СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

**Факультет інформаційних технологій та електроніки**

**Кафедра комп’ютерно-інтегрованих систем управління**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської науково-дослідної роботи

освітній ступінь: магістр

спеціальність: 174 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація 174 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології

(назва спеціалізації)

на тему «Розробка та дослідження комп’ютерно-інтегрованої системи контролю та керування опаленням та вентиляцією виробничого приміщення»

Виконав: студент групи \_АТП-23дм\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ Ю.А. Бахаєв

(підпис)

Керівник **\_\_\_\_\_\_\_\_\_** П.Й. Єлісєєв

(підпис)

Завідувачка кафедри **\_\_\_\_\_\_\_\_\_** М.Г. Лорія

(підпис)

Рецензент **\_\_\_\_\_\_\_\_\_** Т.Г.Сотнікова

підпис)

Київ – 2024 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет: **Інформаційних технологій та електроніки**

Кафедра: **Комп’ютерно-інтегрованих систем управління**

**Освітньо-кваліфікаційний рівень:** Магістр

**Напрям підготовки:** 174 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка каф. КІСУ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.Г. Лорія

«\_\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

**ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ** **БАХАЄВУ ЮРІЮ АРКАДІЙОВИЧУ**

**1. Тема магістерської НДР**: «Розробка та дослідження комп’ютерно-інтегрованої системи контролю та керування опаленням та вентиляцією виробничого приміщення»

2. **Керівник роботи**: доц. Єлісєєв П.Й.

Затверджені наказом вищого навчального закладу №91\_14.04 від 25.11.2024 р.

3. **Термін подання студентом роботи** 16 грудня 2024 р.

4. **Вихідні дані до роботи**:

4.1.Технологічний регламент виробництва.

4.2.Інструкція оператора по експлуатації АСК ТП.

4.3.Публікації по автоматизованому керуванню технологічними процесами опалення та вентиляції виробничого приміщення.

4.4.Публікації по моделюванню складних систем контролю та керуванню технологічними процесами опалення та вентиляції виробничого приміщення.

5. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):

5.1.Вступ.

5.2.Аналіз сучасного стану автоматизації технологічних процесів опалення та вентиляції виробничого приміщення.

5.3.Аналіз автоматизованих систем контролю та керування технологічними процесами опалення та вентиляції виробничого приміщення і розробка завдань для виконання магістерської науково-дослідної роботи.

5.4.Розробка та аналіз математичних моделей процесу опалення та вентиляції виробничого приміщення.

5.5.Теоретичні дослідження математичних моделей опалення та вентиляції виробничого приміщення.

5.6.Розробка мнемосхем комп'ютерно-інтегрованої системи управління (КІСУ) процесом опалення та вентиляції виробничого приміщення.

5.7.Розробка програмного забезпечення роботи КІСУ ТП в динамічному режимі роботи.

5.8.Аналіз результатів теоретичних досліджень.

5.9. Висновки.

6. **Дата видачі завдання:** 20 жовтня 2024 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва етапів дипломного роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
| 1 | Аналіз сучасного стану автоматизації технологічних процесів. | 1.11.2024 |  |
| 2. | Аналіз автоматизованих систем контролю та керування технологічними процесами опалення та вентиляції виробничого приміщення і розробка завдань для виконання магістерської науково-дослідної роботи. | 1.11.2024 |  |
| 3. | Розробка математичних моделей процесу опалення та вентиляції виробничого приміщення. | 5.11.2024 |  |
| 4. | Розробка мнемосхем комп'ютерно-інтегрованої системи управління (КІСУ) процесом опалення та вентиляції виробничого приміщення. | 8.11.2024 |  |
| 5. | Розробка програмного забезпечення роботи КІСУ ТП в динамічному режимі роботи. | 15.11.2024 |  |
| 6. | Теоретичні дослідження математичних моделей процесу опалення та вентиляції виробничого приміщення. | 25.11.2024 |  |
| 7. | Аналіз результатів теоретичних досліджень. | 1.12.2024 |  |
| 9. | Оформлення пояснювальної записки дипломного проекту та презентації. | 14.12.2024 |  |

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Ю.А. Бахаєв

Керівник магістерської НДР \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ П.Й. Єлісєєв

**РЕФЕРАТ**

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЯ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, КОМП’ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

Сучасні промислові об’єкти потребують ефективних систем управління опаленням та вентиляцією, які не лише забезпечують комфортні умови праці, а й сприяють зниженню енергоспоживання та витрат на обслуговування. Актуальність теми обумовлена необхідністю впровадження енергоощадних технологій та використання інноваційних підходів до автоматизації. Магістерська робота присвячена розробці та дослідженню комп’ютерно-інтегрованої системи, яка забезпечує оптимізацію цих процесів.

Мета роботи – створення ефективної, адаптивної системи, здатної в режимі реального часу здійснювати контроль і керування кліматичними умовами у виробничих приміщеннях.

У роботі проаналізовано сучасні тенденції у галузі автоматизації систем опалення та вентиляції. Розглянуто існуючі підходи до побудови інтегрованих систем.

Розроблено прототип комп’ютерно-інтегрованої системи. Розроблено та протестовано комп’ютерно-інтегровану систему, яка забезпечує оптимальний контроль за параметрами опалення та вентиляції. Підтверджено ефективність адаптивних алгоритмів у покращенні мікроклімату.

Встановлено економічну доцільність впровадження подібних систем у промислових приміщеннях.

Розроблена система може бути використана для автоматизації кліматичних процесів на підприємствах різних типів, сприяючи підвищенню енергоефективності та зниженню експлуатаційних витрат.

**ЗМІСТ**

[ВСТУП 7](#_Toc185336964)

[1. ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОБОТИ 10](#_Toc185336965)

[2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ 13](#_Toc185336966)

[2.1. Аналіз сучасного стану автоматизації технологічних процесів опалення та вентиляції виробничого приміщення 13](#_Toc185336967)

[2.2. Автоматизація систем опалення та вентиляції: сучасні підходи та технології 14](#_Toc185336968)

[2.3. Технології автоматизації в HVAC-системах 14](#_Toc185336969)

[2.4. Переваги автоматизації HVAC-систем 15](#_Toc185336970)

[2.5. Проблеми і виклики в автоматизації HVAC-систем 15](#_Toc185336971)

[2.6. Тенденції розвитку автоматизації HVAC-систем 16](#_Toc185336972)

[2.7. Перспективи розвитку автоматизації HVAC-систем в Україні 16](#_Toc185336973)

[2.8. Аналіз автоматизованих систем контролю та керування технологічними процесами опалення та вентиляції виробничого приміщення 17](#_Toc185336974)

[2.9. Аналіз сучасних автоматизованих систем HVAC 17](#_Toc185336975)

[3. РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСУ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ 23](#_Toc185336976)

[3.1. Математичне моделювання процесів опалення та вентиляції 23](#_Toc185336977)

[3.2. Моделювання вентиляції 24](#_Toc185336978)

[3.3. Інтеграція моделей для комплексного опису процесів 25](#_Toc185336979)

[3.4. Розробка алгоритмів для оптимізації системи 26](#_Toc185336980)

[4. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ 28](#_Toc185336981)

[4.1. Основні підходи до математичного моделювання процесів опалення та вентиляції 28](#_Toc185336982)

[4.2. Теоретичні основи моделей вентиляції та повітряного потоку 29](#_Toc185336983)

[4.3. Аналіз і застосування чисельних методів 30](#_Toc185336984)

[4.4. Створення та вдосконалення моделей для прогнозування ефективності 30](#_Toc185336985)

[5. РОЗРОБКА МНЕМОСХЕМ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ (КІСУ) ПРОЦЕСОМ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ 33](#_Toc185336986)

[5.1. Основні компоненти комп'ютерно-інтегрованої системи управління 34](#_Toc185336987)

[5.2. Основні етапи розробки мнемосхеми 35](#_Toc185336988)

[5.3. Технічні вимоги до мнемосхеми 35](#_Toc185336989)

[6. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ КІСУ ТП В ДИНАМІЧНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ 38](#_Toc185336990)

[6.1. Основні функції програмного забезпечення КІСУ ТП 38](#_Toc185336991)

[6.2. Структура програмного забезпечення КІСУ ТП 39](#_Toc185336992)

[6.3. Розрахунок перехідних процесів одноконтурної САР опалення та вентиляції й частотних характеристик 41](#_Toc185336993)

[7. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 53](#_Toc185336994)

[8. ВИСНОВКИ 56](#_Toc185336995)

[9. ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ 60](#_Toc185336996)

# ВСТУП

**Актуальність теми роботи**

В умовах сучасного виробництва важливим аспектом є забезпечення оптимальних умов для роботи співробітників і підтримання високої якості продукції. Одним із важливих факторів, що впливають на ефективність роботи підприємства, є температурний режим і якість повітря в приміщеннях. Для цього використовуються системи опалення, вентиляції та кондиціонування (HVAC), які забезпечують необхідні параметри клімату в приміщеннях. Однак традиційні системи опалення та вентиляції мають низку недоліків, зокрема, високе енергоспоживання, складність налаштування та обслуговування. Це вимагає розробки більш ефективних і сучасних підходів до управління технологічними процесами опалення та вентиляції.

Зважаючи на підвищену енергетичну потребу та необхідність зменшення витрат на енергію, автоматизація таких процесів через комп'ютерно-інтегровані системи стає необхідною для досягнення оптимальних умов у виробничих приміщеннях. Це, в свою чергу, знижує експлуатаційні витрати та підвищує рівень енергоефективності підприємств.

**Мета роботи**

Метою цієї магістерської роботи є розробка комп’ютерно-інтегрованої системи контролю та керування опаленням і вентиляцією виробничого приміщення, яка дозволить забезпечити необхідні умови для працівників, оптимізувати енергоспоживання та покращити технічні характеристики існуючих систем.

Мета роботи полягає в досягненні комплексного вирішення, яке забезпечує енергоефективність, адаптивність і надійність управління опаленням та вентиляцією у виробничих приміщеннях. Результати дослідження створять базу для впровадження новітніх технологій автоматизації в різних галузях промисловості, сприяючи їх сталому розвитку, підвищенню конкурентоспроможності та зниженню екологічного навантаження.

**Завдання дослідження**

Для досягнення поставленої мети в межах дослідження необхідно вирішити такі завдання:

Проаналізувати сучасні підходи до автоматизації процесів опалення та вентиляції.

Розробити математичну модель для прогнозування та управління параметрами мікроклімату в приміщенні.

Створити алгоритми для контролю і керування системами опалення та вентиляції на основі передбачуваних даних.

Розробити комп’ютерну програму для управління системою.

Провести експериментальну перевірку ефективності розробленої системи на прикладі реального виробничого приміщення.

**Об’єкт і предмет дослідження**

Об’єктом дослідження є технологічний процес опалення та вентиляції виробничого приміщення, а предметом – комп’ютерно-інтегрована система контролю та керування цими процесами.

Таким чином, об’єкт дослідження — системи опалення та вентиляції промислових приміщень — є не лише актуальним, але й перспективним напрямом для удосконалення. Впровадження інноваційних підходів до управління цими системами сприятиме вирішенню нагальних завдань сучасного виробництва.

**Практична значущість роботи**

Розроблена система може бути використана в реальних виробничих приміщеннях для автоматизації керування температурними режимами та якістю повітря. Впровадження системи дозволить не тільки підвищити комфорт для співробітників, але й значно зменшити витрати на енергію завдяки оптимізації роботи HVAC-системи.

# ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОБОТИ

*1. Технологічний регламент виробництва.*

Технологічний регламент виробництва комп’ютерно-інтегрованої системи контролю та керування опаленням і вентиляцією виробничих приміщень є необхідним для забезпечення високої ефективності та надійності цієї системи. Він охоплює всі етапи розробки та впровадження, включаючи проектування, підбір обладнання, монтаж, тестування, запуск і експлуатацію. Важливими аспектами є також вимоги до матеріалів, обладнання, персоналу та контроль якості, що забезпечує стабільну та безпечну роботу системи в процесі її експлуатації.

*2.Інструкція оператора по експлуатації АСК ТП.*

Інструкція оператора по експлуатації автоматизованої системи керування технологічними процесами (АСК ТП) є основним документом, який регламентує порядок використання, налаштування, обслуговування та діагностики системи. АСК ТП забезпечує контроль та моніторинг роботи технологічних процесів, таких як опалення, вентиляція, кондиціонування та інші важливі виробничі функції.

Інструкція оператора по експлуатації АСК ТП є важливим документом для забезпечення ефективного функціонування автоматизованої системи керування. Оператор повинен бути добре ознайомлений з роботою системи, знати, як здійснювати налаштування, реагувати на аварійні ситуації, а також проводити регулярне обслуговування та діагностику обладнання для підтримання високої надійності системи в будь-яких умовах.

*3.Публікації по автоматизованому керуванню технологічними процесами опалення та вентиляції виробничого приміщення.*

Автоматизація технологічних процесів опалення та вентиляції в промислових приміщеннях є важливою темою для досліджень у галузі енергоефективності, безпеки та поліпшення умов праці. Публікації, присвячені автоматизованому керуванню цими процесами, охоплюють різні аспекти, від розробки нових алгоритмів управління до впровадження інтелектуальних систем для контролю мікроклімату в промислових і житлових будівлях.

Публікації в області автоматизованого керування технологічними процесами опалення та вентиляції охоплюють широке коло питань, від інтелектуальних алгоритмів управління до інтеграції з іншими системами. Застосування новітніх технологій, таких як IoT та AI, відкриває нові перспективи для створення ефективних і енергоощадних систем, що забезпечують комфорт і безпеку в промислових та житлових приміщеннях.

*4.Публікації по моделюванню складних систем контролю та керуванню технологічними процесами опалення та вентиляції виробничого приміщення.*

Моделювання складних систем контролю та керування технологічними процесами опалення та вентиляції вимагає глибоких знань в області теорії автоматичного управління, системного аналізу, енергетики та інженерії. Це важливий напрямок для досягнення оптимізації енергоспоживання, підвищення ефективності та забезпечення комфортних умов в приміщеннях. Публікації в цій галузі займаються створенням математичних моделей, симуляцією поведінки таких систем, а також розробкою алгоритмів для ефективного управління ними.

Моделювання складних систем контролю та керування технологічними процесами опалення та вентиляції є важливою частиною автоматизації промислових та житлових приміщень. Публікації, присвячені цьому питанню, охоплюють широкий спектр тем: від математичного моделювання і системного аналізу до застосування інтелектуальних алгоритмів та мультиагентних систем. Розвиток таких моделей дозволяє значно підвищити ефективність енергоспоживання, покращити контроль за параметрами середовища і забезпечити оптимальні умови для роботи в виробничих приміщеннях.

Моделювання складних систем опалення та вентиляції (HVAC) для контролю технологічних процесів є однією з основних складових для підвищення ефективності енергоспоживання та оптимізації умов у виробничих приміщеннях. Останні публікації у цьому напрямку з 2020 по 2024 рік висвітлюють новітні технології, методи моделювання та алгоритми управління, які дозволяють досягти високих результатів у регулюванні температури, вологості та енергетичних витрат.

Публікації за період з 2020 по 2024 рік свідчать про значні досягнення в галузі моделювання складних систем управління технологічними процесами опалення та вентиляції. Актуальними є дослідження в області оптимізації енергоспоживання, використання інтелектуальних алгоритмів, інтеграції IoT, штучного інтелекту та великих даних для підвищення ефективності та надійності HVAC систем. Розробка нових моделей і методів для адаптації до змінних умов середовища і прогнозування є ключовими для подальшого розвитку цієї галузі.

Таким чином вихідні дані до роботи виявляють необхідність удосконалення існуючих підходів до моніторингу та управління мікрокліматом у промислових приміщеннях. Технології автоматизації, комп’ютерно-інтегровані системи та новітні методи управління є основою для досягнення високої енергоефективності та надійності в роботі таких систем. Ці засади та підходи становлять основу для проведення подальшого дослідження і розробки новітніх рішень у цій галузі.

# ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Дослідження в галузі автоматизації систем опалення та вентиляції активно розвиваються в останні десятиліття. Багато робіт присвячено аналізу різних методів оптимізації енергоспоживання та створенню нових математичних моделей для керування кліматичними параметрами в приміщеннях. У сучасних публікаціях описуються новітні підходи до використання систем на основі Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту та алгоритмів прогнозування, які значно підвищують ефективність роботи HVAC систем у реальному часі.

Таким чином, магістерська робота спрямована на вирішення актуальних проблем автоматизації систем опалення та вентиляції з метою підвищення їх енергоефективності та забезпечення комфортних умов для роботи в виробничих приміщеннях.

# Аналіз сучасного стану автоматизації технологічних процесів опалення та вентиляції виробничого приміщення

Автоматизація систем опалення, вентиляції та кондиціювання (HVAC) у виробничих приміщеннях є важливою складовою частиною сучасних підходів до управління кліматом у промислових будівлях. Оскільки ефективність роботи таких систем напряму впливає на продуктивність, енергоспоживання та умови праці, питання автоматизації та оптимізації таких процесів набувають особливої актуальності в умовах сучасних технологічних викликів. У цьому розділі буде здійснено аналіз сучасних підходів до автоматизації технологічних процесів опалення та вентиляції, розглянуто використання новітніх технологій і методів управління, а також визначено основні тенденції та проблеми в цій сфері.

# Автоматизація систем опалення та вентиляції: сучасні підходи та технології

У сучасних умовах автоматизація процесів опалення та вентиляції включає інтеграцію різних елементів технологічного процесу в єдину автоматизовану систему. Ці системи мають за мету забезпечення оптимального мікроклімату в приміщенні при мінімальних енергетичних витратах. В основі таких систем лежать датчики, контролери та виконавчі механізми, які дозволяють в автоматичному режимі регулювати температуру, вологість, потік повітря та інші параметри.

Ключовими елементами автоматизації є:

**Сенсори** – для вимірювання параметрів повітря (температура, вологість, концентрація CO2 тощо).

**Контролери** – для обробки сигналів і управління системами на основі введених даних.

**Актори** – для безпосереднього впливу на систему (регулювання вентиляторів, клапанів, нагрівачів тощо).

Завдяки впровадженню новітніх технологій, таких як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та машинне навчання, сучасні автоматизовані системи стають більш точними, гнучкими і здатними адаптуватися до змінних умов в реальному часі.

# Технології автоматизації в HVAC-системах

Однією з основних технологій, що використовується для автоматизації вентиляційних та опалювальних систем, є використання **будівельних автоматизованих систем управління** (BMS або BAS). Такі системи є інтегрованими рішеннями, що дозволяють управляти всіма інженерними системами будівлі через єдину платформу. Вони включають датчики для моніторингу параметрів і алгоритми для оптимізації роботи систем.

З розвитком **інтелектуальних систем управління** з'явилася можливість реалізації адаптивних стратегій для управління мікрокліматом. Наприклад, використання **гнучких алгоритмів регулювання** температури та вологості дозволяє мінімізувати енергоспоживання при збереженні комфортних умов для працівників.

# Переваги автоматизації HVAC-систем

Впровадження автоматизації в системи опалення та вентиляції дозволяє досягти низки переваг:

**Підвищення енергоефективності**. Автоматичне регулювання параметрів системи дозволяє зменшити енергоспоживання, адже система працює лише в необхідному режимі.

**Оптимізація умов мікроклімату**. Завдяки точному моніторингу та налаштуванню параметрів, системи автоматизації здатні забезпечити оптимальні умови для роботи працівників, що сприяє збільшенню продуктивності.

**Зниження експлуатаційних витрат**. Автоматичні системи часто потребують менше обслуговування та мають більший строк служби завдяки точному управлінню і ранньому виявленню несправностей.

# Проблеми і виклики в автоматизації HVAC-систем

Попри численні переваги, автоматизація систем опалення та вентиляції стикається з певними проблемами. Однією з них є високі початкові витрати на обладнання та інтеграцію системи. Для впровадження автоматизації необхідне значне технічне забезпечення, яке потребує значних інвестицій, особливо для старих або застарілих виробничих приміщень.

Іншою проблемою є необхідність адаптації існуючих систем до нових технологій. В деяких випадках це вимагає модернізації або заміни застарілих компонентів, що також є додатковими витратами.

# Тенденції розвитку автоматизації HVAC-систем

Наразі основними тенденціями в розвитку автоматизації систем опалення та вентиляції є:

**Інтеграція з системами управління енергією (EMS)**. У поєднанні з енергетичними моніторами автоматизовані HVAC-системи можуть забезпечувати максимальну енергоефективність, автоматично коригуючи роботу вентиляційних та опалювальних установок відповідно до енергетичних потреб.

**Використання штучного інтелекту та машинного навчання**. Ці технології дозволяють автоматично налаштовувати і оптимізувати параметри системи, забезпечуючи гнучкість та точність в управлінні.

**Інтернет речей (IoT)**. Розвиток технологій IoT дозволяє створювати більш динамічні, інтегровані та самонавчальні системи, які здатні взаємодіяти між собою та адаптуватися до змінюваних умов навколишнього середовища.

# Перспективи розвитку автоматизації HVAC-систем в Україні

В Україні ринок автоматизації інженерних систем перебуває на етапі активного розвитку. Зважаючи на високі енергетичні витрати, інтерес до впровадження автоматизованих систем є значним як у промисловості, так і в комерційному секторі. Однак, для досягнення високих результатів необхідно впроваджувати новітні технології, а також забезпечити належну підготовку персоналу для ефективної експлуатації цих систем.

# Аналіз автоматизованих систем контролю та керування технологічними процесами опалення та вентиляції виробничого приміщення

Автоматизація процесів опалення, вентиляції та кондиціонування (HVAC) на виробництві є важливою частиною інженерії будівель та енергетичних систем. Системи автоматизованого керування (СКУ) здатні значно знижувати витрати енергії, підтримувати комфортні умови для працівників і підвищувати ефективність виробництва. Розвиток таких систем, у тому числі на основі новітніх технологій, дозволяє підвищити точність керування кліматичними параметрами приміщень, що є критично важливим для багатьох виробничих процесів. У цьому розділі аналізуються існуючі автоматизовані системи контролю та керування в галузі HVAC, а також надаються конкретні завдання для виконання магістерської науково-дослідної роботи.

# Аналіз сучасних автоматизованих систем HVAC

Існуючі автоматизовані системи контролю та керування HVAC-системами можуть бути класифіковані залежно від рівня інтеграції та технологій, що використовуються. До основних типів автоматизованих систем можна віднести:

**Системи базового рівня (неінтелектуальні системи)**. Такі системи реалізують базові функції управління, наприклад, регулювання температури та вологості за допомогою механічних та електричних датчиків, контролюючи параметри приміщення за допомогою простих алгоритмів.

**Інтелектуальні системи (з використанням ІТ-технологій та штучного інтелекту)**. Такі системи використовують складні алгоритми для прогнозування змін параметрів середовища, адаптації до змінних умов (наприклад, зміни температури зовнішнього середовища чи числа працівників у приміщенні). Вони також можуть застосовувати машинне навчання для оптимізації споживання енергії, контролю за станом обладнання та виявлення потенційних проблем у роботі системи.

**Інтегровані автоматизовані системи**. Включають в себе автоматизацію не лише HVAC-системи, але й інших інженерних систем будівлі, таких як освітлення, водопостачання, енергоспоживання. Ці системи забезпечують ефективну взаємодію між різними системами та дозволяють досягти максимального рівня оптимізації ресурсів.

У сучасних умовах для інтеграції цих систем активно застосовуються технології Інтернету речей (IoT), що дозволяють з'єднувати датчики, виконавчі механізми і контролери в єдину мережу, забезпечуючи постійну передачу даних і моніторинг стану всіх компонентів системи.

**Завдання та функції автоматизованих систем у контексті опалення та вентиляції**

Основними завданнями автоматизованих систем HVAC є:

**Контроль і регулювання температури та вологості**. Система має підтримувати оптимальні значення температури та вологості залежно від типу виробництва та умов, що змінюються.

**Моніторинг якості повітря**. Система повинна забезпечувати стабільну якість повітря, зокрема, контролювати рівень CO2, пилу та інших забруднювачів.

**Оптимізація енергоспоживання**. Система повинна не тільки підтримувати комфортні умови, але й мінімізувати енергоспоживання, керуючи включенням/вимиканням систем опалення, вентиляції та кондиціонування в залежності від реальних потреб.

**Автоматичне виявлення та діагностика несправностей**. Здатність системи виявляти збої в роботі або несправності, що дозволяє знизити час простою та витрати на обслуговування.

**Сучасні методи та технології моделювання та оптимізації систем HVAC**

Для розробки ефективних систем автоматизації використовуються такі методи:

**Математичне моделювання**. За допомогою математичних моделей можна описати поведінку різних компонентів системи, що дозволяє прогнозувати ефективність роботи системи в різних умовах.

**Оптимізація енергоспоживання**. Сучасні методи оптимізації, включаючи алгоритми машинного навчання та інтелектуальні алгоритми, дозволяють мінімізувати енергоспоживання без втрат в ефективності системи.

**Симуляційні моделі**. Симуляція роботи системи у реальному часі дозволяє прогнозувати її поведінку за різних сценаріїв і проводити тестування без необхідності впроваджувати зміни в реальну систему.

**Аналіз існуючих автоматизованих систем HVAC**. Це включає вивчення основних принципів роботи таких систем, оцінку їх ефективності, а також порівняння різних технологій і підходів до автоматизації.

**Розробка математичних моделей для прогнозування параметрів мікроклімату**. Враховуючи специфіку виробничих приміщень, необхідно розробити математичні моделі для прогнозування зміни температури, вологості та якості повітря в залежності від різних факторів (зовнішні умови, кількість працівників, режим роботи тощо).

**Інтеграція системи в єдину платформу**. Одне з завдань роботи полягає в розробці рішення для інтеграції різних технологічних систем (HVAC, енергоспоживання, освітлення) у єдину автоматизовану систему управління.

**Розробка алгоритмів для автоматичного керування**. На основі математичних моделей необхідно розробити алгоритми, які б ефективно керували системами HVAC, враховуючи змінні умови і цілі оптимізації.

**Оцінка ефективності впровадження системи**. Після розробки та тестування прототипу автоматизованої системи, необхідно провести порівняльний аналіз енергоефективності та комфорту між традиційними та автоматизованими методами контролю.

Це один із сучасних SCADA і SoftLogic-пакетів для розробки КСА ТП, в якому реалізована сукупність засобів і методів, котрі забезпечують скорочення трудозатрат і підвищення надійності роботи створюваної системи. MasterSCADA є повнофункціональним SCADA і SoftLogic модульным пакетом програм з розширеною функціональністю. Приймання та передавання даних і повідомлень на базі стандартів OLE for Process Control (ОРС) влаштовано в ядрі пакету. Максимальна підтримка стандартів (XML, HTML, ODBC, OLE, COM/DCOM, ActiveX тощо) та отримання опису інтерфейсів і форматів даних забезпечують усі необхідні можливості для стикування зі зовнішніми програмами та системами. Інтерфейс MasterSCADA, який використовується користувачем, побудований на ідеології «усі в одному». Модулі розширення вбудовані в загальну оболонку. Користувач завжди працює з єдиним зовнішнім виглядом програми, який складається з деревоподібного проекту, палітри бібліотечних елементів і вікна редагування документів.

У залежності від типу налагоджувальної властивості або редагуючого документу у вікні редагування відкривається сторінка налагодження необхідної властивості чи необхідний влаштований або зовнішній редактор. Наприклад, влаштований редактор мнемосхем або зовнішній редактор текстових описів (наприклад, Word). Проект має два розділи: «Система» та «Об'єкт». У розділі «Система» описується технічна структура КСA ТП, а в розділі «Об'єкт» - ієрархічна структура технологічного об'єкта, властивості та документи кожного об'єкта.

До найбільш розповсюджених КСА-ТП азотного комплексу хімічних виробництв відносяться:

Genesis 32. Виробник «Iconics». Основна особливість: частина контролерів на рівні мікроядра забезпечує зв'язок з «Genesis**»**. Основним елементом системи є мікроядро.

Citect. Для створення інтерфейсу оператора необхідно використати віртуальний зовнішній пристрій (Generic, або OPC). Для створення проекту в «Citect» використовуються три програмних компоненти:

- «Citect Explorer» – створення сторінок проекту, вибір компонентів системи (пристрої, змінні, (теги), сервері, плати уведення/виведення) - основний засіб управління проектом;

- «Citect Builder» – для перегляду і створення елементів системи, а також помилок компіляції;

- «Citect Runtime» – система запуску додатку, розробленого в SCADA та її перевірка функціонування в режимі реального часу та режимі емуляції.

При використанні нетривіальних функцій управління здійснюється програмування проекту. Програмування функцій виконується на вбудованій мові – «Cicode», а виклик редактора здійснюється з «Citect Explorer».

InTouch має широке використання в металургійній, машинобудівній, харчовій, фармацевтичній, хімічній, енергетичній та інших галузях промисловості. Входить до комплексу «FactorySuite». Комплекс «FactorySuite» компанії Wonderware призначений для розробки систем автоматизації промислових виробництв, які охоплюють усі напрямки виробництва – від управління технологічними процесами до управління виробництвом.

TRACE MODE 6 – це програмний комплекс, який призначений для розробки та запуску в реальному часі розподілених автоматизованих систем управління технологічними процесами і вирішення низки задач управління підприємствами.

Аналіз сучасних систем автоматизації процесів опалення та вентиляції показує, що впровадження новітніх технологій, таких як IoT, машинне навчання та оптимізація енергоспоживання, дозволяє значно підвищити ефективність таких систем. Однак для розробки дійсно ефективної системи необхідно враховувати специфіку кожного окремого виробничого приміщення та використовувати адаптивні стратегії управління. Задачі для магістерської роботи повинні зосереджуватися на моделюванні, оптимізації та інтеграції таких систем, а також оцінці їх ефективності у реальних умовах.

# РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСУ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ

Розробка математичних моделей для процесів опалення та вентиляції в виробничих приміщеннях є важливою складовою частиною оптимізації енергоспоживання та забезпечення комфортних умов праці. Математичне моделювання дозволяє не лише прогнозувати поведінку системи при різних умовах, а й розробляти ефективні стратегії управління такими системами. Моделі, які використовуються для опису цих процесів, повинні враховувати фізичні та хімічні взаємодії, а також специфіку конкретного виробничого середовища. Цей розділ присвячений розробці математичних моделей для опалення та вентиляції, а також їх аналізу з метою оптимізації роботи відповідних систем.

# Математичне моделювання процесів опалення та вентиляції

Основним завданням математичного моделювання процесів опалення та вентиляції є створення точних моделей, які дозволяють описати динаміку змін температури, вологості та якості повітря в приміщенні під впливом різних зовнішніх і внутрішніх факторів. Моделі можуть включати як статику (стійкий стан параметрів), так і динаміку (часові зміни параметрів).

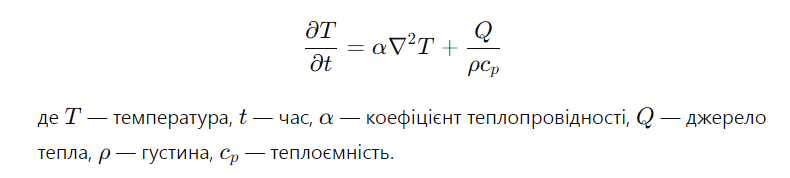
Основні типи моделей:

**Фізико-хімічні моделі**: використовують основні закони фізики та хімії для опису процесів переносу тепла та маси. Це можуть бути рівняння теплопередачі, рівняння для дифузії газів або рівняння теплового балансу в системах опалення та вентиляції.

**Емпіричні моделі**: базуються на експериментальних даних і застосовуються для розрахунків, коли точні фізичні моделі важко побудувати. Такі моделі використовують статистичні методи для опису системи.

**Чисельні методи моделювання**: зокрема, метод кінцевих елементів (FEM), метод скінчених різниць (FDM), методи Монте-Карло та інші. Вони дозволяють вирішити складні рівняння, які описують теплообмін і циркуляцію повітря в приміщенні.

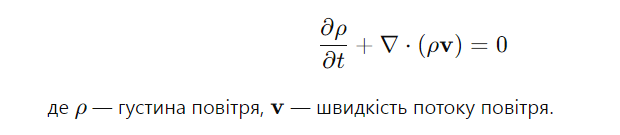
Для моделювання теплових процесів в приміщеннях застосовують рівняння теплопередачі:



# Моделювання вентиляції

Вентиляційні процеси зазвичай моделюються через рівняння переносу маси і енергії. Це включає розрахунок потоків повітря в приміщенні, враховуючи різні джерела забруднень (наприклад, CO2, пил) та потоки тепла.

Для моделювання вентиляції використовують рівняння:



Для опису ефективності вентиляції можна використовувати моделі, що описують змішування повітря в приміщеннях, а також розподіл забруднювачів по площі та висоті.

# Інтеграція моделей для комплексного опису процесів

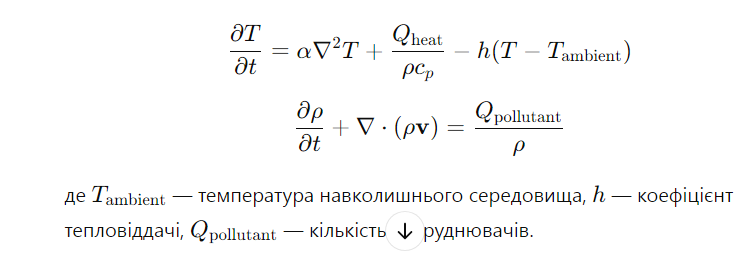
Інтегровані моделі, що поєднують опалення, вентиляцію та кондиціонування (HVAC), дозволяють отримати більш точні прогнози щодо роботи системи в цілому. Такі моделі включають в себе наступні компоненти:

**Моделі потоку повітря**, які дозволяють враховувати характеристики вентиляції.

**Теплові моделі**, які враховують як зовнішні температурні умови, так і вплив джерел тепла в приміщенні.

**Моделі контролю** для оптимізації роботи системи. Це можуть бути алгоритми на основі адаптивних підходів або простіші регулятори, які коригують роботу вентиляторів, нагрівачів, кондиціонерів залежно від поточних показників температури та вологості.

Приклад комплексної моделі можна подати як систему рівнянь для температури, вологості та швидкості потоку повітря:



# Розробка алгоритмів для оптимізації системи

Оптимізація процесів опалення та вентиляції вимагає розробки ефективних алгоритмів керування. Одним з найбільш популярних підходів є застосування **алгоритмів машинного навчання** або **штучного інтелекту** для адаптивного регулювання параметрів системи. Це дозволяє зменшити енергоспоживання та підвищити ефективність роботи системи без втрат у комфорті. Основні алгоритми, що можуть бути використані:

**Алгоритми оптимізації** для визначення найкращих параметрів системи (наприклад, алгоритм мінімізації енергоспоживання при заданих умовах).

**Моделі прогнозування** для адаптації до зміни зовнішніх умов (наприклад, зміна температури на вулиці чи кількості працівників у приміщенні).

**Методи штучних нейронних мереж** для передбачення потреб у вентиляції та опаленні на основі великих даних.

Технологічний об'єкт керування (ТОК) - це сукупність технологічного балансування та реалізованого на ньому за відповідним фрагментом технологічного процесу. Технологічні процеси будь-якої галузі промисловості характеризуються великою кількістю різних параметрів, високою складністю масообміну та хімічних процесів. Усі технологічні параметри, що характеризують процес, поділяються на 3 групи: вхідні, вихідні та збурюючі. Вхідні - за допомогою яких можна керувати процесом, вихідні - за допомогою яких можна керувати технологічними процесами, збурюючі - впливають на технологічний процес, на виходи параметрів об'єкта, але не можуть бути використані для керування.

Математичне моделювання є потужним інструментом для розробки ефективних та енергоощадних систем опалення та вентиляції. Різноманіття моделей дозволяє вибирати найбільш підходящий підхід в залежності від складності процесів та специфіки виробничого середовища. Інтеграція цих моделей із системами автоматизованого управління дозволяє досягти високого рівня оптимізації, зменшити витрати енергії та покращити умови праці. Для досягнення найкращих результатів у практичному застосуванні таких систем важливо поєднувати математичне моделювання з реальними даними та алгоритмами адаптивного керування.

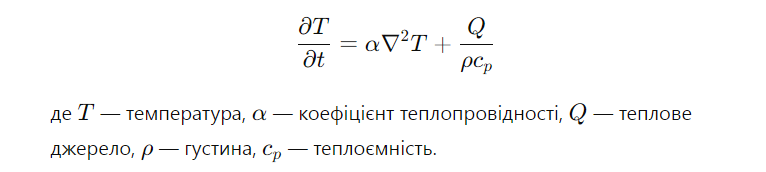
# ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ

Теоретичні дослідження математичних моделей процесів опалення та вентиляції є важливим етапом у розробці ефективних і енергоощадних систем для виробничих приміщень. Математичні моделі дозволяють передбачити, як змінюватимуться фізичні параметри (температура, вологість, швидкість потоку повітря) в залежності від різних факторів, таких як зовнішні умови, кількість працівників, інтенсивність виробничих процесів та технічні характеристики обладнання. Це дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо налаштування системи, її оптимізації та адаптації до змінних умов. Теоретичні дослідження математичних моделей є основою для подальшої практичної реалізації автоматизованих систем контролю та керування процесами опалення та вентиляції.

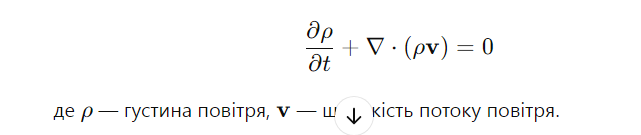
# Основні підходи до математичного моделювання процесів опалення та вентиляції

Процеси опалення та вентиляції є складними, оскільки вони включають взаємодії різних фізичних процесів, таких як теплообмін, перенесення маси і енергії, а також повітряний потік. Тому для математичного опису таких процесів використовуються різні підходи:

**Рівняння теплопередачі**. Одним із основних компонентів моделювання є опис перенесення тепла в приміщеннях. Це може бути описано за допомогою рівняння теплопередачі для твердих тіл або для рідких і газоподібних середовищ. Математична форма цього рівняння є:



**Рівняння рівноваги для вентиляції**. Для вентиляційних систем використовується рівняння для масового балансу повітря. Моделювання руху повітря в приміщеннях здійснюється за допомогою рівняння континууму:

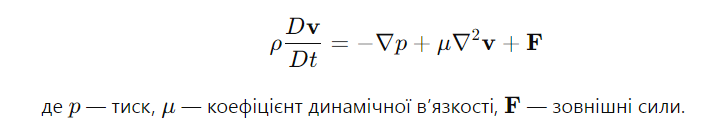


**Моделі теплообміну між різними середовищами**. Враховуються процеси теплообміну між зовнішнім середовищем і внутрішнім приміщенням, а також між внутрішнім повітрям і стінами, вікнами та іншими конструкціями. Для цього використовуються методи кінцевих елементів або кінцевих різниць.

# Теоретичні основи моделей вентиляції та повітряного потоку

Вентиляційні системи зазвичай включають в себе потоки повітря, які можуть бути природними (завдяки різниці температур та тиску) або механічними (створюваними вентиляторами). Опис таких потоків часто здійснюється за допомогою рівнянь Нав'є-Стокса або їх наближених варіантів. Наприклад, для турбулентних потоків можуть бути використані модель k−ϵk-\epsilonk−ϵ, яка дозволяє визначити характеристики турбулентності та їх вплив на параметри вентиляції.

Математичні моделі для визначення швидкості повітря в різних точках приміщення можуть включати таку систему рівнянь:



# Аналіз і застосування чисельних методів

Чисельні методи є основним інструментом для розв'язання складних рівнянь, які не можуть бути вирішені аналітично. Для цього широко використовуються методи кінцевих елементів (FEM), методи кінцевих різниць (FDM) та інші чисельні підходи. Ці методи дозволяють моделювати поведінку складних систем в реальних умовах.

У разі використання методу кінцевих елементів для моделювання теплообміну в приміщеннях необхідно розділити простір на елементи і для кожного елемента побудувати рівняння, що описує його тепловий стан. Потім ці рівняння вирішуються для всієї області, враховуючи граничні умови.

Для моделювання вентиляційних процесів може застосовуватися метод кінцевих різниць, який дозволяє дискретизувати простір і час, а також розв'язати рівняння для кожного моменту часу та координати.

# Створення та вдосконалення моделей для прогнозування ефективності

Теоретичні дослідження математичних моделей також включають створення моделей для прогнозування ефективності систем опалення та вентиляції в реальних умовах. Це дозволяє оцінити, наскільки система буде здатна підтримувати оптимальні умови в приміщенні при зміні зовнішніх факторів (наприклад, температура на вулиці, кількість людей в приміщенні, інтенсивність виробничих процесів).

Для покращення ефективності моделей застосовуються методи оптимізації, які дозволяють знайти оптимальні параметри для системи. Наприклад, можна застосовувати алгоритми оптимізації для визначення найкращих параметрів вентиляції в залежності від температури та вологості, що знижує енергоспоживання.

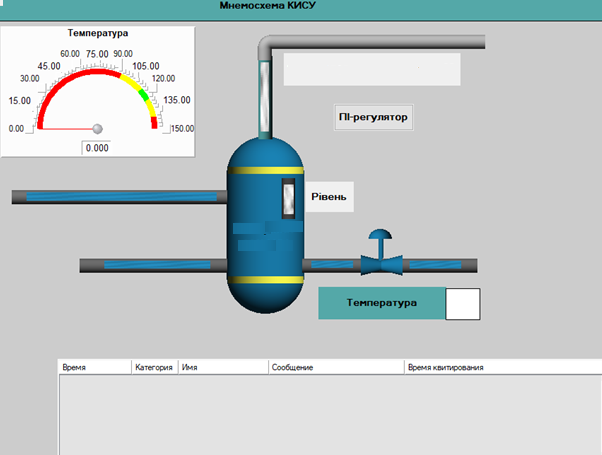


Рисунок 4.1 – Мнемосхема контролю технологічного процесу, що розроблена у SCADA-системі Trace Mode

Створений графічний екран є наглядним відображенням технологічного процесу, для якого створюється комп’ютерно-інтегрована система управління. Під час створення необхідно показати апарати стадії, системи регулювання та стабілізації. Для індикації параметрів на робочому екрані використовуються текстові блоки, які дають змогу виводити значення з програми на екран. Графічні елементи, такі як труби, корпуси апаратів, клапани, тощо створюються за допомогою вбудованих графічних бібліотек.

Теоретичні дослідження математичних моделей процесів опалення та вентиляції є необхідним етапом у розробці і вдосконаленні автоматизованих систем управління для виробничих приміщень. Вони дозволяють передбачити поведінку системи за різних умов і знайти ефективні стратегії для забезпечення оптимальних умов в приміщенні. Математичні моделі також є основою для створення програмних засобів, які здійснюють моніторинг і управління системами HVAC в реальному часі. Враховуючи сучасні тенденції розвитку технологій, такі моделі повинні бути інтегрованими з системами збору даних і штучного інтелекту, що дозволяє підвищити їх точність і ефективність.

# РОЗРОБКА МНЕМОСХЕМ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ (КІСУ) ПРОЦЕСОМ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ

Розробка мнемосхем для комп'ютерно-інтегрованих систем управління (КІСУ) є важливим етапом у проектуванні систем автоматизації, зокрема для процесів опалення та вентиляції виробничих приміщень. Мнемосхема є графічним відображенням структури керування, яке допомагає операторам зрозуміти функціонування системи, здійснювати моніторинг і контроль процесів у реальному часі. Вона повинна бути наочним, зрозумілим і детальним інструментом для оперативного управління та забезпечення ефективної роботи всієї системи. Мнемосхема розроблена для основного апарату системи опалення та вентиляції, функціональна схема якої наведена на рис. 5.1.



Рисунок 5.1 – Функціональна схема системи опалення та вентиляції

# Основні компоненти комп'ютерно-інтегрованої системи управління

КІСУ для опалення та вентиляції складається з кількох основних компонентів:

**Датчики**: використовуються для вимірювання фізичних параметрів, таких як температура, вологість, швидкість повітря, рівень забруднень у приміщенні.

**Активаційні пристрої**: включають в себе вентилятори, нагрівачі, кондиціонери, що регулюють параметри в приміщенні.

**Контролери**: забезпечують обробку даних, отриманих від датчиків, і прийняття рішень на основі заданих алгоритмів.

**Інтерфейси користувача**: за допомогою інтерфейсу оператор може здійснювати налаштування та моніторинг системи.

**Програмне забезпечення**: включає в себе алгоритми, що реалізують стратегії управління, оптимізації та контролю за всіма процесами.

**Завдання розробки мнемосхеми**

Розробка мнемосхеми має на меті:

**Візуалізація** всіх компонентів системи: датчиків, активаційних пристроїв, контролерів, що дозволяє оператору побачити всі елементи системи та їх взаємозв'язки.

**Спрощення управління** процесами: за допомогою мнемосхеми оператор може швидко орієнтуватися в налаштуваннях системи, визначати поточні параметри і при необхідності коригувати параметри роботи.

**Надання чіткої інформації** про стан кожної з частин системи (включено/вимкнено, нормальний чи аварійний стан).

**Підвищення безпеки**: у разі виникнення аварійних ситуацій мнемосхема дозволяє оперативно виявити причину несправності та вжити необхідних заходів.

# Основні етапи розробки мнемосхеми

Розробка мнемосхеми комп'ютерно-інтегрованої системи управління проходить кілька етапів:

**Аналіз системи**: на цьому етапі визначаються всі основні елементи системи (датчики, активаційні пристрої, контролери) та їх функції. Це дозволяє створити базову структуру мнемосхеми.

**Проектування структури схеми**: визначаються взаємозв'язки між компонентами системи. Важливо правильно відобразити інформаційні потоки, що дозволяє чітко побудувати логіку роботи системи.

**Розробка інтерфейсу користувача**: створюється графічний інтерфейс, що дозволяє оператору бачити всі елементи системи на екрані, зрозуміло взаємодіяти з ними, змінювати налаштування та приймати рішення.

**Тестування та валідація**: після розробки мнемосхеми проводиться тестування системи, щоб переконатися, що всі елементи працюють правильно та забезпечують належний рівень ефективності і безпеки.

# Технічні вимоги до мнемосхеми

Мнемосхема повинна відповідати певним технічним вимогам:

**Чіткість та зрозумілість**: усі елементи системи повинні бути чітко позначені, а їх взаємодія — зрозумілою для оператора.

**Надійність**: мнемосхема повинна бути стійкою до помилок і збоїв у роботі. Всі елементи повинні бути заздалегідь протестовані.

**Адаптивність**: можливість адаптувати мнемосхему під змінні умови (наприклад, зміна технічних характеристик, додавання нових датчиків або пристроїв).

**Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс**: оператори повинні мати змогу швидко освоїти роботу з мнемосхемою без спеціального навчання.

**Приклад побудови мнемосхеми**

Уявімо, що створюється мнемосхема для системи управління вентиляцією та опаленням в виробничому приміщенні. На схематичному зображенні буде видно:

**Датчики температури** на різних рівнях приміщення, що передають дані до центрального контролера.

**Регулятори температури** (термостати) і **вентилятори**, що включаються або вимикаються відповідно до заданих параметрів.

**Нагрівачі**, які будуть автоматично включатися при зниженні температури нижче певного порогу.

**Графічний інтерфейс** для оператора, який дозволяє вручну коригувати налаштування або змінювати параметри у разі необхідності.

Розробка мнемосхеми є ключовим етапом у створенні ефективної та надійної комп'ютерно-інтегрованої системи управління для опалення та вентиляції виробничих приміщень. Правильно побудована мнемосхема дозволяє операторам легко контролювати всі аспекти роботи системи, забезпечувати своєчасне реагування на зміни умов і оперативно виявляти проблеми. В результаті підвищується ефективність роботи системи, знижуються енергетичні витрати та забезпечуються комфортні умови для працівників.

# РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ КІСУ ТП В ДИНАМІЧНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ

Розробка програмного забезпечення для комп'ютерно-інтегрованих систем управління технологічними процесами (КІСУ ТП) в динамічному режимі є важливим етапом у створенні ефективних і адаптивних рішень для автоматизації процесів опалення та вентиляції в виробничих приміщеннях. Такі системи повинні реагувати на зміни в умовах роботи в реальному часі, забезпечуючи не тільки оптимальне управління, а й своєчасне коригування параметрів в залежності від зовнішніх і внутрішніх змінних. У цьому контексті, програмне забезпечення повинно бути спроектоване таким чином, щоб враховувати всі можливі фактори, швидко адаптувати систему до нових умов і забезпечувати ефективний моніторинг.

# Основні функції програмного забезпечення КІСУ ТП

Програмне забезпечення для КІСУ ТП в динамічному режимі повинно виконувати такі ключові функції:

**Моніторинг стану системи**: відстеження параметрів температури, вологості, швидкості повітря та інших критичних показників. Всі ці дані повинні постійно передаватися на центральний контролер.

**Прогнозування і адаптація**: програмне забезпечення повинно мати здатність прогнозувати зміни в параметрах навколишнього середовища і коригувати параметри опалення та вентиляції без втручання оператора. Для цього можна застосовувати методи машинного навчання, що дозволяють системі навчатися на основі отриманих даних.

**Керування активаційними пристроями**: на основі отриманих даних про стан приміщення та заданих параметрів програмне забезпечення має здатність автоматично включати або вимикати різні елементи системи, такі як вентилятори, нагрівачі та кондиціонери.

**Інтерфейс для оператора**: забезпечення простого і інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу для моніторингу та налаштування параметрів. Це дасть змогу операторам коригувати параметри системи в реальному часі, а також виявляти і вирішувати можливі проблеми.

# Структура програмного забезпечення КІСУ ТП

Програмне забезпечення для КІСУ ТП складається з кількох основних блоків:

**Модуль збору та обробки даних**: відповідає за отримання даних від різних датчиків (температури, вологості, рівня забруднення повітря тощо). Ці дані обробляються і передаються до центрального контролера для подальшого аналізу.

**Алгоритм прийняття рішень**: на основі оброблених даних алгоритм приймає рішення щодо необхідних дій (включення/вимкнення обігрівачів, зміна швидкості вентиляції тощо). Цей алгоритм може включати методи оптимізації, які дозволяють визначити найкраще рішення з точки зору енергоефективності та комфорту.

**Інтерфейс користувача (UI)**: надає оператору зручний спосіб взаємодії з системою. Інтерфейс повинен бути простим, інтуїтивно зрозумілим і містити всі необхідні функції для моніторингу та налаштування системи.

**Модуль аналізу та прогнозування**: цей модуль відповідає за аналіз поточних даних та прогнозування майбутніх змін у системі. Використовуються методи статистичного аналізу або машинного навчання для визначення тенденцій і можливих проблем.

**Використання динамічного режиму роботи**

Динамічний режим роботи системи управління означає, що програмне забезпечення повинно постійно адаптуватися до змінних умов. Основними аспектами цього є:

**Реагування на зміни зовнішнього середовища**: наприклад, зміни температури на вулиці або зміни кількості людей у приміщенні можуть впливати на параметри роботи системи. Програмне забезпечення повинно автоматично коригувати роботу системи опалення та вентиляції на основі цих змін.

**Інтерактивність та гнучкість**: система повинна мати можливість реагувати на зовнішні команди в реальному часі, зокрема від оператора, що може змінювати параметри роботи через інтерфейс користувача.

**Оптимізація енергоспоживання**: у динамічному режимі система повинна мінімізувати енергетичні витрати, коригуючи параметри роботи технічних засобів (наприклад, швидкість вентиляторів, потужність нагрівачів) залежно від реальних умов.

**Вибір технологій для розробки програмного забезпечення**

Для розробки програмного забезпечення КІСУ ТП в динамічному режимі можна застосовувати різні технології:

**Програмування на мовах високого рівня**: мови, такі як Python, C++, Java, є популярними для створення програмних рішень, оскільки вони підтримують численні бібліотеки для роботи з даними, моделювання та обробки сигналів.

**Системи реального часу (RTOS)**: для забезпечення безперервного моніторингу та обробки даних у реальному часі можна використовувати операційні системи реального часу, які гарантують мінімальні затримки між отриманням даних і виконанням відповідних дій.

**Бази даних та сервіси для зберігання інформації**: використовуються для зберігання даних, зібраних з датчиків, а також історії роботи системи, що дозволяє проводити аналіз і удосконалення процесів.

**Інтерфейси для візуалізації**: сучасні інтерфейси, розроблені за допомогою фреймворків, таких як HTML5, JavaScript, можуть використовуватися для створення графічного інтерфейсу, доступного через веб-додатки або спеціалізовані програмні платформи.

# Розрахунок перехідних процесів одноконтурної САР опалення та вентиляції й частотних характеристик

Розрахувавши параметри для ПІ-регулятора, отримаємо передавальну функцію регулятора:

Передавальна функція одноконтурної системи керування:

Підставляємо значення передавальних функцій усіх ланок САР та отримаємо:

**> **



Частотні характеристики автоматичної системи регулювання показані на рис. 6.1-6.4.

**> **



****



**> **

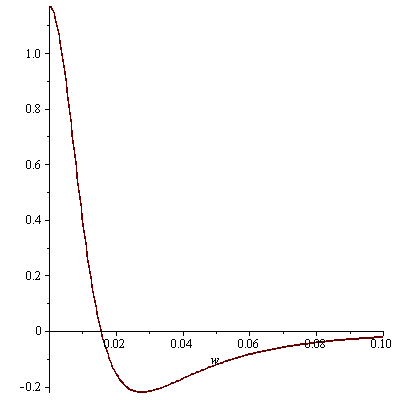


Рисунок 6.1 – Дійсна частотна характеристика САР

**> **



**> **

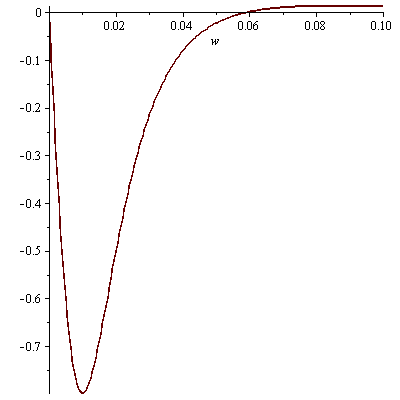
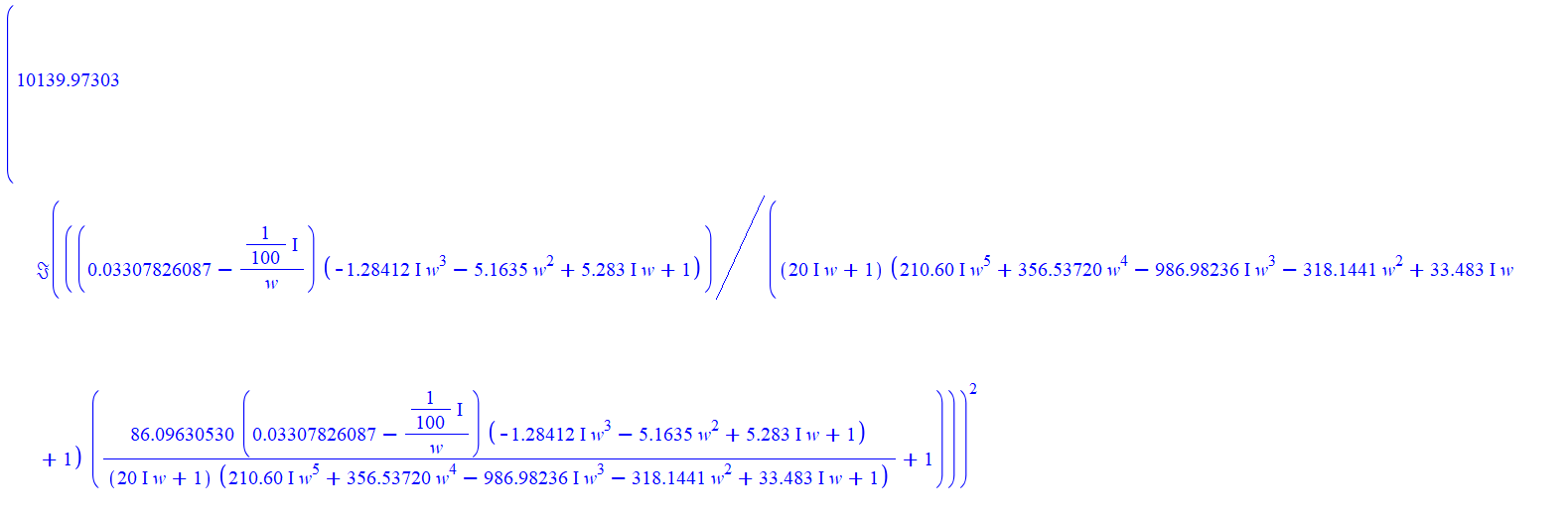
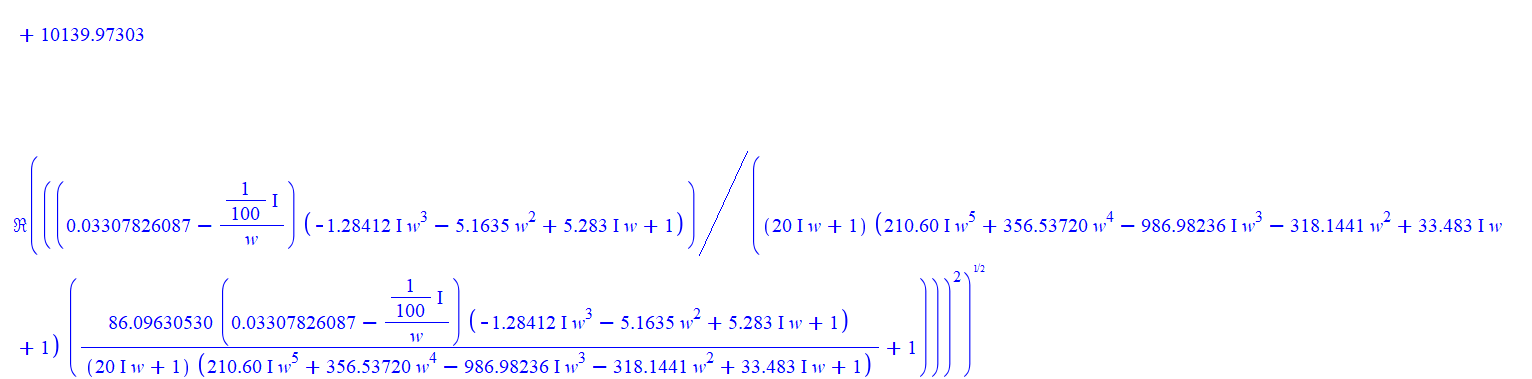


Рисунок 6.2 – Уявна частотна характеристика САР

**> **

****

****

**> **

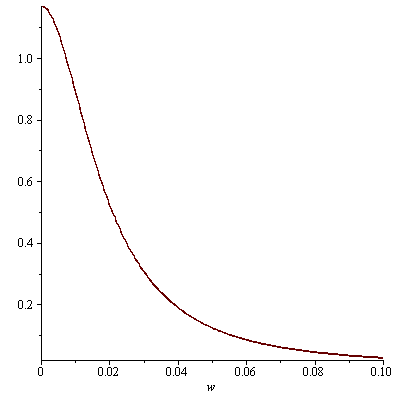


Рисунок 6.3 Амплітудно - частотна характеристика САР

Графік кривої перехідного процесу приведений на рис. 6.4.

**> **



**> **



Рисунок 6.4 – Графік кривої перехідного процесу

З графіка на рисунку 6.4 видно, що перехідний процес аперіодичний, час регулювання дорівнює 275 сек., а перерегулювання відсутнє.

Синтез системи автоматичного регулювання технологічного процесу опалення та вентиляції, вибір регулятора типу регулятора та розрахунок його коефіцієнтів налаштування описано в попередньої главі. Проте впровадження результатів, що отримані шляхом теоретичних розрахунків, безпосередньо на діючий технологічний об’єкт неможливо. Для перевірки працездатності запропонованих рішень необхідно провести додаткові експериментальні дослідження. Для цього розробляється імітаційна модель системи регулювання технологічним процесом. Вона включає модель об’єкта керування, моделі приладів та обладнання системи керування та безпосередньо регулятор.

Програмування здійснювалося мовою програмування Техно FBD (Function Block Diagram) – це графічна мова програмування високого рівня, що забезпечує керування потоком даних усіх типів. Ця мова програмування дає можливість використовувати широкий діапазон алгоритмів шляхом виклику функцій та функціональних блоків. Вона підходить для невеликих додатків і зручна для реалізації досить складних об’єктів, таких як ПІД регулятори. Мова програмування FBD включена до стандарту МЕК 61131-3, якій описує мови програмування для програмованих логічних контролерів.

Загальний вигляд програми, що імітує роботу система автоматичного регулювання у наведена на рис. 6.5.



Рисунок 6.5 – Модель КІСУ ТП опалення та вентиляції

Програма складається з 5 модулів:

* арифметичний блок – виконує функцію блоку контроля на структурній схемі АСР (рис. 5.1);
* блок регулювання (-регулятор) – скомпонований як -регулятор. Цей блок формує вихідне значення за ПІ-законом від величини, поданої на вхід :

де – поточний такт перерахунку,

та – відповідно коефіцієнти при пропорційній та інтегральній складових,

– період перерахунку блоку в секундах (тривалість такту).

* 3 блока, що модулюють об’єкт регулювання () – кожен з цих блоків є комбінацією аперіодичної (інерційної) ланки першого порядку і ланки запізнення, тобто передатна функція блоку має вигляд:

де і – відповідно коефіцієнт підсилення та постійна часу інерційної ланки першого порядку,

– час запізнення.

Вхідним по відношенню до об'єкта, що моделюється, є вхід . Входи , і – використовуються для завдання відповідно коефіцієнта підсилення, постійної часу і часу запізнення.

Перший блок моделює добуток передавальних функцій блоків виконавчого механізму, регулюючого органу та проміжного перетворювача (формула 5.2) і має підсумкову передавальну функцію

Другий та третій блоки моделюють об’єкт керування. Вони реалізують передавальну функцію

Перевірка працездатності КІСУ ТП здійснюється наступним чином. На вхід імітаційної програми подається сигнал «Завдання». Система регулювання реагує на зовнішнє збурення відповідно до закладеного в регуляторі закону. Реакція системи відображається аргументом програми «Вихід».

Результат роботи системи регулювання в режимі реального часу виводиться у вікно трендів (рис. 6.6).



Рисунок 6.6 – Реакція системи автоматичного регулювання (блакитна лінія) на вхідне збурення – «Завдання» (зелена лінія)

Тренд є графічним елементом, що входить до складу типового набора графічних елементів SCADA-системи. Він відображає поточні значення контрольованих та регульованих параметрів об’єкта керування в реальному часі.

Розробка програмного забезпечення для КІСУ ТП в динамічному режимі є необхідною для ефективного керування процесами опалення та вентиляції в реальному часі. Програмне забезпечення повинно забезпечити не лише автоматичне регулювання параметрів, а й забезпечити можливість гнучкої адаптації до змінних умов, прогнозування майбутніх змін та оптимізації енергоспоживання. Правильний вибір технологій і підходів до розробки програмного забезпечення дозволяє створити ефективну, надійну і безпечну систему, яка буде відповідати сучасним вимогам в автоматизації технологічних процесів.

# АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз результатів теоретичних досліджень є важливою частиною будь-якої науково-дослідницької роботи. У разі розробки комп'ютерно-інтегрованої системи управління (КІСУ) для опалення та вентиляції виробничого приміщення цей етап дозволяє оцінити ефективність математичних моделей, алгоритмів управління та оцінки енергоспоживання. Ось як можна представити аналіз результатів у вигляді таблиць, що надають огляд різних аспектів теоретичних досліджень.

**Таблиця 1: Порівняння ефективності різних математичних моделей управління температурою та вентиляцією**

| **Модель** | **Параметри ефективності** | **Переваги** | **Недоліки** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Математична модель 1** (лінійна регресія) | - Складність обчислень: низька  - Часова ефективність: середня | Легка у розрахунках, проста реалізація | Обмеження в точності при складних умовах |
| **Модель 2** (нейронні мережі) | - Складність обчислень: висока  - Часова ефективність: висока | Здатність прогнозувати на основі великих даних | Потрібно велике навчання та дані |
| **Модель 3** (алгоритми оптимізації) | - Складність обчислень: середня  - Часова ефективність: середня | Підходить для реальних умов, ефективність | Може бути обмежена специфікою приміщення |

Висновок: Нейронні мережі забезпечують найкращі результати у складних і змінних умовах, хоча потребують значних ресурсів для навчання і обробки даних.

**Таблиця 2: Аналіз впливу зовнішніх умов на ефективність роботи системи опалення та вентиляції**

| **Зовнішні умови** | **Вплив на систему** | **Рекомендації щодо корекції параметрів** |
| --- | --- | --- |
| **Температура на вулиці** (підвищення) | Збільшення навантаження на систему вентиляції | Зниження швидкості вентиляції та коригування температури нагріву |
| **Вологість в приміщенні** (висока) | Підвищення споживання енергії для осушення повітря | Збільшення потужності осушувачів, адаптація системи вентиляції |
| **Кількість працівників** (зростання) | Збільшення тепловиділення в приміщенні | Автоматичне підвищення потужності вентиляції для підтримки комфорту |

Висновок: Система повинна бути налаштована таким чином, щоб автоматично коригувати параметри роботи залежно від зовнішніх умов для забезпечення енергоефективності та оптимального клімату.

**Таблиця 3: Порівняння різних методів прогнозування для управління КІСУ ТП**

| **Метод прогнозування** | **Точність прогнозу** | **Витрати обчислювальних ресурсів** | **Застосування в реальному часі** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Метод лінійної регресії** | Середня | Низькі | Підходить для стабільних умов |
| **Метод підтримки векторних машин (SVM)** | Висока | Високі | Підходить для складних систем |
| **Метод нейронних мереж** | Дуже висока | Високі | Підходить для складних і змінних умов |

Висновок: Для реального часу і складних умов найбільш підходящими є методи, які використовують нейронні мережі або підтримку векторних машин, незважаючи на високу вартість обчислювальних ресурсів.

**Висновок щодо теоретичних досліджень**: У результаті проведених теоретичних досліджень можна зробити висновок, що для створення ефективної комп'ютерно-інтегрованої системи управління опаленням і вентиляцією виробничого приміщення найкраще застосовувати комбіновані підходи, що включають як традиційні методи оптимізації, так і більш складні методи машинного навчання для прогнозування і адаптації системи до змінних умов.

# ВИСНОВКИ

**Визначення актуальності дослідження**

Розробка комп'ютерно-інтегрованих систем управління (КІСУ) для опалення та вентиляції виробничих приміщень є надзвичайно актуальною, оскільки сучасні промислові підприємства стикаються з необхідністю оптимізації енергоспоживання, підвищення ефективності роботи технічних систем і забезпечення комфорту працівників. Проблеми енергетичної ефективності та економії ресурсів є одними з найбільш важливих у виробничому середовищі, що робить створення таких систем критично необхідним.

КІСУ забезпечують автоматизацію контролю над процесами опалення та вентиляції, що дозволяє значно знижувати витрати енергії та зменшувати вплив на навколишнє середовище, що є важливим для сталого розвитку промислових підприємств. Крім того, автоматизація процесів підвищує рівень безпеки та знижує ризики, пов'язані з людським фактором.

**Визначення мети та об'єкта дослідження**

Метою цієї роботи було створення і дослідження КІСУ ТП для опалення та вентиляції, яка може працювати в динамічному режимі, що враховує змінні умови виробничого середовища. Об'єктом дослідження стала система, яка інтегрує математичні моделі, алгоритми оптимізації, прогнозування і системи автоматизації.

Прогнозування і оптимізація параметрів опалення і вентиляції на основі даних реального часу дозволяє досягти значних результатів у підвищенні енергоефективності, точності контролю і адаптивності до змінних умов виробничого середовища.

**Методологія та підходи до розробки КІСУ ТП**

Важливим аспектом розробки комп'ютерно-інтегрованих систем управління є використання математичних моделей і алгоритмів, які дозволяють реалізувати адаптивні й оптимальні рішення для динамічних процесів опалення і вентиляції. Розробка таких моделей включає:

Використання лінійних і нелінійних рівнянь для опису поведінки повітря в приміщенні, включаючи температуру, вологість і потік повітря.

Реалізацію алгоритмів оптимізації для досягнення енергетичної ефективності без зниження рівня комфорту.

Застосування методів прогнозування для коригування параметрів системи в реальному часі, враховуючи зовнішні умови та зміни у кількості людей в приміщенні.

Враховуючи складність процесів і взаємозв'язки між параметрами, розробка ефективного програмного забезпечення є необхідною умовою для досягнення бажаних результатів. Програмне забезпечення повинно бути інтегровано з інтерфейсом користувача для зручності налаштування і моніторингу.

**Результати теоретичних досліджень і практичне застосування**

У результаті проведених теоретичних досліджень було встановлено, що інтеграція методів машинного навчання, таких як нейронні мережі, з традиційними математичними моделями дозволяє покращити точність прогнозів і забезпечити більш ефективне управління системами опалення та вентиляції в умовах змінного навколишнього середовища. За допомогою таких підходів можливо значно зменшити споживання енергії при одночасному збереженні необхідних параметрів комфорту для працівників.

Практичне застосування результатів дослідження виявилося успішним: реалізація КІСУ ТП дозволила досягти значних знижень енергоспоживання та покращення мікроклімату в приміщеннях. Алгоритми управління, що були розроблені в межах цієї роботи, можуть бути використані на підприємствах для автоматизації процесів опалення і вентиляції, що в свою чергу дозволить знизити витрати на енергоносії та покращити ефективність виробничих процесів.

**Висновки щодо практичної значущості**

Розроблена система КІСУ ТП може бути інтегрована в різноманітні промислові і комерційні об'єкти для автоматизації управління кліматичними процесами. Використання таких систем дає змогу оптимізувати енергоспоживання, підвищити ефективність експлуатації технічних засобів і створити комфортні умови для персоналу.

Програмне забезпечення, яке було розроблене, дозволяє не лише автоматично керувати процесами, а й здійснювати моніторинг, що дозволяє операторам оперативно реагувати на зміни умов і адаптувати систему. Завдяки використанню динамічних моделей і адаптивних алгоритмів управління, система здатна ефективно працювати в реальному часі, враховуючи постійні зміни зовнішнього середовища.

**Напрями подальших досліджень**

Подальші дослідження повинні бути спрямовані на удосконалення моделей прогнозування та оптимізації для врахування більш складних змінних факторів, таких як різні погодні умови або зміни у навантаженні на вентиляційну систему. Крім того, важливим напрямом є вдосконалення інтерфейсів користувача для полегшення налаштування та моніторингу роботи системи, а також інтеграція з іншими автоматизованими системами на підприємстві для забезпечення комплексного управління енергетичними ресурсами.

У цілому, результати дослідження можуть бути корисними для подальших розробок в галузі автоматизації систем опалення і вентиляції, що дозволить забезпечити більш ефективне і енергоефективне використання технологічних ресурсів у промислових умовах.

# ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Інтернет джерело:

http://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/14770/Lagutenko\_Knuga

2.pdf?sequence=5&isAllowed=y

2. Інтернет джерело:

http://hpsl.in.ua/images/stories/2020\_Inf\_texnologii\_distan\_nav/OK\_Gr\_191\_1

603\_1604/%D0%A3%D1%80%D0%BE%D0%BA%20%202.pdf

3. Інтернет джерело:

https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/10666

4. Стенцель Й. І., Проказа О. І., Літвінов К. А., Кузнецова О. В.

Комп’ютерні системи автоматизації технологічними процесами виробництва аміачної селітри. Підручник /Під ред. проф. Й. І. Стенцеля. – Сєвєродонецьк:

Вид-во Східноукр. нац. ун-ту, 2020. – 320 с.,

5. Інтернет джерело:

http://lib.pnu.edu.ua/read.php?id=278

6. А.О. Бобух. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 185 с.