8К – модуль дискретних виходів для керування циркуляційними помпами;
- МУ110-8И – модуль аналогових виходів (0–10 В) для керування електроприводами триходових клапанів;
- МВ110-8А – модуль аналогових входів для зчитування сигналів з температурних сенсорів Pt1000.

Програмне забезпечення розділено на кілька функціональних блоків відповідно до структури системи:

Контур нагріву теплоаккумулятора

Реалізована можливість керування декількома джерелами тепла – газовим та твердопаливним котлом, тепловою помпою, електронагрівачем та сонячними панелями. Програмно реалізовано алгоритми перемикання між джерелами в залежності від температури, часу доби, зовнішніх умов та наявності енергії (наприклад, від сонячних панелей). Пріоритетним джерелом є сонячні панелі, далі – теплова помпа, потім котли. Електронагрівач виступає резервним джерелом, що вмикається при аварійних ситуаціях або низьких температурах.

Контури споживання тепла

Передбачено п'ять основних контурів:

- гаряче водопостачання (ГВП),
- система опалення приміщення,
- два контури підігріву коробів (лівий/правий),
- два контури обігріву мийних постів (ліва/права зона).

У кожному контурі використовується триходовий клапан з керуванням від аналогового виходу 0–10 В, температурні сенсори Pt1000 на вході та виході, а також відповідна циркуляційна помпа (за винятком ГВП, яка використовує загальну водопровідну помпу).

Програмне забезпечення реалізує алгоритм підтримання заданої температури в кожному контурі за допомогою ПІ-регуляторів, які керують

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ступенем відкриття триходових клапанів. У разі відхилення температури теплоносія від заданого значення понад допустимі межі, здійснюється автоматичне повідомлення оператора через НМІ та журнал подій.

Збір та обробка температурних даних

Дані з температурних сенсорів зчитуються циклічно через модулі MB110-8A. Використання сенсорів Pt1000 дозволяє забезпечити високу точність вимірювання температури. Додатково передбачено зчитування температури зовнішнього повітря, що дозволяє адаптувати роботу системи до погодних умов (наприклад, зміщення температурного графіка теплої підлоги в залежності від зовнішньої температури).

Інтерфейс користувача (НМІ)

Через сенсорний дисплей реалізовано візуалізацію усіх контурів системи, показники температур, стану pomp та клапанів, режимів роботи джерел тепла, графіки температур, а також сторінки налаштування системи. Оператор має змогу переглядати поточний стан системи в реальному часі, змінювати температурні уставки, активувати або деактивувати окремі контури, а також переглядати журнал подій та аварій.

Комунікація та діагностика

Комунікація між СПК110 та модулями розширення здійснюється через протокол Modbus RTU по RS-485. Програмне забезпечення забезпечує моніторинг стану зв'язку з кожним модулем, автоматичне відновлення при збої, а також індикацію втрати зв'язку на екрані оператора.

Таким чином, розроблене програмне забезпечення забезпечує повну автоматизацію процесу нагріву та споживання тепла, дозволяє гнучко налаштовувати параметри роботи, підвищує енергоефективність і забезпечує зручне керування та контроль над складною багатоконтурною системою опалення автомийки.

Програмне забезпечення реалізовано на мові ST з використанням середовища розробки CodeSYS. Для системи керування вихідними контурами (система подачі тепла з теплоаккумулятора), які включають:

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- 5 контурів (2 короби, 2 теплі підлоги, ГВП);
- кожен контур має: 2 температурні сенсори Pt1000;
- 1 триходовий клапан (0–10 В), 1 помпу (окрім ГВП);
- Hysteresis + ПІ-регуляція на клапан;
- контроль помпи.

Структура даних для одного контуру:

```

TYPE HeatCircuit :
STRUCT
    TempIn      : REAL;
    TempOut     : REAL;
    TempSet     : REAL;
    ValveOut    : REAL;
    PumpOn      : BOOL;
    TempHyst    : REAL;
    Enable      : BOOL;
    ValvePID    : PID;
    Alarm       : BOOL; // Ознака аварії
    AlarmCode   : INT;  // Код аварії
    FaultTimer  : TON;  // Таймер для аварії по неефективності
регулювання
    FaultActive : BOOL; // Ознака, що триває перевірка
неефективності
END_STRUCT
END_TYPE

```

Основний цикл для одного контуру (наприклад, "Тепла підлога 1"):

```

// Ініціалізація PID
IF NOT HeatFloor1.ValvePID.bInit THEN
    HeatFloor1.ValvePID.bInit := TRUE;
    HeatFloor1.ValvePID.Ts := T#1s; // період дискретизації
    HeatFloor1.ValvePID.Kp := 5.0;
    HeatFloor1.ValvePID.Ti := 60.0;
    HeatFloor1.ValvePID.Td := 0.0;
END_IF;

// Включення насоса при вході > (TempSet - TempHyst)
IF HeatFloor1.Enable THEN
    IF HeatFloor1.TempIn >= (HeatFloor1.TempSet -
HeatFloor1.TempHyst) THEN
        HeatFloor1.PumpOn := TRUE;
    ELSE
        HeatFloor1.PumpOn := FALSE;
    END_IF;

    // ПІ-регуляція температури на виході

```

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```

HeatFloor1.ValvePID.e      :=      HeatFloor1.TempSet      -
HeatFloor1.TempOut;
HeatFloor1.ValvePID(bEnable := TRUE);

// Обмеження результату керування
HeatFloor1.ValveOut := LIMIT(0.0, HeatFloor1.ValvePID.u,
100.0);
ELSE
HeatFloor1.PumpOn := FALSE;
HeatFloor1.ValveOut := 0.0;
END_IF;

```

В даній частині використовуються наступні елементи:

HeatFloor1.TempSet - HeatHyst — температура, при якій дозволяється запуск помпи.

PID.e := TempSet - TempOut — класичне ПІ-регулювання температури виходу.

LIMIT гарантує, що сигнал на клапан буде в межах 0–100%.

Якщо Enable = FALSE, контур вимикається повністю.

Для роботи в даній програмі реалізовано масив контурів:

```

VAR
Circuits : ARRAY[1..5] OF HeatCircuit;
END_VAR

```

І далі — цикл по кожному контурі (в FOR i := 1 TO 5 DO або окремі обробки).

Для керування фізичними виходами:

```

// Аналоговий вихід на клапан (0-10В через MU110-8И)
AnalogOutputChannel[1] := Circuits[1].ValveOut * 10.0 / 100.0;

// Дискретний вихід на помпу (через MU110-8К)
DigitalOutputChannel[1] := Circuits[1].PumpOn;

```

Код перевірки і автоматичного скидання аварійної ситуації (в циклі для кожного контуру)

// Перевірка: клапан відкритий > 90%, а температура не зростає достатньо

```

HeatFloor1.FaultActive := FALSE;
IF HeatFloor1.Enable AND NOT HeatFloor1.Alarm THEN

```

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```

IF HeatFloor1.ValvePID.u > 90.0 AND
  ABS(HeatFloor1.TempOut - HeatFloor1.TempSet) > 10.0
THEN
  HeatFloor1.FaultTimer(IN := TRUE, PT := T#10m); //
  триває
  HeatFloor1.FaultActive := TRUE;
ELSE
  HeatFloor1.FaultTimer(IN := FALSE); // скидання
END_IF;

// Після 10 хвилин – аварія
IF HeatFloor1.FaultTimer.Q THEN
  HeatFloor1.Alarm := TRUE;
  HeatFloor1.AlarmCode := 3;
END_IF;
END_IF;

// Автоматичне скидання аварії, якщо умови зникли
IF HeatFloor1.Alarm AND HeatFloor1.AlarmCode = 3 THEN
  IF HeatFloor1.ValvePID.u < 85.0 OR
    ABS(HeatFloor1.TempOut - HeatFloor1.TempSet) < 5.0 THEN
    HeatFloor1.Alarm := FALSE;
    HeatFloor1.AlarmCode := 0;
    HeatFloor1.FaultTimer(IN := FALSE);
  END_IF;
END_IF;

```

TON — стандартний таймер у CoDeSys. Ми використовуємо його, щоб відстежити безуспішну роботу регулювання > 10 хв.

Якщо температура стабілізувалася або клапан більше не намагається компенсувати — аварія скидається автоматично.

Якщо помпа була вимкнена — аварійна умова не перевіряється (захист від хибних спрацювань).

3.3 Розроблення НМІ для системи керування опаленням автономії

Для забезпечення зручного моніторингу та керування системою опалення на базі контролера СПК110 з інтегрованим 10-дюймовим сенсорним дисплеєм було реалізовано НМІ-візуалізацію в середовищі CoDeSys.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Інтерфейс користувача розділено на два основні рівні: оглядовий екран із загальною інформацією по всіх контурах системи та екрани деталізації для кожного окремого контуру з можливістю налаштування параметрів.

Загальний екран (оглядовий режим)

На головному екрані відображається стан усіх п'яти контурів системи (два контури підігріву коробів, два контури теплої підлоги та контур гарячого водопостачання). Для кожного контуру виводяться наступні дані:

- Вхідна та вихідна температура теплоносія;
- Задана температура, встановлена користувачем;
- Стан триходового клапана у вигляді відсоткового відкриття;
- Стан помпи (вкл./викл.);
- Індикація аварійного стану або повідомлення про його відсутність.

У верхній частині інтерфейсу виводиться заголовок з назвою системи, а в нижній частині — поточна температура зовнішнього повітря, отримана з відповідного сенсора.

Навігація між контурами

Для вибору контуру реалізовано вертикальний блок кнопок зліва або справа (в залежності від дизайну екрана), кожна з яких відповідає одному з контурів. Кнопки мають чіткі підписи відповідно до призначення контурів (рисунок 3.12):

- «Короб 1»;
- «Короб 2»;
- «Підлога 1»;
- «Підлога 2»;
- «ГВП».

Натискання кнопки відкриває екран деталізації відповідного контуру.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 3.12 – Головне вікно візуалізації HMI

На рисунку 3.13 наведено елементи візуалізації у CoDeSys (визначення компонентів).

Компонент	Тип	Джерело
TempIn	Numeric Display	HMI_TempIn[i]
TempOut	Numeric Display	HMI_TempOut[i]
TempSet	Numeric Input + Buttons	HMI_TempSet[i]
PumpState	Indicator + Button	HMI_PumpState[i] , керується HMI_Enable[i]
ValvePercent	Horizontal Gauge/Bar	HMI_ValvePercent[i]
Alarm	Color Indicator / Text	HMI_Alarm[i] , HMI_AlarmCode[i]
Reset	Push Button	зв'язаний із HMI_Reset[i] (нове поле)
OutdoorTemp	Numeric Display	окрема змінна OutdoorTemp

Рисунок 3.13 - Елементи візуалізації у CoDeSys

Екран деталізації контуру (рисунок 3.14)

Для кожного контуру користувач має можливість:

- Переглянути поточну вхідну та вихідну температуру;
- Змінити задану температуру за допомогою клавіш +/- або безпосереднього введення;
- Увімкнути або вимкнути роботу помпи;
- Спостерігати відсотковий вихід ПД-регулятора на триходовий клапан;
- Побачити стан аварії (наприклад, «Недостатня температура в джерелі»);
- Виконати примусове скидання аварії натисканням відповідної кнопки, якщо причина усунена.



Рисунок 3.14 - Екран деталізації та налаштування контуру

Аварійні стани відображаються як на загальному, так і на детальному екрані. Для кожного контуру передбачено уніфікований підхід до аварій:

- Візуальний індикатор;
- Текстове повідомлення з розшифруванням;

- Можливість автоматичного скидання аварії при нормалізації параметрів або вручну через НМІ.

Дані оновлюються в реальному часі або з інтервалом у 5–10 секунд;

Виведення температури зовнішнього повітря дозволяє оператору оцінити ефективність поточного джерела тепла;

Інтерфейс масштабовано: при потребі можлива інтеграція з графіками або журналами подій.

НМІ-візуалізація забезпечує повний контроль та гнучке керування усіма контурами системи опалення з одного екрану сенсорного контролера. Зручний інтерфейс, чітка структура і можливість оперативного реагування на аварійні ситуації дозволяють оператору ефективно керувати теплоенергетичними ресурсами автомийки навіть без глибоких технічних знань.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

У даній роботі спроектовано систему автоматизованого керування опаленням на автомийці та розроблено програмне забезпечення для контролера системи.

У процесі виконання роботи проведено аналіз вимог до сучасних систем теплопостачання, зокрема з урахуванням особливостей роботи автомийки, визначено основні функціональні блоки системи та сформовано технічне завдання на розробку.

Розроблено архітектуру програмного забезпечення, яке реалізує керування п'ятьма тепловими контурами з використанням триходових клапанів з керуванням 0–10 В та циркуляційних насосів. Для реалізації регулювання температури застосовано ПІД-регулятори з обробкою аварійних станів, автоматичним скиданням помилок за таймером та врахуванням зовнішніх умов (температури зовнішнього повітря).

Програмне забезпечення реалізовано мовою ST у середовищі CoDeSys, з використанням модулів вводу/виводу виробництва АКУТЕК, які взаємодіють із контролером через інтерфейси RS-485 за протоколом Modbus RTU.

Розроблено інтерактивну HMI-візуалізацію для сенсорного дисплея СПК110, що забезпечує зручний моніторинг стану кожного контуру, перегляд температур, індикацію аварій та можливість зміни параметрів роботи системи.

Спроектоване програмне забезпечення має модульну структуру, що дозволяє масштабування системи за рахунок додавання нових контурів або зміни джерел тепла без необхідності суттєвих змін у логіці програми.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Юрійчук В. І. Системи керування у сільському господарстві : навч. посіб. / В. І. Юрійчук. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 164 с.
2. Шматко О. П. Основи проєктування систем автоматизованого управління : навч. посіб. / О. П. Шматко. – Дніпро : ДНУ, 2020. – 211 с.
3. Журавель В. С. Сенсорні системи в аграрному виробництві : навч. посіб. / В. С. Журавель. – К. : НАУ, 2020. – 148 с.
4. Деркач В. М., Левченко І. С. Мікропроцесорні засоби та системи автоматизації : навч. посіб. / В. М. Деркач, І. С. Левченко. – Харків : ХНАДУ, 2019. – 232 с.
5. Ткаченко І. С. Інформаційні технології в агропромисловому комплексі : монографія / І. С. Ткаченко. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – 198 с.
6. Arduino Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/reference/en> – Назва з екрана.
7. STM32CubeIDE User Manual [Електронний ресурс]. – STMicroelectronics. – Режим доступу: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html> – Назва з екрана.
8. LVGL – Light and Versatile Graphics Library [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.lvgl.io> – Назва з екрана.
9. Kozlova I., Nikolaev V. Sensor Systems in Smart Agriculture: Trends and Technologies // Agricultural Engineering Journal. – 2022. – № 4. – С. 25–32.
10. Sharma R. IoT-Based Smart Irrigation System // International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering. – 2021. – Vol. 10, No. 5. – P. 134–139.
11. Власенко С. Ю. Автоматизовані системи управління в аграрному секторі : навч. посіб. / С. Ю. Власенко. – К. : НАУ, 2023. – 176 с.
12. Козаченко Ю. М. Сучасні технології точного землеробства : навч. посіб. / Ю. М. Козаченко. – Полтава : ПДАА, 2020. – 190 с.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- 13.Сидоренко В. О. Інтелектуальні системи в аграрному виробництві : навч. посіб. / В. О. Сидоренко. – Суми : СНАУ, 2021. – 154 с.
- 14.Технології автоматизації в агропромисловому комплексі : зб. наук. пр. / Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – К. : НУБіП, 2023. – Вип. 15.
- 15.Мельник І. А. Використання мікроконтролерів в аграрній автоматизації : навч. посіб. / І. А. Мельник. – Львів : ЛНАУ, 2022. – 120 с.

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```

PROGRAM HeatingControl

// === CONSTANTS ===
CONST
    NumCircuits : INT := 5;
    T_Reset_Alarm : TIME := T#10m; // auto-reset time for alarms
    MinValidTemp : REAL := 5.0; // minimum valid temperature for
logic (e.g. protection against freezing)
    DefaultSetTemp : REAL := 40.0;
    EEPROM_SaveDelay : TIME := T#10s;
END_CONST

// === TYPES ===
TYPE
    CircuitState : STRUCT
        Enable           : BOOL;
        TempIn           : REAL;
        TempOut          : REAL;
        SetPoint         : REAL;
        PumpOn           : BOOL;
        ValveOutput      : REAL;
        Error            : BOOL;
        ErrorTimer       : TON;
        AlarmText        : STRING[50];
        LastResetTime    : TIME;
    END_STRUCT;
END_TYPE

// === VARIABLES ===
VAR
    Circuits : ARRAY[1..NumCircuits] OF CircuitState;
    OutdoorTemp : REAL;
    HMI_SelectedCircuit : INT := 1;
    HMI_EnableCircuit : ARRAY[1..NumCircuits] OF BOOL;
    HMI_SetTemp : ARRAY[1..NumCircuits] OF REAL;
    HMI_AlarmText : ARRAY[1..NumCircuits] OF STRING[50];
    HMI_ActualTempIn : ARRAY[1..NumCircuits] OF REAL;
    HMI_ActualTempOut : ARRAY[1..NumCircuits] OF REAL;
    HMI_ValveOutput : ARRAY[1..NumCircuits] OF REAL;
    HMI_PumpStatus : ARRAY[1..NumCircuits] OF BOOL;

```

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата	Текст програми.	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Лисик М.А.							
Перевірів.	Заставний О.М							
Консульт.	Заставний О.					ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41		
Н. Контр.	Заставний О.М							
Затверд.	Сегін							

```

AI_TempsIn   : ARRAY[1..NumCircuits] OF REAL;
AI_TempsOut  : ARRAY[1..NumCircuits] OF REAL;
AO_Valves    : ARRAY[1..NumCircuits] OF REAL;
DO_Pumps     : ARRAY[1..NumCircuits] OF BOOL;

PID_Controllers : ARRAY[1..NumCircuits] OF PID;

SaveTimer : TON;
EEPROM_WriteRequest : BOOL;
EEPROM_Stored_Enable : ARRAY[1..NumCircuits] OF BOOL RETAIN;
EEPROM_Stored_SetTemp : ARRAY[1..NumCircuits] OF REAL RETAIN;
InitDone : BOOL := FALSE;
END_VAR

// === INITIALIZATION ===
VAR_INIT
  FOR i := 1 TO NumCircuits DO
    Circuits[i].SetPoint := DefaultSetTemp;
  END_FOR;
END_VAR

// === INITIAL BLOCK ===
IF NOT InitDone THEN
  FOR i := 1 TO NumCircuits DO
    HMI_EnableCircuit[i] := EEPROM_Stored_Enable[i];
    HMI_SetTemp[i] := EEPROM_Stored_SetTemp[i];
  END_FOR;
  InitDone := TRUE;
END_IF;

// === MAIN LOGIC ===
VAR
  i : INT;
END_VAR

FOR i := 1 TO NumCircuits DO
  // Read sensor inputs
  Circuits[i].TempIn := AI_TempsIn[i];
  Circuits[i].TempOut := AI_TempsOut[i];

  // HMI sync
  Circuits[i].Enable := HMI_EnableCircuit[i];
  Circuits[i].SetPoint := HMI_SetTemp[i];
  HMI_ActualTempIn[i] := Circuits[i].TempIn;
  HMI_ActualTempOut[i] := Circuits[i].TempOut;

  // Check for low-temperature alarm or sensor failure
  Circuits[i].Error := (Circuits[i].TempOut < MinValidTemp) AND
    Circuits[i].Enable;

  // Timer for auto-reset

```

					ДП.АКИТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		72

```

    Circuits[i].ErrorTimer(IN      :=  Circuits[i].Error,      PT      :=
T_Reset_Alarm);
    IF Circuits[i].ErrorTimer.Q THEN
        Circuits[i].Error := FALSE;
    END_IF;

    // PID regulation only if no error
    IF Circuits[i].Enable AND NOT Circuits[i].Error THEN
        PID_Controllers[i](
            PV := Circuits[i].TempOut,
            SP := Circuits[i].SetPoint,
            CV := Circuits[i].ValveOutput,
            Enable := TRUE
        );
        Circuits[i].ValveOutput := PID_Controllers[i].CV;
        Circuits[i].PumpOn := TRUE;
    ELSE
        Circuits[i].ValveOutput := 0.0;
        Circuits[i].PumpOn := FALSE;
    END_IF;

    // Outputs
    AO_Valves[i] := Circuits[i].ValveOutput;
    DO_Pumps[i] := Circuits[i].PumpOn;

    // HMI outputs
    HMI_ValveOutput[i] := Circuits[i].ValveOutput;
    HMI_PumpStatus[i] := Circuits[i].PumpOn;
    IF Circuits[i].Error THEN
        HMI_AlarmText[i] := 'Temp too low or sensor fault';
    ELSE
        HMI_AlarmText[i] := '';
    END_IF;

    // Detect changes for EEPROM save
    IF (EEPROM_Stored_Enable[i] <> HMI_EnableCircuit[i]) OR
(EEPROM_Stored_SetTemp[i] <> HMI_SetTemp[i]) THEN
        EEPROM_WriteRequest := TRUE;
    END_IF;
END_FOR;

// Save to EEPROM if requested after delay
SaveTimer(IN := EEPROM_WriteRequest, PT := EEPROM_SaveDelay);
IF SaveTimer.Q THEN
    FOR i := 1 TO NumCircuits DO
        EEPROM_Stored_Enable[i] := HMI_EnableCircuit[i];
        EEPROM_Stored_SetTemp[i] := HMI_SetTemp[i];
    END_FOR;
    EEPROM_WriteRequest := FALSE;
END_IF;

END_PROGRAM

```

					ДП.АКІТ.9702584.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		73