

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

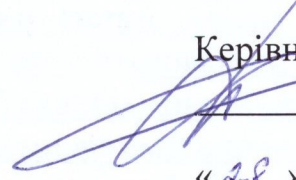
Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

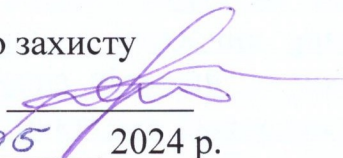
Бакалаврська дипломна робота на тему:

«АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ
ТОРГОВОГО ЦЕНТРУ»

Виконав: студент 4 курсу, гр. 1ЕМ-206
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)
 Зореслав ЯЦЬКОВ
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

Керівник: д.т.н., професор кафедри КЕМСК
 Володимир ГРАБКО
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)
«28» 05 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ
 Олексій Бабенко
(прізвище та ініціали)
«10» 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри 
«28» 05 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Освітньо-професійна програма «Електромеханіка»

“~~11~~” 03 2024 року

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Об'єкт, предмет, мета та завдання дослідження. Аналіз та характеристики об'єкту дослідження. Аналіз існуючих рішень автоматизованого управління процесом вентиляції. Аналіз існуючих рішень автоматизованого управління процесом вентиляції. Аналіз підходів до побудови схем автоматизації системи вентиляції. Узагальнена структурна схема системи автоматичного регулювання. Узагальнена структурна схема СКВ як об'єкта автоматизації. Функціональна схема розміщення давачів і виконавчих механізмів. Схеми електричні принципові з'єднань та живлення. Схеми електричні принципові з'єднань та живлення. Розробка алгоритму функціонування АСУ вентиляції. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Спеціальна частина	д. т. н., проф. каф. КЕМСК Гребко В.В.	11.03.24	28.05.24
Охорона праці	Зав. каф. БЖДПБ, д.пед.н., проф. Кобилянський О. В.	11.03.24	28.05.24

7. Дата видачі завдання 11.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.2024	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	21.05.2024	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	28.05.2024	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	28.05.2024	
5	Попередній захист БДР	28.05.2024	
6	Нормоконтроль БДР	28.05.2024	
7	Рецензування БДР	10.06.2024	
8	Захист БДР	13.06.2024	

Студент

(підпис)

Гуков З.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гребко В.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 123 сторінок формату А4, на яких є 21 рисуноків, 15 таблиць, список використаних джерел містить 28 найменувань.

В роботі розглянуто будову системи вентиляції та основні її вузли. Проведено детальний аналіз особливостей та характеристик різних систем вентиляції та кондиціювання, сформовано основні завдання автоматизації припливно-витяжної вентиляції, розроблено загальну структурну схему автоматичного управління вентиляцією, розроблено функціональну схему автоматизованого управління. Здійснено вибір сенсорів та виконавчих механізмів, програмованого логічного контролера, розглянуто принципи роботи контуру регулювання, розроблено та розраховано електричні принципові схеми з'єднань та живлення. Розроблено алгоритм функціонування системи вентиляції та виконано розрахунок регулюючого органу АСР температури та розрахунок надійності каналів регулювання.

Ключові слова: вентиляція, система регулювання, торговий центр, контури регулювання, схема принципова, схема структурна, алгоритм, регулюючий орган, надійність.

ABSTRACT

The bachelor's qualification work consists of 123 pages of A4 format, on which there are 21 figures, 15 tables, the list of used sources contains 28 titles.

The structure of the ventilation system and its main nodes are considered in the work. A detailed analysis of the features and characteristics of various ventilation and air conditioning systems was carried out, the main tasks of automation of supply and exhaust ventilation were formed, a general structural scheme of automatic ventilation control was developed, and a functional scheme of automated control was developed. The selection of sensors and actuators, the programmable logic controller, the principles of operation of the control circuit were considered, the electrical schematic diagrams of connections and power supply were developed and calculated. An algorithm for the functioning of the ventilation system was developed, and the calculation of the ACP temperature regulating body and the calculation of the reliability of the regulation channels were performed.

Keywords: ventilation, regulation system, shopping center, regulation contours, principle diagram, structural diagram, algorithm, regulatory body, reliability.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Будова системи вентиляції	8
1.2 Опис схеми технологічного процесу вентиляції та кондиціонування...	12
1.3 Аналіз особливостей об'єкту та технологічних середовищ.....	14
1.4 Параметри контролю і регулювання.....	15
2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ	17
2.1 Основні принципи побудови систем кондиціонування та вентиляції.....	17
2.2 Постановка задачі дослідження.....	32
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	34
4 РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ.....	36
4.1 Основні завдання автоматизації системи вентиляції.....	36
4.2 Розробка загальної структурної схеми автоматичного управління вентиляцією.....	37
5 РОЗРОБКА СХЕМ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА ПРИНЦИПОВИХ. ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ.....	43
5.1 Передумови для автоматизації.....	43
5.2 Розробка та опис системи автоматичного управління вентиляцією.....	47
5.3 Вибір сенсорів та виконавчих механізмів.....	49
5.4 Вибір та обґрунтування програмованого логічного контролера.....	53
5.5 Розробка електричних принципових схем з'єднань.....	59
5.6 Розробка електричних принципових схем живлення.....	64
6 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ....	68
7 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	74

8 МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ.....	80
9 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	84
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	98
ДОДАТКИ.....	101
ДОДАТОК А (обов'язковий) Технічне завдання.....	101
ДОДАТОК Б Ілюстративна частина.....	106
ДОДАТОК В Протокол перевірки дипломної роботи на наявність текстових запозичень.....	123

ВСТУП

Головним завданням автоматизації є втілення автоматичних систем і виведення участі людини з управління технологічними процесами в складних умовах, з великою кількістю вимірювальних і регулюючих параметрів. Тому основними шляхами отримання прибутків від втілення систем автоматизації є:

- збільшення продуктивності обладнання,
- збільшення точності вимірювання і регулювання,
- підтримання технологічних параметрів на заданому рівні,
- економія енергоресурсів,
- виключення участі людини з управління процесами, де використовуються отруйні та токсичні речовини.

З бурхливим розвитком технологічних засобів – мікропроцесорної техніки і персональних електронно-обчислювальних машин, функціональні можливості яких дають змогу використовувати найдосконаліші методи в рамках сучасних складних систем управління. Сучасні системи автоматизації на базі мікропроцесорних пристроїв мають широкі функціональні можливості і досконалі технічні характеристики, які забезпечують підвищення надійності та швидкодії системи, оперативності управління, збільшення кількості входів і виходів, поліпшення комфортності праці оператора.

Основними напрямками технічного прогресу в допоміжному виробництві є впровадження автоматизованих ліній з можливістю вдосконалення систем управління.

Мікроклімат, необхідний для забезпечення умов роботи виробничого персоналу, отримання високої якості продуктів, зберігання сировини та готової продукції, забезпечення довговічності будівельних конструкцій підтримується при допомозі систем вентиляції та кондиціювання повітря.

У наш час, використання систем вентиляції та кондиціювання повітря нарастає не тільки через вимоги сучасності, але й через життєву необхідність. Ці системи знаходять своє застосування у різних типах приміщень, включаючи

житлові будинки та ті, де особливо важливі оптимальні кліматичні умови, такі як температура та вологість.

Актуальність. Однією з головних причин проведення досліджень у цій області є потреба у вдосконаленні управління системами вентиляції та кондиціонування повітря. Автоматизація цих процесів дозволить забезпечити сталі кліматичні умови у приміщенні, забезпечити постійність параметрів повітря та, за необхідності, можливість їх регулювання у визначений час та в потрібному діапазоні.

Впровадження повного автоматизованого управління системами вентиляції та кондиціонування повітря у торговому центрі має потенціал:

- значно знизити експлуатаційні витрати та зменшити споживання електроенергії;
- забезпечити постійний моніторинг роботи системи вентиляції та кондиціонування повітря протягом її функціонування;
- здійснити захист важливих механізмів системи вентиляції та кондиціонування повітря від потенційних поломок і аварій.

Об'єктом дослідження в роботі є процеси перетворення енергії, які протікають в електротехнічній системі управління вентиляцією торгового центру.

Предметом дослідження є структури та математичні моделі, які дозволяють підвищити експлуатаційну функціональну ефективність системи управління вентиляцією торгового центру.

Метою бакалаврської дипломної роботи є підвищення надійності та ефективності функціонування системи управління вентиляцією торгового центру за рахунок вдосконалення електричної схеми шляхом впровадження сучасних засобів автоматизації. Пропонована автоматизація забезпечує мінімальне втручання людини у виробничий процес, що призводить до зниження собівартості виробленої продукції за рахунок підвищення ефективності виробництва.

В процесі виконання поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі**:

1. Розглянути будову системи вентиляції та основні її вузли.
2. Провести детальний аналіз особливостей та характеристик різних систем вентиляції та кондиціювання, виконати постановку задачі дослідження та сформулювати основні вимоги, що пред'являються до систем автоматичного регулювання та контролю.
3. Сформувати основні завдання автоматизації припливно-витяжної вентиляції, розробити загальну структурну схему автоматичного управління вентиляцією.
4. Розробити функціональну схему автоматизованого управління. Здійснити вибір сенсорів та виконавчих механізмів, програмованого логічного контролера, розробити схеми електричні принципи.
5. Розробити алгоритм функціонування системи вентиляції, із врахуванням мінімального часу виходу на заданий режим із зменшенням витрати електроенергії на 20-40%.
6. Виконати розрахунок регулюючого органу АСР температури та розрахунок надійності каналів регулювання.
7. Сформувати основні заходи щодо безпечної експлуатації електропривода деревообробного верстата.

Публікації. За тематикою дослідження опубліковано 1 тези доповідей матеріалів конференцій:

До питання автоматизації системи управління вентиляцією торгового центру / З.О. Яцьков, В.В. Грабко – Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», Вінниця, 2024. [Електронний ресурс]. URL:.. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 3 с.

1 АНАЛІЗ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Будова системи вентиляції

Склад системи вентиляції залежить від її типу. Найбільш складними та часто використовуваними є припливні та припливно-витяжні механічні системи вентиляції. Типова механічна припливна вентиляційна система складається з наступних компонентів, розташованих у напрямку руху повітря, від входу до виходу:

- повітрозабірні ґрати
- повітряний клапан
- фільтри очищення повітря
- нагрівач (калорифер)
- вентилятор
- шумоглушник
- мережу повітроводів
- розподільники повітря

та оснащена **автоматичною системою управління**.

Повітря потрапляє в систему вентиляції через повітрозабірні ґрати, встановлені на зовнішній стіні будівлі. Решітка виконує не тільки декоративні функції - вона захищає систему вентиляції від потрапляння всередину крапель дощу, тополиного пуху, дрібного сміття.

Серйозна система вентиляції швидко вийде з ладу через механізми пилу, що потрапляє, якщо не встановити в ній фільтри для очищення припливного повітря. За розмірами пилових частинок, що вловлюються, повітряні фільтри діляться на 3 класи - фільтри грубої (від 10 мкм), тонкої (від 1 мкм) і особливо тонкої (від 0.1 мкм) очищення.

Для захисту від пилу систем вентиляції та побутових приміщень, що обслуговуються, зазвичай достатньо фільтра грубого очищення, що являє собою зазвичай металізовану сітку або тканину з синтетичних волокон (наприклад,

акрил). У разі більш високих вимог до чистоти повітря фільтри грубого очищення застосовуються як перший ступінь перед ефективнішими фільтрами.

У фільтрах тонкого очищення зазвичай застосовується склотканина, іноді зі спеціальним просоченням, в них також нерідко застосовується активоване вугілля. Ці фільтри зазвичай використовуються у випадках великого запиленості повітря, а також у приміщеннях з більш високими вимогами до чистоти повітря, наприклад, у музеях, лікарнях, лабораторіях, при виробництві продуктів харчування, у фармацевтичній промисловості. Фільтри з активованим вугіллям застосовуються для поглинання газів та парів токсичних речовин. Бажано встановлювати їх, якщо поруч із об'єктом знаходяться великі заводи чи автомагістралі.

Загальна схема системи вентиляції приведена на рисунку 1.

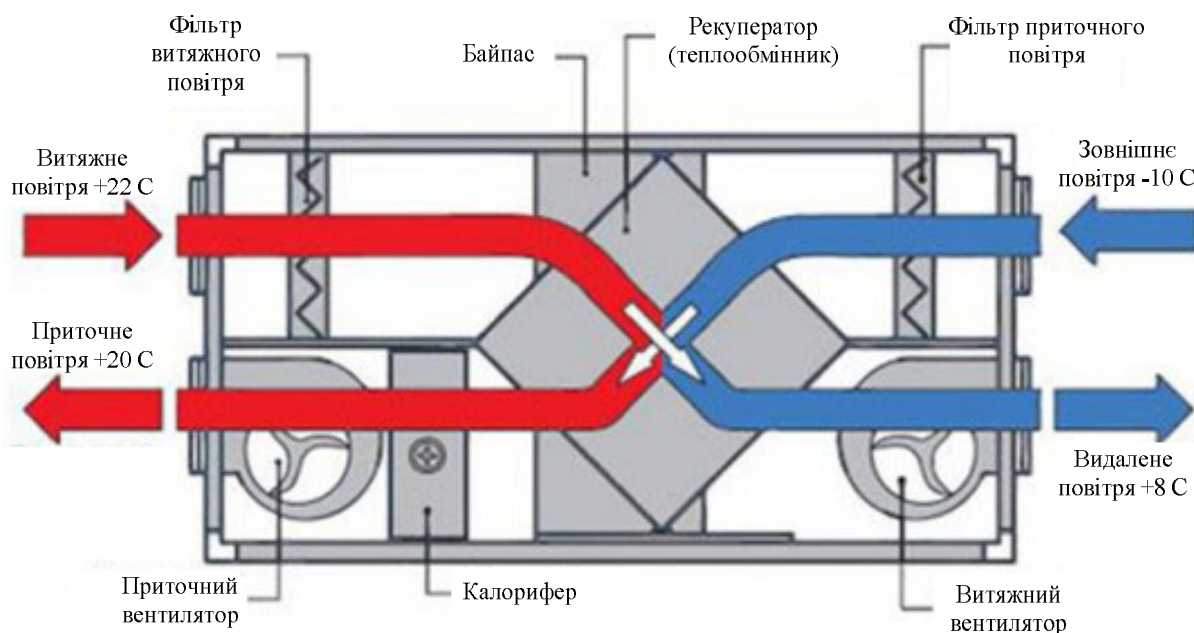


Рисунок 1.1 – Загальна схема системи вентиляції

Матеріалом для фільтрів особливо тонкого очищення є клеєне скловолокно, клеєний папір із субмікронних волокон, іноді з гідрофобним покриттям. Ці фільтри застосовують у медичних операційних, при бактеріологічних дослідженнях, у про "чистих приміщеннях" підприємств електронної та оптичної промисловості. Їх встановлюють як другий чи третій щаблі очищення, зазвичай безпосередньо перед розподільцем повітря.

Всі фільтри необхідно періодично очищати (у вугільних - змінювати змінний елемент на новий), тому що забруднений фільтр знижує продуктивність роботи всієї системи вентиляції, а при дуже сильному забрудненні пил, що потрапив всередину, може вивести вентилятор з ладу. Можна встановити на систему вентиляції датчики, що вимірюють тиск до і після роботи фільтра - збільшення різниці тиску вказуватиме на необхідність очищення фільтрів.

Повітронагрівач (калорифер) служить для підігріву холодного повітря, що надходить з вулиці. Калорифер може бути водяним чи електричним. У невеликих установках припливу зазвичай використовують електричні калорифери. У великих системах електричні калорифери вимагали дуже високої потужності електромереж і витрачали занадто багато електроенергії, тому там встановлюють дорожчі і складні водяні калорифери.

Для зменшення необхідної потужності калориферу і зниження витрат на електроенергію можна використовувати рекуператор - пристрій, за допомогою якого здійснюється теплообмін холодного повітря, що надходить з вулиці, і теплого, що видається з приміщення (повітряні потоки при цьому не змішуються. Варто рекуператор не дешево, але економія електроенергії при його використанні може становити від 30 до 90%.

Вентилятор – головна деталь вентиляційної системи. Саме він забезпечує надходження повітря у приміщення, що вентилюється. Основні параметри, за якими вибирається вентилятор для кожної системи - продуктивність (кількість повітря, що прокачується вентилятором за годину), повний тиск (тобто можливість вентилятора перемістити повітря на потрібну відстань, подолавши опір фільтра, повітроводів, ґрат), габарити, рівень шуму . За конструкцією вентилятори діляться на осьові (виглядають приблизно як звичайні побутові вентилятори) і радіальні (пустотілий циліндр із встановленими на ньому паралельно осі обертання лопатками). Осьові вентилятори мають хорошу продуктивність, але низький повний тиск, тому в системах вентиляції з мережею повітроводів використовуються радіальні вентилятори.

Вентилятор – це основне джерело шуму у системі вентиляції. Для запобігання поширенню шуму по повітропроводах в системі вентиляції встановлюють шумоглушник. Зазвичай він є коробкою або циліндром з тонкого металевого листа, облицьований зсередини звукопоглинаючим матеріалом - скловолокном, мінеральною ватою і т.п.

Після шумоглушника повітряний потік потрапляє у повітропровідну мережу, що складається з повітропроводів та фасонних виробів – перехідників, поворотів, розгалужувачів. Основні параметри повітропроводів - площа перерізу, тип (гнучкий, напівгнучкий жорсткий), форма (кругла або прямокутна).

Площа перерізу повітропроводів підбирається виходячи з розрахункового значення повітрообміну та максимально допустимої швидкості повітря (при дуже великій швидкості повітря повітропровід стає джерелом шуму).

Жорсткі повітроводи зазвичай виготовляються з листової оцинкованої або нержавіючої сталі. Вони можуть мати круглу або прямокутну форму. При однаковій площі перерізу круглі повітроводи створюють менший аеродинамічний опір, ніж прямокутні, вони міцніші за прямокутні при однаковій товщині стінки, менш трудомісткі у виготовленні. Перевага прямокутних повітропроводів тільки в тому, що при відкритій прокладці вони краще вписуються в інтер'єр громадських будівель і простіше розміщуються у просторах з обмеженою висотою.

Гнучкі та напівгнучкі повітроводи виготовляються з багат шарової алюмінієвої фольги, форму їм надає спіральний каркас із сталевго дроту. Ці повітроводи дуже легкі, при транспортуванні їх можна складати «гармошкою» (напівгнучкі повітроводи після розтягування не підлягають подальшому стиску), у розкритому стані вони можуть монтуватися під кутом. Їх головні недоліки - високий аеродинамічний опір, який може виявитися надмірним при протяжній мережі. Тому їх застосовують лише на ділянках невеликої довжини.

У приміщення повітря потрапляє через повітророзподільні пристрої - ґрати, плафони та ін. Решітки можуть бути круглої, квадратної, прямокутної форми, металеві або пластмасові, різних кольорів та розмірів. Ґрати та плафони

мають не тільки декоративні функції, вони служать для рівномірного розподілу повітря в приміщенні. Залежно від конструкції вони утворюють компактні, неповні віялові, плоскі або інші типи струменя повітря. Повітророзподільники можуть бути, крім того, забезпечені регулюючими пристроями (регулятор витрати, регулятор напрямку та ін.)

Остання ланка системи вентиляції – **автоматична система управління**. Найпростіша система управління – кнопка ввімкнення/вимкнення. У сучасних вентиляційних установках використовують більш складну систему з елементами автоматики, що включає калорифер при зниженні температури повітря, що стежить за чистотою фільтра, керує повітряним клапаном і т.д.

1.2 Опис схеми технологічного процесу вентиляції та кондиціювання

Установки кондиціювання повітря застосовують на підприємствах харчової промисловості для створення нормальних умов роботи людей і техніки у виробничих приміщеннях протікання технологічних процесів, зберігання сировини і готової продукції, торгово-промислових центрах.

Структурна схема кондиціювання повітря наведена на рисунку 1.3.

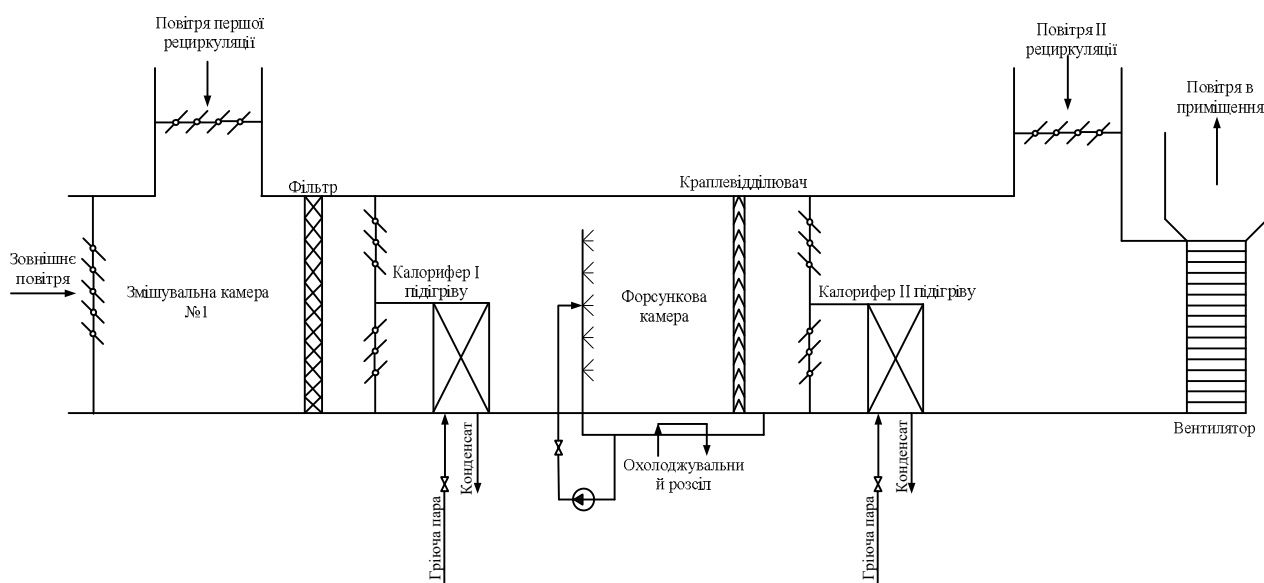


Рисунок 1.3 – Структурна схема кондиціювання та вентиляції повітря

Зовнішнє повітря всмоктується через вхідний патрубок в змішувальну камеру, де в зимній час змішується з циркуляційним повітрям із приміщення. Співвідношення між витратами зовнішнього і циркуляційного повітря визначається положенням засувки на патрубках. Далі повітря очищується фільтром від пилу, нагрівається калорифером першого підігріву і попадає на форсункову камеру, в якій розбризкується вода. Тут повітря в зимній час зволожується, а в літній – охолоджується.

Вода до форсунок подається насосом із піддону форсункової камери. Температура в піддоні підтримується шляхом циркуляції води через холодильний агрегат. Вологе повітря, стан якого характеризується "точкою роси", пройшовши краплевідділювач, підігрівається в зимній час калорифером другого підігріву, де отримує задану температуру і вологість. Із розташованої за калорифером другої змішувальної камери разом з добавкою другої рециркуляції повітря всмоктується вентилятором і подається в приміщення. Добавка повітря другої рециркуляції застосовується в літній час.

Ефективність роботи установки кондиціонування повітря визначається точністю підтримання вихідних параметрів – температури і вологості повітря в приміщенні, а також витратами на нагрівання і зволоження або охолодження повітря. Ці параметри залежать від багатьох вхідних і проміжних величин, таких як температура і вологість зовнішнього повітря, температура води в піддоні форсункової камери, кратність повітрообміну, температура насиченого повітря після краплевідділювача і інших факторів.

Для забезпечення найкращих умов протікання технологічного процесу в приміщенні необхідно підтримувати вологовміст повітря після краплевідділювача на заданому рівні, стабілізувати температуру повітря, що подається в приміщення. Насичення повітря вологою забезпечується мілким розбризкуванням води в форсунковій камері. В зимній час при недостатній температурі насиченого повітря його низький вологовміст не дозволить досягнути необхідної відносної вологості повітря в приміщенні, а підвищена температура після краплевідділювача викличе перезволоження повітря.

В літній час при відхиленні температури насиченого повітря від заданого значення ускладнюється підтримка температури повітря в приміщенні за рахунок другої рециркуляції. Необхідність стабілізації температури повітря в другій змішувальній камері обумовлена розподіленістю параметрів об'єкта – кондиційованого приміщення, в результаті чого параметри повітря в приміщенні поблизу точок введення регулюючої дії можуть вийти за межі області допустимих значень.

1.3 Аналіз особливостей об'єкту та технологічних середовищ

Система кондиціювання та вентиляції як об'єкт автоматизації мають ряд особливостей, які ускладнюють задачу побудови АСР. Це, в першу чергу, розподіленість параметрів приміщення і кондиціонера, значні постійні часу і чисте запізнення приміщення по каналах регулювання температури, обумовлені великими розмірами приміщення; взаємозв'язаність більшості параметрів кондиціонера, в результаті чого зміна однієї із вхідних величин викликають зміну одразу декількох проміжних і вихідних параметрів; значні сезонні зміни параметрів зовнішнього повітря, що вимагають різних способів введення регулюючих впливів: взимку зовнішнє повітря необхідно нагрівати і зволожувати, влітку – охолоджувати і осушувати.

В зв'язку з протилежністю вимог регулювання необхідно передбачати можливість зміни схеми автоматичного регулювання у відповідності із сезонними змінами технологічного процесу кондиціювання. В літній час підтримання відносної вологості повітря здійснюється шляхом розбризкування холодної води в форсунковій камері. Температура води в піддоні форсункової камери підтримується з допомогою холодильної установки. Перша рециркуляція і калорифери в літній час відключені, тому нагрів повітря до заданої температури здійснюється шляхом додавання до зовнішнього повітря в другій змішувальній камері теплого повітря другої рециркуляції із приміщення. В зимній час друга рециркуляція відключена, а температура повітря підтримується шляхом дії на подачу теплоносія до калориферів.

Прийнятий спосіб непрямого регулювання відносної вологості повітря в приміщенні передбачає високу точність підтримання стану "точки роси" після краплевідділювача. Для забезпечення бажаної точності стабілізації температури в такому складному об'єкті з багатьма збурюючими впливами слід застосовувати багатоконтурні АСР з використанням додаткової інформації про зміну проміжних величин.

1.4 Параметри контролю і регулювання

Розгляд особливостей роботи установки кондиціонування повітря з взаємодією з кондиційованим приміщенням дозволяє сформулювати основні вимоги до автоматизації.

Отже, в якості параметрів регулювання вибираємо:

- температуру насиченого повітря після краплевідділювача для зимового часу;
- температуру насиченого повітря після краплевідділювача для літнього часу;
- температуру повітря в приміщенні для зимового часу;
- температуру повітря в приміщенні для літнього часу

В зв'язку з протилежністю вимог регулювання необхідно передбачати можливість зміни схеми автоматичного регулювання у відповідності із сезонними змінами технологічного процесу кондиціонування.

Системою автоматизації також передбачається управління кнопками зі щита електроприводом вентилятора, а також сигналізацію стану його роботи.

Висновки:

Розглянуто будову системи вентиляції та основні її вузли. Приведено класифікацію систем вентиляції та кондиціювання, опис схеми технологічного процесу вентиляції та кондиціювання, виконано аналіз особливостей об'єкту та технологічних середовищ

Побудова відповідних систем повинна забезпечити оптимальний хід процесу вентиляювання повітря та безпечну експлуатацію об'єкта.

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ

1.1 Основні принципи побудови систем кондиціонування та вентиляції

Рециркуляція повітря в системах вентиляції являє собою змішання деякої кількості відпрацьованого (витяжного) повітря, до припливного потоку. Це дозволяє зменшити витрати енергії на обігрів свіжого повітря протягом зимового сезону [11]. Пристрої, які здійснюють процес відновлення тепла, відомі як теплові рекуператори [2]. Вони поділяються на два типи:

- теплообмінні рекуператори, які передають тепловий потік через свою стінку і зазвичай використовуються в системах припливно-витяжної вентиляції (див. рисунок 2.1);
- регенеративні рекуператори (див. рисунок 2.2), які нагріваються від повітря, що пройшло через них у першому циклі, і охолоджуються, віддаючи тепло у другому циклі.

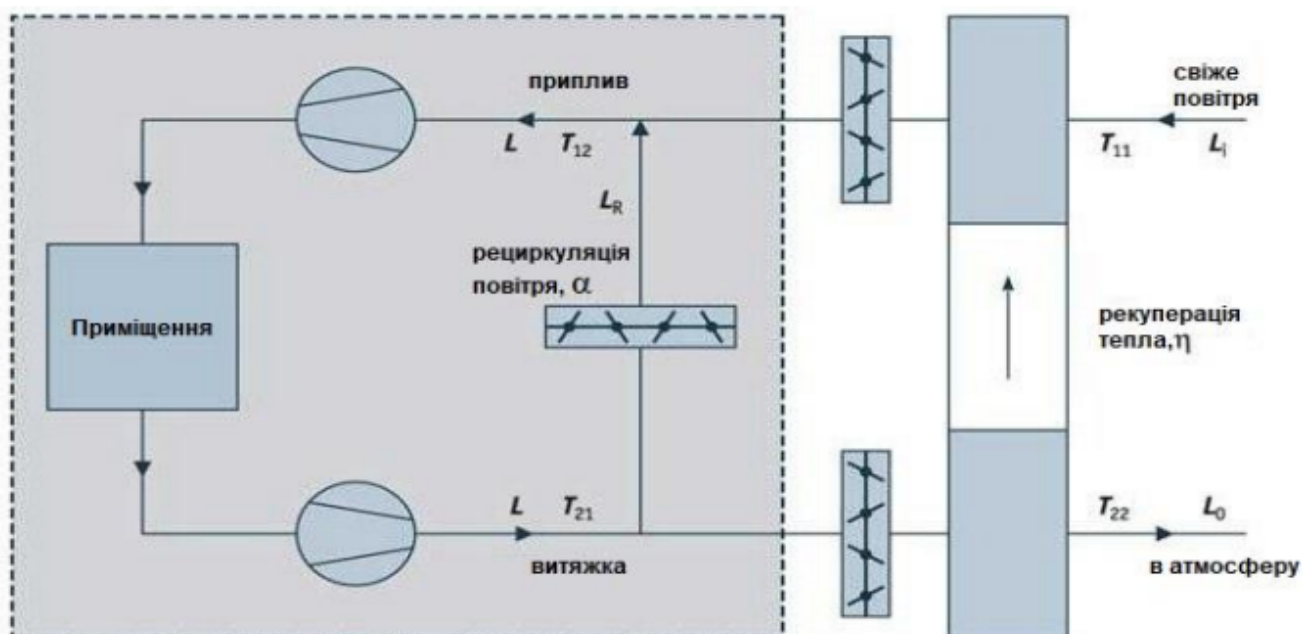


Рисунок 2.1 – Схема припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією і рециркуляцією

На рисунку 2.1 прийнято такі позначення: де L - витрата повітря, T – температура.

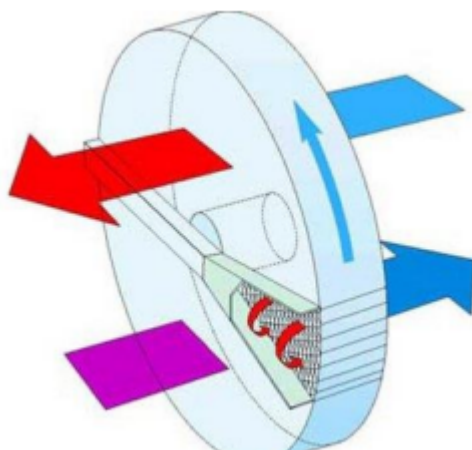


Рисунок 2.2 – Регенеративні рекуператори

Система припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією є найпоширенішим методом використання тепла, отриманого в результаті рекуперації. Основним компонентом такої системи є припливно-витяжна установка, обладнана рекуператором. Пристрій припливної установки з рекуператором дозволяє передавати до 80-90% тепла від відпрацьованого повітря, що видаляється з приміщення, припливному повітрю, тим самим знижуючи енерговитрати калорифера, який забезпечує підігрів припливного повітря, коли рекуператор не забезпечує достатнього теплового потоку.

Припливно-витяжна установка з рекуперацією або з рециркуляцією, яка використовує обидва цих процеси, завжди є складною системою, що потребує дбайливого управління. Основні компоненти припливно-витяжної установки, приховані за захисним корпусом, включають:

- два вентилятори різного типу, які регулюють продуктивність установки за витратою повітря;
- теплообмінник рекуператор, який переносить тепло від видаленого повітря до припливного;
- електричний нагрівач, який нагріває припливне повітря у разі недостатнього теплового потоку від видаленого повітря;

- повітряний фільтр, який контролює та очищує зовнішній повітряний потік, а також обробляє видалений повітряний потік перед рекуператором для захисту теплообмінника.

Окрім основних компонентів, припливно-витяжна установка також включає велику кількість дрібних деталей, таких як датчики, система автоматизації для управління та захисту тощо (див. рисунок 2.3). Всі ці елементи повинні бути правильно інтегровані в систему роботи установки й виконувати свої функції належним чином. Завдання управління роботою всіх компонентів вирішується за допомогою автоматизованої системи управління технологічним процесом. У комплект установки входять сенсори, аналізуючи дані з яких, система управління коригує роботу необхідних елементів. Ця система управління дозволяє розв'язувати складні проблеми взаємодії всіх компонентів установки між собою з гнучкістю та ефективністю.

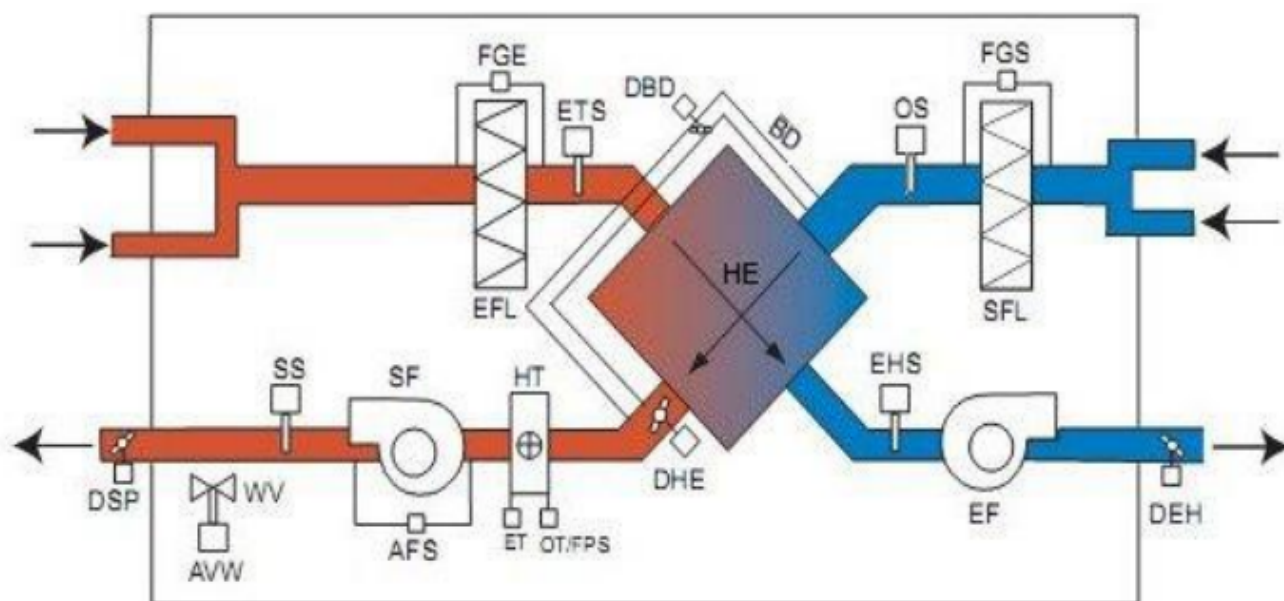


Рисунок 2.3 – Схема вентиляції з рекуперацією тепла

Повітряні клапани з електроприводами можуть бути встановлені перед вихідними повітроводами для додаткового регулювання об'єму повітряного потоку та перекриття каналу, коли обладнання вимкнено.

Крім того, для регулювання об'єму повітряного потоку може використовуватися байпас - перепускний клапан. Цей клапан дозволяє

направляти повітряний потік мимоволі рекуператора в теплу пору року, щоб уникнути нагрівання припливного повітря, передавши його безпосередньо у приміщення.

Камера рециркуляції відповідає за змішування додаткового повітря з припливним, тим самим забезпечуючи рециркуляцію повітряного потоку.

Склад системи вентиляції з рекуперацією тепла приведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Компоненти системи вентиляції з рекуперацією тепла

Позначення елемента	Пояснення елемента	Позначення елемента	Пояснення елемента
SS	Датчик температури припливного повітря	HE	Теплообмінник
ETS	Датчик температури витяжного повітря	DHE	Повітряний клапан з електроприводом
OS	Датчик температури зовнішнього повітря	BD	Байпас
EHS	Датчик температури повітря, що видаляється	DBD	Байпасний клапан
HT	Нагрівач повітря	SFL	Фільтр на притоці
OT	Термостат захисту від перегріву	EFL	Фільтр на витяжці
ET	Аварійний термостат	FGS	Датчик фільтра припливного повітря
AFS	Датчик витрати припливного вентилятора	FGE	Датчик фільтра витяжного повітря
FPS	Термостат захисту від заморожування	DEH	Клапан витяжного повітря
WVA	Привід водяного клапану	DSP	Клапан припливного повітря
WV	Водяний клапан	SF	Припливний вентилятор
EF	Витяжний вентилятор		

Навіть при великій складності системи управління технологічним процесом, прогрес технологій дозволяє створити пульт управління установкою, який буде зрозумілим і зручним для звичайної людини протягом всього періоду її використання.

Процес підготовки повітря перед подачею його в приміщення, що кондиціонується, являє собою сукупність технологічних операцій і називається технологією кондиціонування повітря. Технологія обробки повітря з

використанням тепла та вологості визначається початковими характеристиками повітря, яке подається в кондиціонер, а також потрібними (заданими) характеристиками повітря у приміщенні.

Для вибору оптимальних методів обробки повітря створюють діаграму d-h (діаграма температура-вологість) (див. рисунок 2.4), яка дозволяє на основі вхідних даних визначити технологію, що забезпечить досягнення заданих параметрів повітря в обслуговуємому приміщенні за мінімальних витрат енергії, води, повітря і т.д.

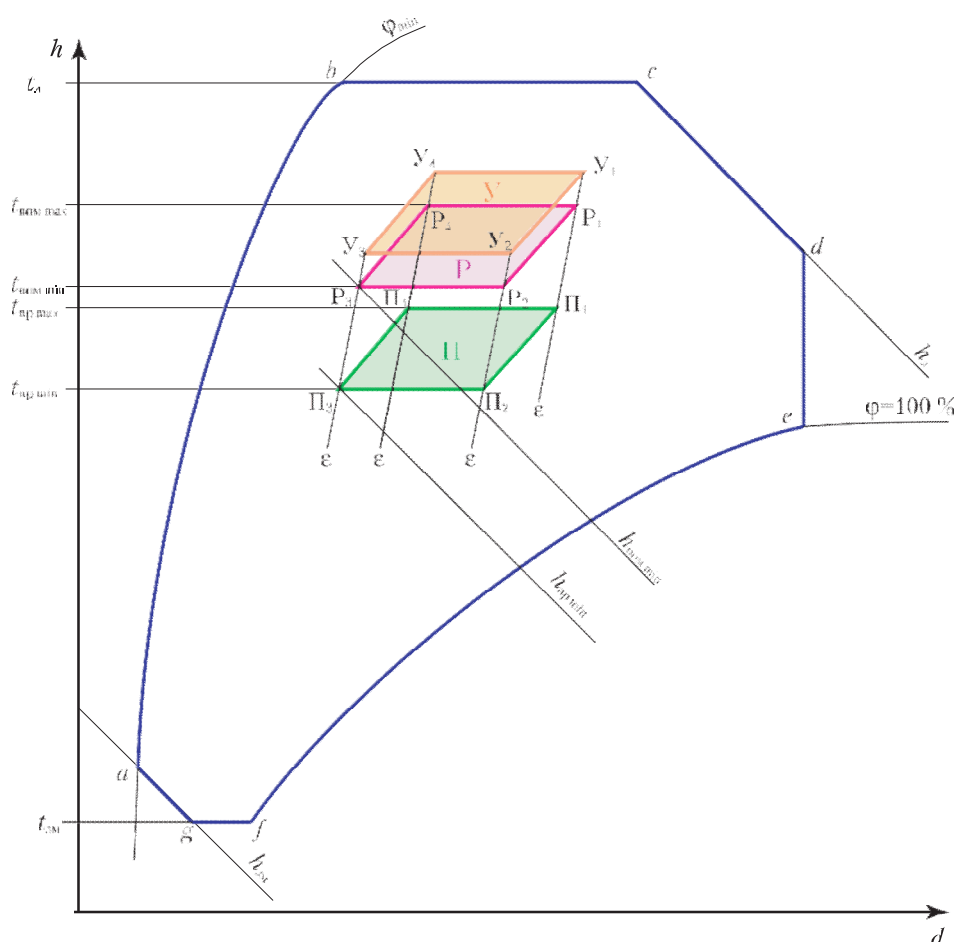


Рисунок 2.4 – Зображення на d-h діаграмі параметрів повітря при кондиціюванні

Така схема обробки повітря називається термодинамічної моделлю системи кондиціонування повітря (ТДМ).

Після цього будують зону параметрів повітря. Для цього на лініях ϵ , проведених з граничних точок зони P1-P2-P3-P4, відкладають відрізки, що відповідають розрахунковому перепаду температур:

$$\Delta t = t_{\text{п}} - t_{\text{пр}}, \quad (2.1)$$

где $t_{\text{пр}}$ – розрахункова температура припливного повітря.

Розв'язання задачі зводиться до переведення параметрів повітря з багатовимірної функції X_n до функції X_p .

Величину Δt приймають за нормами або розраховують, виходячи з параметрів системи холодопостачання.

Допустимий діапазон зміни температур між повітрям у приміщенні та припливаючим повітрям (Δt) відрізняється залежно від типу приміщення: для виробничих зон він становить 6–9 °С, для торгових залів – 4–10 °С, а для приміщень з висотою понад 3 метри – 12–14 °С. Загалом, параметри повітря, що видаляється з приміщення, неодмінно відрізняються від параметрів повітря у робочій зоні. Ця різниця залежить від способу подачі повітря у приміщення, його висоти, частоти повітрообміну та інших чинників.

Зони П, Р і У (припливна, робоча, видаляється) на $d-h$ діаграмі мають однакову форму і розташовані вздовж лінії ϵ на відстанях, що відповідають різницям температур

$$\Delta t_1 = t_n - t_{\text{пр}}$$

$$\Delta t_2 = t_y - t_n.$$

Співвідношення між $t_{\text{пр}}$, $t_{\text{п}}$ і t_y оцінюється коефіцієнтом

$$m_t = \frac{t_{\text{пом}} - t_{\text{пр}}}{t_{\text{уд}} - t_{\text{пр}}} = \frac{h_{\text{пом}} - h_{\text{пр}}}{h_{\text{уд}} - h_{\text{пр}}}.$$

Таким чином, процес кондиціювання повітря зводиться до приведення безлічі параметрів зовнішнього повітря (багатокутник abcdef) до безлічі параметрів припливного повітря (багатокутник П1-П2-П3-П4). Технічна

реалізація цього перетворення може бути представлена різними структурними схемами: прямоточною, з рециркуляцією повітря або рекуперацією тепла.

При регулюванні вологості за температурою точки роси необхідно в лінію обробки повітря ставити два нагрівачі ВН1 та ВН2 (рисунок 2.5). Повітря нагрівається, доводиться в камері зрошення ОК параметрів, близьких до температури точки роси припливного повітря. Датчик температури Т2, встановлений після камери зрошення, регулює потужність першого нагрівача повітря так, щоб температура повітря після камери зрошення ($\phi = 95 \%$) стабілізувалася в області точки роси.

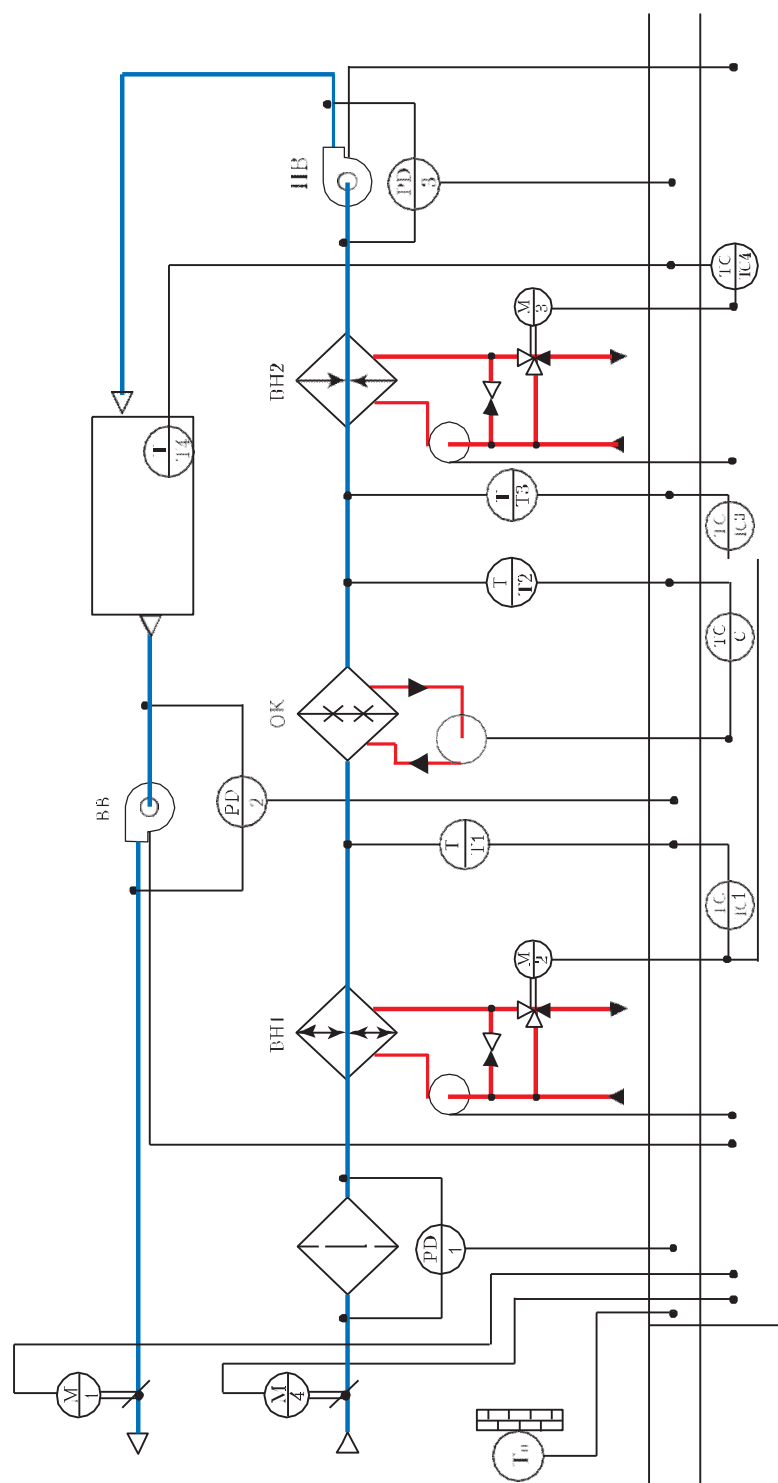


Рисунок 2.5 – Схема автоматизації прямооточної вентиляції

На рисунку 2.6 приведена термодинамічна модель прямооточної системи кондиціювання. Синім кольором показано річні межі зміни параметрів зовнішнього повітря. Нижня гранична точка зовнішнього повітря холодний період позначена Нзм, а теплого – Нл. Безліч станів повітря в робочій зоні

позначено багатокутником P1-P2-P3-P4 (зона P), а безліч допустимих станів припливного повітря – П1-П2-П3-П4 (зона П).

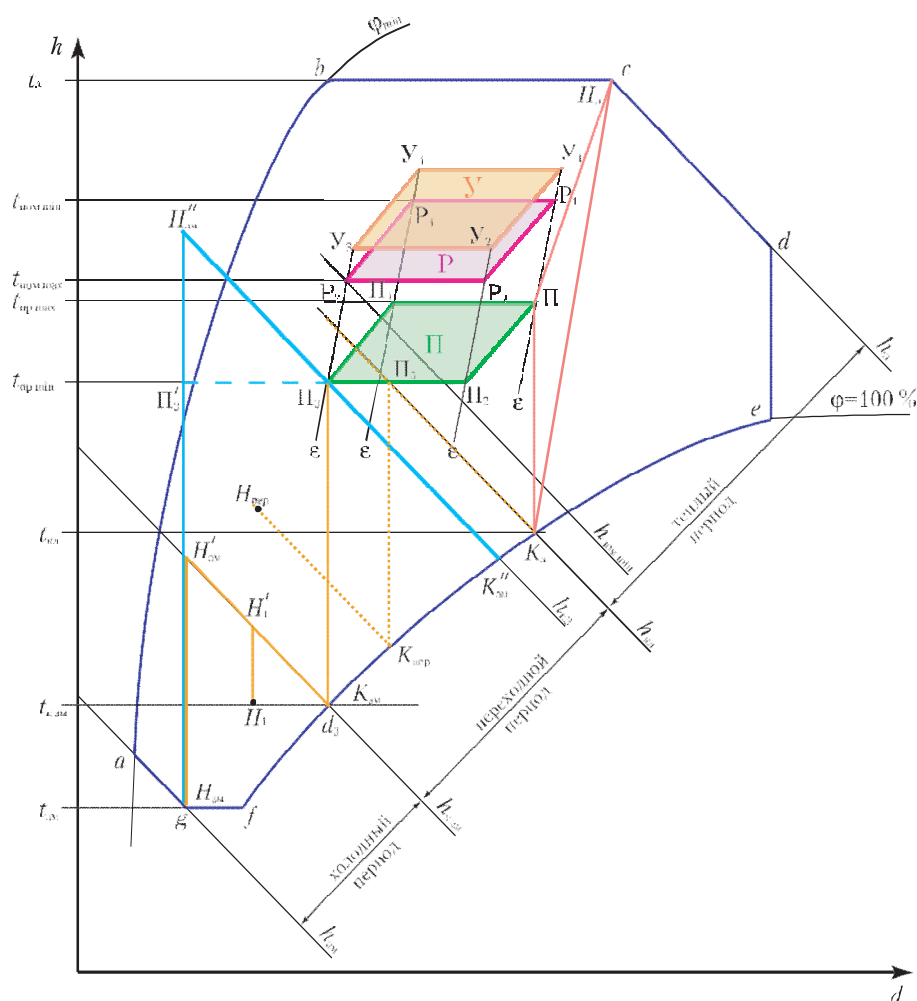


Рисунок 2.6 – Термодинамічна модель прямої системи кондиціонування повітря

У холодний період зовнішнє повітря з параметрами $H_{зм}$ необхідно довести до однієї з точок множини П. Очевидно, що мінімальні витрати (найкоротший шлях) будуть у тому випадку, якщо з множини П вибрати точку Пз. В цьому випадку зовнішнє повітря необхідно нагріти в підігрівачі першого підігріву (ВН1, рисунок 2.6).

Можна виключити другий підігрів за рахунок змішування частини зовнішнього нагрітого повітря з зволоженим повітрям після камери зрошення (рисунок 2.7).

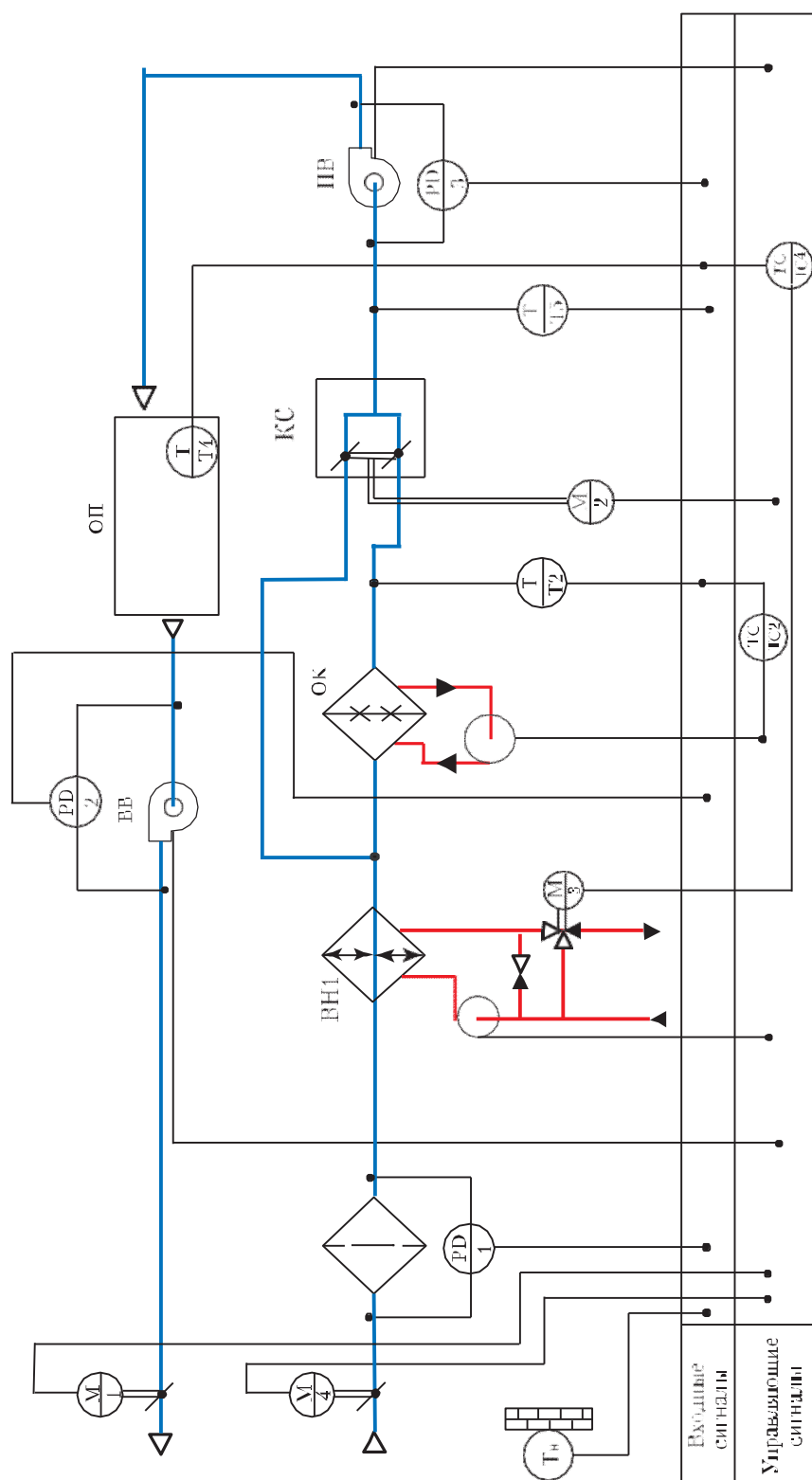


Рисунок 2.7 – Схема автоматизації проточної СКВ з одним нагрівачем

На рисунку 2.8 представлено схему центрального кондиціонера з рециркуляцією повітря. З метою зменшення втрат тепла (холоду) частина повітря, що видаляється, надходить в камеру змішування (КС), де змішується зі свіжим припливним повітрям.

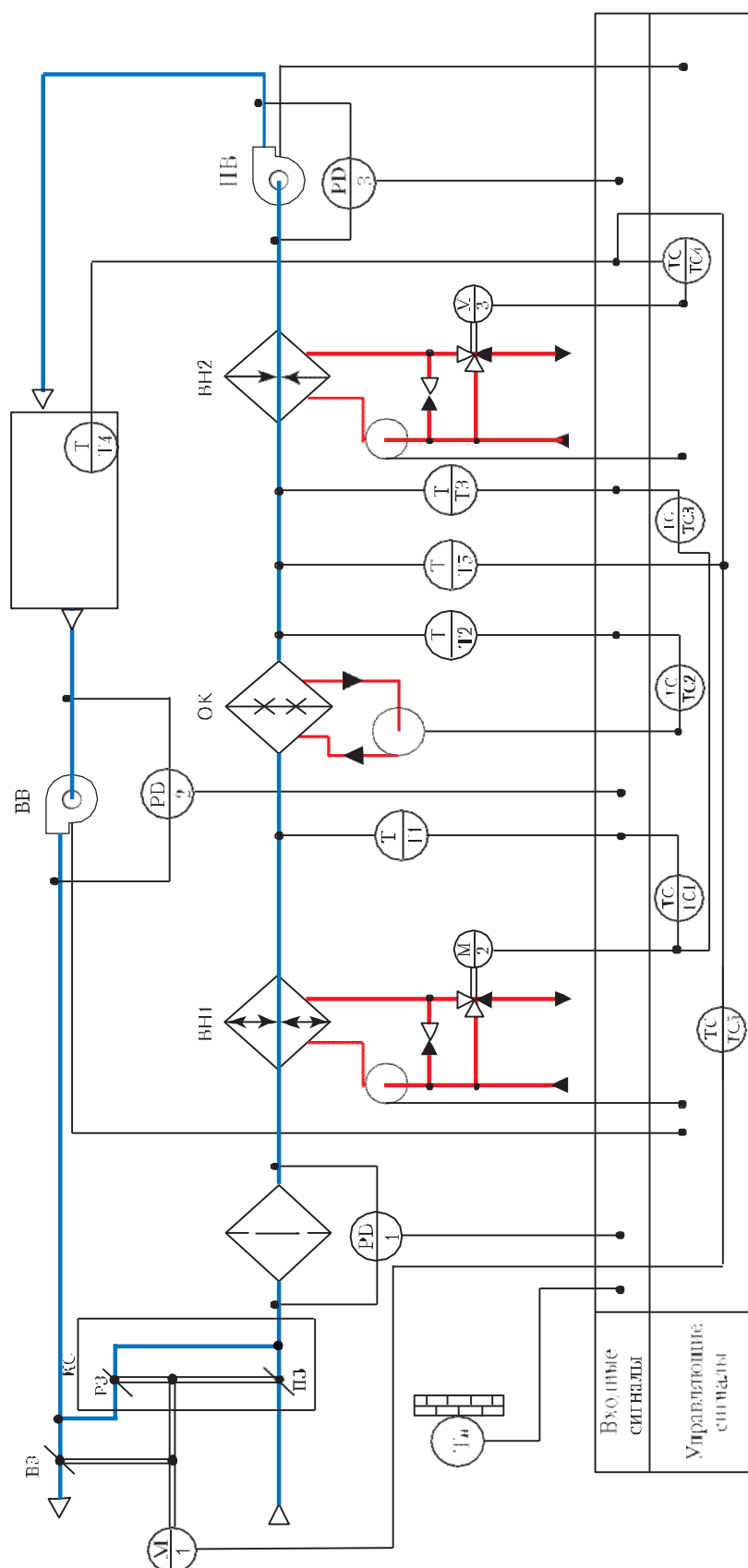


Рисунок 2.8 – Схема автоматизації СКВ з рециркуляцією повітря

Температура змішаного повітря визначається температурою зовнішнього і повітря, що видаляється, а також їх кількістю. Регулювання кількості змішаного та припливного повітря проводиться за допомогою трьох заслінок: припливної (ПЗ), витяжної (ВЗ) та рециркуляційної (РЗ). Заслінки у припливному та витяжному каналах повинні працювати синфазно, а в рециркуляційному каналі – протифазно щодо витяжної та припливної. Це дозволяє реалізувати будь-який ступінь рециркуляції від 0 до 100%. При повністю відкритих припливних та витяжних заслінках і повністю закритих рециркуляційних заслінках система перетворюється на прямоточну (ступінь рециркуляції 0 %). При повністю закритих припливній та витяжній заслінках та повністю відкритій рециркуляційній заслінці ступінь рециркуляції становитиме 100 %.

У холодний період (рисунок 2.9) зовнішнє повітря G_n змішується з рециркуляційним.

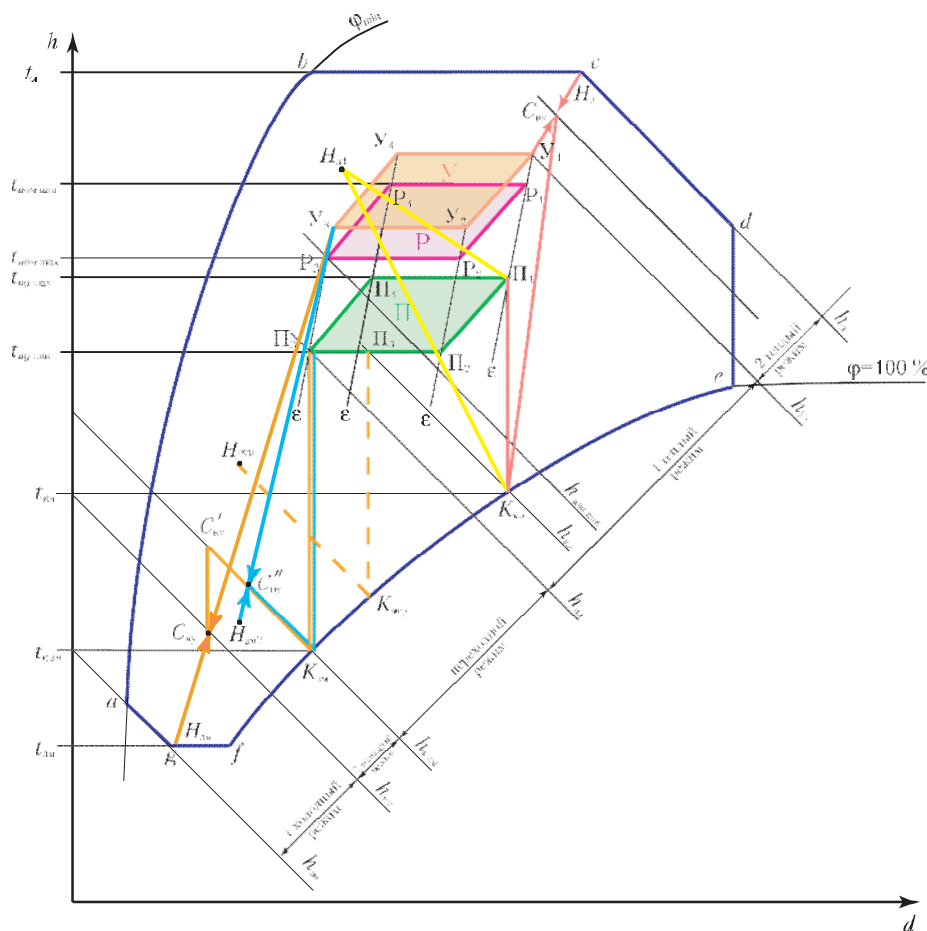


Рисунок 2.9 – Термодинамічна модель ВУ із рециркуляцією повітря

Отримана суміш догрівається в повітронагрівачі першого підігріву до ентальпії h_{k3} , потім в зрошенні камери піддається адіабатичному зволоженню до стану K_{3m} і в повітронагрівачі ВН2 доводиться до температури.

Вологовміст припливного повітря регулюється терморегулятором ТС5 датчик якого Т5 розташований після камери зрошення. Регулятор впливає на повітряні клапани, що регулюють витрату зовнішнього та рециркуляційного повітря, забезпечуючи їх пропорції, при яких ентальпія суміші дорівнює h_{k3} . У схемі рисунку 2.8 принципово замість сенсорів Т2, Т3 та Т5 можна використовувати один сенсор.

Незважаючи на те, що ВКВ з рециркуляцією повітря енергетично ефективна, її застосування має обмеження за санітарно-гігієнічними нормами. Якщо повітря в приміщенні асимілює шкідливі речовини, тютюновий дим, жирові випари тощо, використання його для рециркуляції не допускається. У цьому випадку використовують перехреснопотокові (рекуперативні) або обертові (регенеративні) теплообмінники (рисунок 2.10).

Слід зазначити, що абсолютно поділяють зустрічні потоки лише рекуперативні теплообмінники. У регенеративних теплообмінниках є незначна частка рециркуляції.

Термодинамічна модель ВКВ із рекуперацією тепла наведена на рисунку 2.11. Вона відрізняється від ТДМ прямоточної ВКВ тим, що утилізоване тепло зсуває температуру припливного повітря з точки Нзм у точку Нузм у зимовий період та з точки Нл у точку Нул – у літній період.

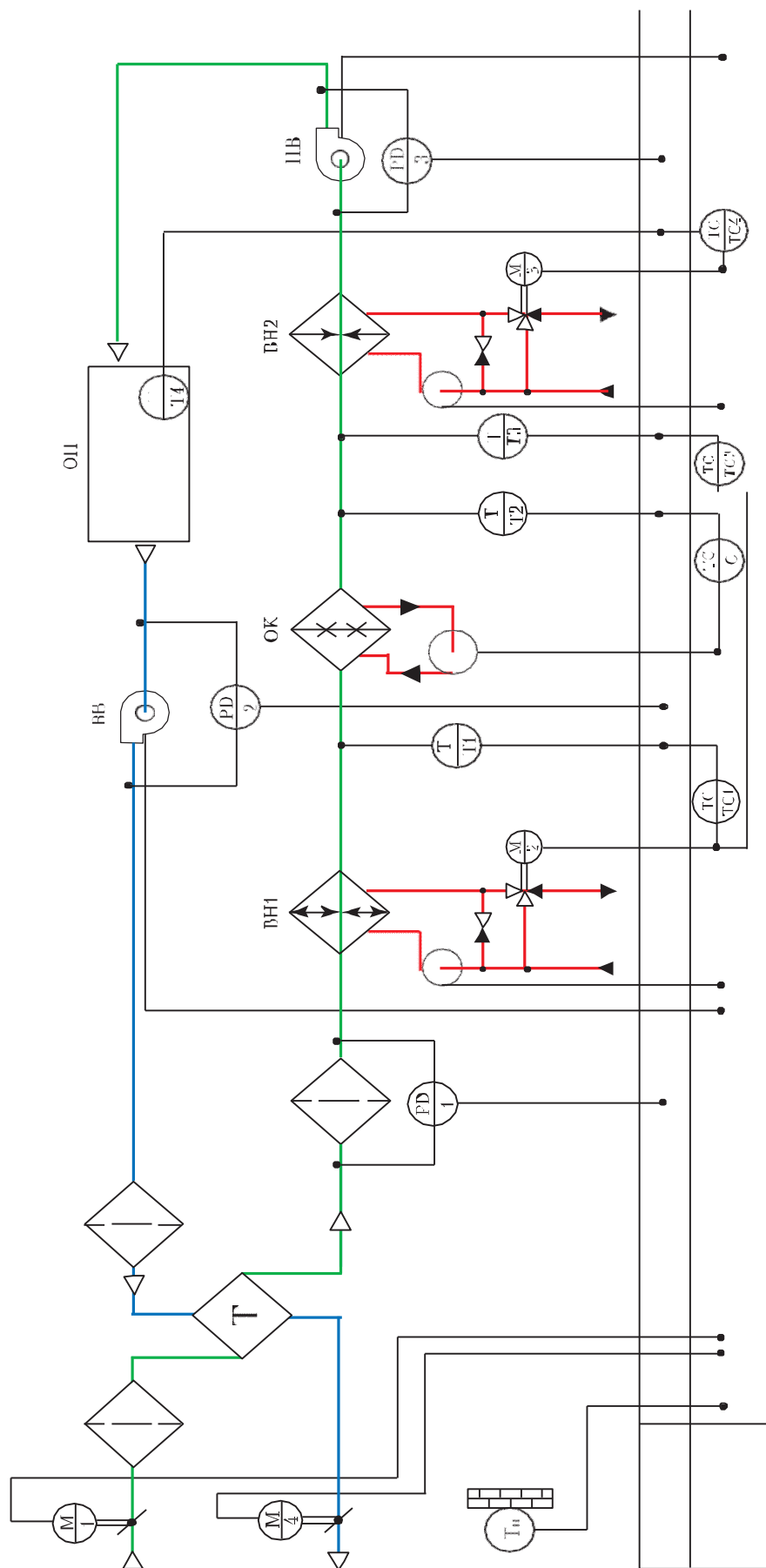


Рисунок 2.10 – Схема автоматизації СКВ із рекуперацією тепла

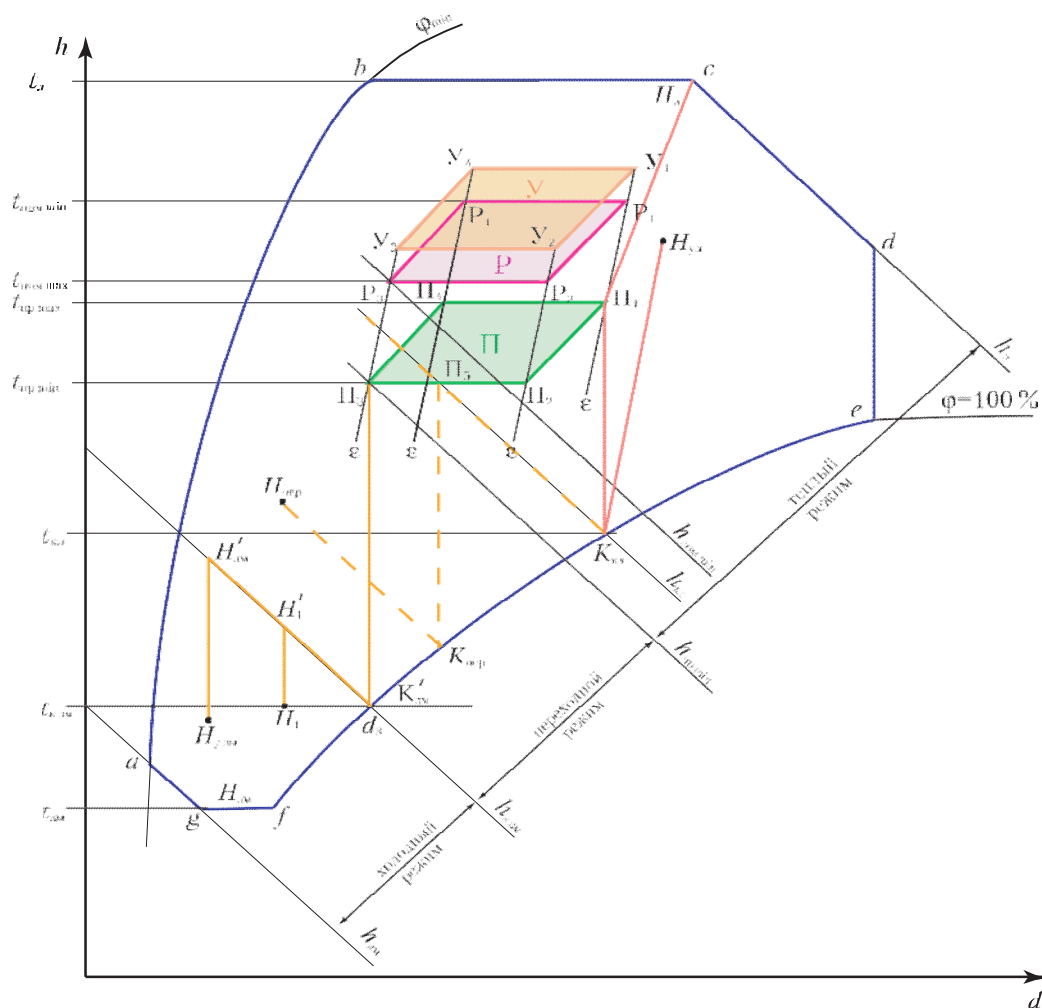


Рисунок 2.11 – Термодинамічна модель ВУ із рекуперацією тепла

У ВУ з регенеративним теплообмінником підлягає регулюванню швидкість обертання ротора, що залежить від температури зовнішнього повітря: зі зниженням температури швидкість обертання теплообмінника збільшується (1-15 хв-1). Для того, щоб не засмічувався рекуператор, як у припливному, так і у витяжному каналах встановлюються фільтри очищення повітря, а також забезпечується періодичне «прокручування» колеса рекуператора, що не використовується в даний момент при працюючій установці.

2.3 Постановка задачі дослідження

Основні вимоги до систем автоматичного регулювання та контролю включають у себе простоту, зручність використання, надійність, гнучкість і економічність. Застосування автоматизації вентиляційних процесів особливо актуально для промислових та культурних об'єктів, таких як виробничі цехи, оранжереї, ферми, офіси, розважальні та бізнес-центри.

Ефективне впровадження автоматизації вентиляційних систем передбачає комплексний підхід з використанням різних компонентів. Переваги автоматизації вентиляційних систем виявляються у зниженні витрат на їхню експлуатацію, оптимізації витрат енергоресурсів та підвищенні рівня безпеки.

Однією з важливих переваг автоматизації є можливість автоматичного моніторингу роботи кожного компонента системи. Це дозволяє значно підвищити тривалість служби вентиляційної системи при невеликих витратах на автоматизацію.

Також автоматизована система управління може включати функцію видалення диму, що особливо важливо для промислових підприємств, де виробництво може супроводжуватися виділенням диму та інших продуктів горіння.

Повна функціональність системи автоматичного управління вентиляцією можлива лише за умови наявності системи диспетчеризації. Диспетчеризація вентиляційної системи забезпечує постійний контроль за її роботою, а використання спеціалізованих засобів збору та обробки інформації дозволяє в реальному часі відстежувати всі процеси, що відбуваються. Така система дозволяє негайно реагувати на будь-які несправності або аварійні ситуації, що забезпечує підвищену безпеку та ефективність роботи всієї системи.

Запровадження автоматизованої системи управління припливно-витяжною вентиляцією має наступні переваги:

1. Розширення функціоналу автоматичного та автоматизованого контролю і управління.
2. Підвищення надійності функціонування системи протиаварійного захисту.
3. Покращення якості управління процесом повітрообміну.
4. Зменшення кількості та скорочення часу на локалізацію аварійних ситуацій і відмов обладнання.

Висновок: Проведено детальний аналіз особливостей та характеристик різних систем вентиляції та кондиціонування, зокрема розглянуто: схему автоматизації прямоточної вентиляції, схему автоматизації прямоточної СКВ з одним нагрівачем, схему автоматизації СКВ з рециркуляцією повітря, Схема автоматизації СКВ із рекуперацією тепла. Виконано постановку задачі дослідження та сформовано основні вимоги, що пред'являються до систем автоматичного регулювання та контролю.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

В зв'язку з швидкими темпами розвитку техніки і нових технологій зростають вимоги до ефективності функціонування підприємств, в тому числі і до допоміжного виробництва, оскільки його елементна база застаріла, що зменшує можливість оптимально вести технологічний процес. Тому, слід приділяти увагу вдосконаленню виробництва, інтенсифікації процесу, в даному випадку кондиціонування повітря, шляхом автоматизації виробничого процесу із застосуванням сучасних приладів і засобів автоматизації з покращеними технічними характеристиками. Це дасть можливість підвищити точність, збільшити швидкодію і надійність системи; зменшити енергоспоживання, масу використаних засобів і, відповідно габарити щита; покращити умови роботи на даній ділянці, звести до мінімуму людську працю, створити умови для швидкого запобігання аварійних ситуацій.

Також інформація про стан технологічного процесу часто фіксується вторинними реєструючими приладами. Інформація представляється у вигляді зашифрованих діаграм, які необхідно розшифровувати, що створює деякі незручності і затрати часу. Точність роботи регуляторів залежить від їх правильного налагодження кваліфікованим наладчиком. Ремонтом засобів автоматики такої системи займаються багато робітників і затрачається багато часу. До того ж у вторинних приладах багато механічних частин, які швидко зношуються, а їх виробництво призупиняється.

Щодо характеристик таких системи, то вони характеризуються низькою швидкодією, надійністю та значною похибкою.

Виходячи з вищесказаного, система автоматизації процесу кондиціонування повітря потребує модернізації з метою забезпечення більш ефективної роботи лінії.

В роботі пропонується система автоматизації із застосуванням сучасних мікропроцесорних регуляторів заводу виробника МІКРОЛ (м. Івано-Франківськ) та мікропроцесорних засобів (ПЛК).

Дані пристрої багатофункціональні, забезпечують високу точність підтримання вимірювальних параметрів, здійснюють обробку, перетворення та відображення поточного значення на вбудованому чотирьохрозрядному індикаторі, зручні в експлуатації, невеликі за габаритами, дозволяють управляти електричними виконавчими механізмами без додаткових перетворювачів. Такий підхід зумовить економію електроенергії та суттєве зменшення габаритів щита.

Отже, пропонована система автоматизованого управління буде мати такі переваги:

- можливість досягнення максимального ккд обладнання у всьому діапазоні навантаження;
- можливість діагностики ліній зв'язку;
- висока надійність;
- зручність налаштування, експлуатації та ремонту;
- невисока собівартість систем управління;
- економія електроенергії;
- висока точність вимірювання і підтриманні технологічних параметрів.

4 РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ

4.1 Основні завдання автоматизації системи вентиляції

Головними завданнями автоматизації припливно-витяжної вентиляції є:

1. Автоматичне налаштування температури припливного повітря згідно з заданими параметрами.
2. Попередній нагрів калорифера перед увімкненням припливного вентилятора взимку.
3. Захист калорифера від замерзання з урахуванням температури зворотної води, повітря та за допомогою контактного датчика.
4. Моніторинг роботи вентилятора за допомогою контактного датчика повітряного потоку та аварійне вимкнення за потреби.
5. Захист двигунів від перегрівання.
6. Контроль ступеня забруднення фільтра.
7. Регулювання температури вода, що повертається у мережу та захист від її перегріву.
8. Сигналізація про аварійні ситуації.
9. Автоматичне вимкнення припливних та витяжних установок при спрацьовуванні датчиків пожежної сигналізації, з урахуванням збереження працездатності системи захисту калорифера від заморожування.
10. Можливість ручного управління агрегатами системи з місцевих пультів управління.
11. Дистанційне керування системою з АРМ оператора. На верхньому рівні знаходиться АРМ оператора, який забезпечує взаємодію з системою управління та зв'язок з нижнім рівнем управління.

4.2 Розробка загальної структурної схеми автоматичного управління вентиляцією

При розробці та впровадженні систем автоматичного регулювання (САР) для вентиляції та кондиціонування повітря важливо мати докладні характеристики як окремих компонентів САР, так і системи в цілому. Ці характеристики описують поведінку елементів у різних перехідних та стабільних режимах. Лише з цими даними можна зробити оптимальний вибір регуляторів, сенсорів, виконавчих механізмів, побудувати САР та налагодити її.

Найбільш широко використовуються методи математичного опису САР на основі передавальних функцій $W(p)$, які відображають взаємозв'язок вхідних та вихідних параметрів окремих елементів та всієї системи [1].

Узагальнену структурну схему САР можна у вигляді, показаному на рисунку 4.1.

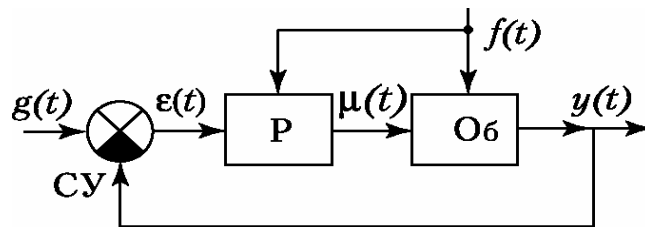


Рисунок 4.1 – Узагальнена структурна схема САР

Об - об'єкт регулювання з передатною функцією $W_{об}(p)$;

СУ - пристрій порівняння;

P – регулятор із передатною функцією $W_p(p)$;

$f(t)$ – збурюючий вплив;

$y(t)$ - регульована величина;

$\varepsilon(t)$ – помилка регулювання $g(t)$ – задаючий вплив;

$\mu(t)$ – керуючий вплив.

Знаючи $W_{об}(p)$ і задаючись властивостями САР – функцією передавання $W_c(p)$, можна вибрати або налаштувати вже обраний регулятор – $W_p(p)$.

Реально ВКВ як об'єкт управління досить складна (рисунки 4.2). Тому передавальні функції об'єкта регулювання $W_{об}(p)$ визначають окремих

функціональних елементів системи з допомогою передавальних функцій типових динамічних ланок. Знаходження передавальної функції всієї ВКВ як об'єкта регулювання проводиться за правилами визначення сумарної передавальної функції при різному поєднанні ланок [8].

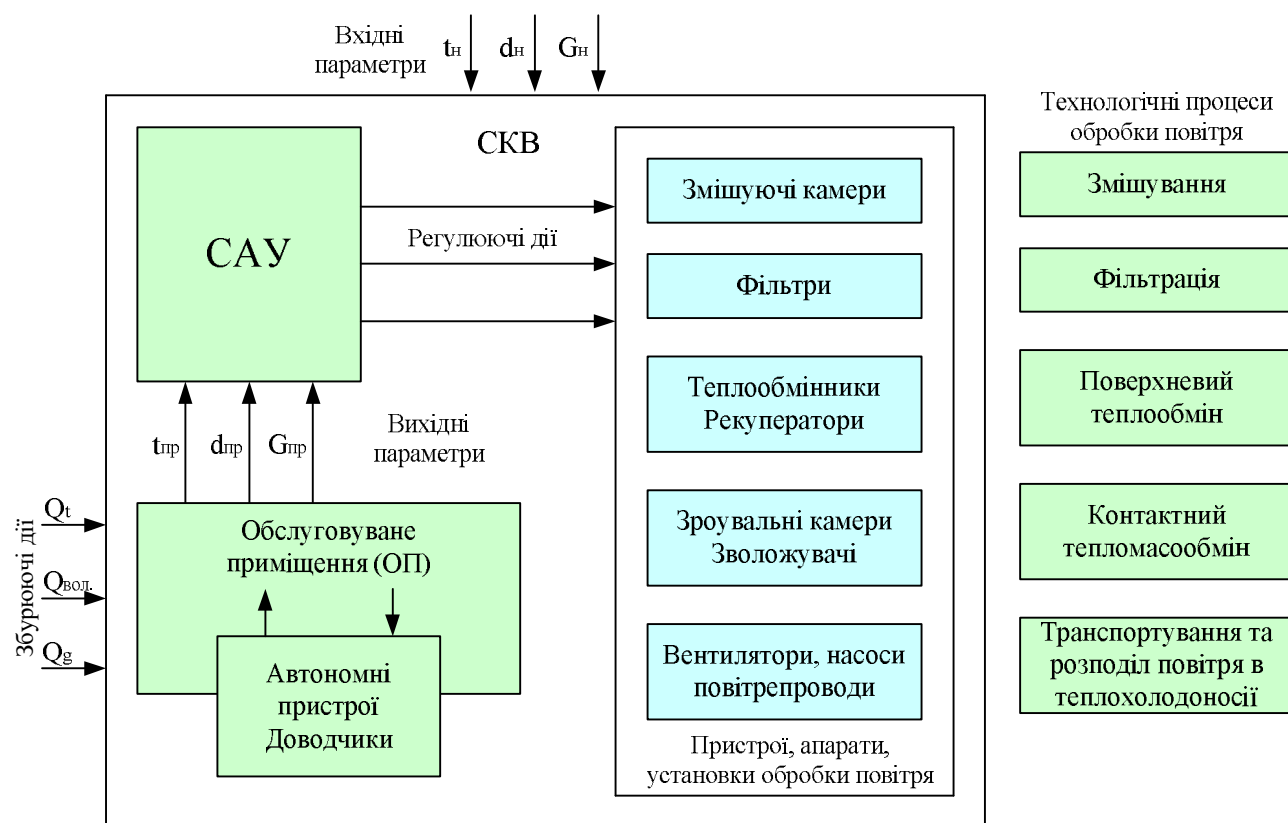


Рисунок 4.2 – Узагальнена структурна схема СКВ як об'єкта автоматизації

На рисунку 4.2: t_n , d_n , G_n – температура, вологість, витрата зовнішнього повітря; t_{np} , d_{np} , G_{np} – температура, вологість, витрата повітря у приміщенні; Q_t , $Q_{вол.}$, Q_g – теплове, вологове та газове навантаження.

Розглянемо найбільш типові функціональні елементи ВКВ як об'єкти регулювання: приміщення, що обслуговуються, теплообмінники, камери змішування, повітроводи тощо.

Приміщення торгового центру

Основним елементом СКВ є приміщення, в якому постійно відбувається перехід повітря з одного стану в інший. Для підтримки заданих параметрів в приміщення, що обслуговується, подається припливне повітря з параметрами,

відмінними від параметрів всередині приміщення. Перемішуючи з внутрішнім повітрям та витісняючи його, припливне повітря асимілює надлишкове тепло та вологу або підігріває та зволожує повітря приміщення.

Приміщення, що обслуговується, характеризується розосередженими показниками повітря. Облік розосереджених характеристик утруднений, тому приміщення під час вирішення завдань автоматичного регулювання сприймається як об'єкт із зосередженими параметрами, т. е. температура і вологість повітря визначаються найбільш типової (робочої) зони. Саме в такій зоні повинні бути встановлені датчики параметрів, що регулюються. Деякі приміщення можуть характеризуватись зонами з різними параметрами, що вимагає застосування багатозональної ВКВ або використання місцевих доводчиків (автономні кондиціонери, зволожувачі, фенкойли та ін.).

На функціональній схемі приміщення, що обслуговується (рисунк 4.3) виділені зовнішні збурюючі впливи (теплове Q_H , вологове W_H і аеродинамічне G_H навантаження) і внутрішні (теплове $Q_{пом}$, вологісне $W_{пом}$ і газове $S_{пом}$ навантаження). Вхідними параметрами є: температура $t_{пр}$, вологість $d_{пр}$ і витрата повітря $G_{пр}$, що подається в приміщення, і відповідно регульованими: $t_{пом}$, $d_{пом}$ і $S_{пом}$.

В системах комфортного кондиціювання для стабілізації заданого стану повітря, тобто двох незалежних змінних $t_{пом}$ і $d_{пом}$ можна використовувати, в загальному випадку, три керуючі впливи: $t_{пр}$, $d_{пр}$ і $G_{пр}$. Особливості застосування кожного визначаються вихідними умовами, обмеженнями, що накладаються на систему, а також економічними міркуваннями.

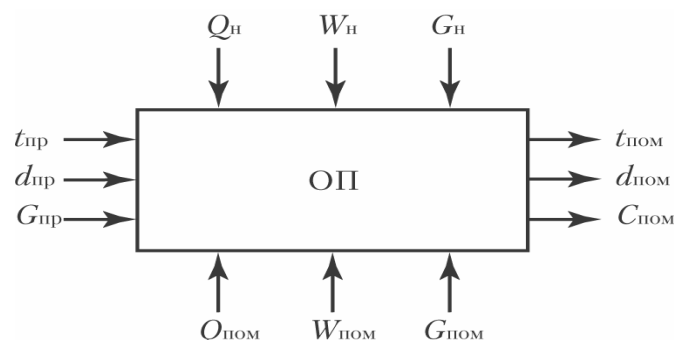


Рисунок 4.3 – Узагальнена функціональна модель обслуговуваного приміщення (ОП) як об'єкта регулювання

Зазвичай в приміщеннях, що кондиціонуються, змінне теплове навантаження, вологове - відносно постійне, а газове - вимагає деякої мінімальної витрати зовнішнього повітря.

Для такого об'єкта можливі три види систем стабілізації температури: з постійною або змінною витратою повітря та змішані.

Управління температурою приміщення за допомогою зміни витрат припливного та видаленого повітря (кількісне регулювання), незважаючи на переваги, пов'язані з економією теплоти, води та електроенергії, зменшення миттєвих та річних витрат, реалізується рідко. Це з відносно високими капітальними витратами і складністю управління, особливо багатозональних систем. Тому найбільш поширеними є системи стабілізації температури в приміщенні каналом зміни температури припливного повітря (якісне управління). Такі системи найбільш повно досліджені як об'єкти автоматизації: виведено аналітично та експериментально підтверджено передатні функції, значення коефіцієнтів передач та постійних часу.

Аналіз кривих перехідного процесу, побудованих на підставі наведеної передавальної функції та експериментальних даних, показує, що процес зміни температури в приміщенні має дві явно виражені ділянки (рисунок 4.4).

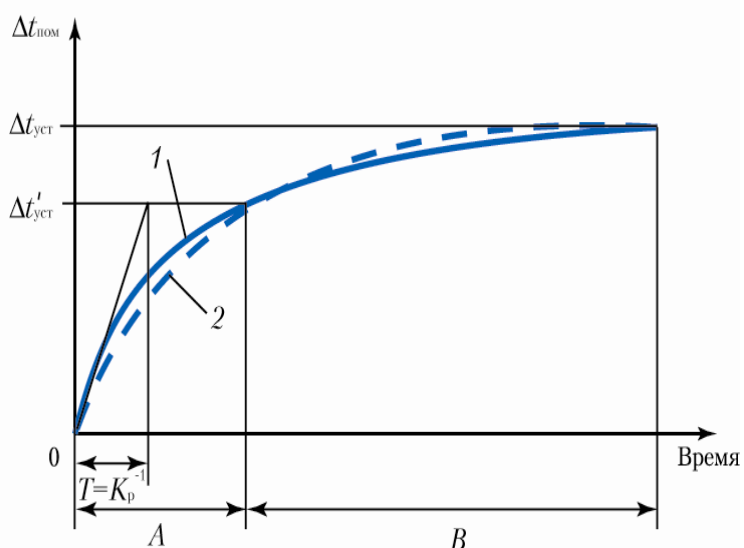


Рисунок 4.4 – Процес зміни температури в приміщенні:

1 – експеримент; 2 – розрахунок

У першому (А) – процес зміни температури відбувається швидко, швидкість зміни температури у своїй залежить від кратності повітрообміну K_v . За літературними даними цей час становить (3–4) K_v -1. У міру поглинання теплоти огорожею та обладнанням швидкість зміни температури повітря сповільнюється (ділянка В), проявляється інерційність огорож (Тогр може становити близько десятка годин). Тому теоретичний кінець перехідного процесу досягається через кілька діб.

Сенсори та регулюючі органи

Крім розглянутих вище апаратів та пристроїв ВКВ як ланок систем регулювання в об'єкти управління необхідно враховувати датчики та регулюючі органи. Датчики параметрів повітря та теплоносіїв можна розглядати як аперіодичну ланку першого порядку. Їхня інерційність (постійна часу) залежить від конструкції та маси чутливого елемента. Ще більшою мірою інерційність залежить від швидкості повітря. При нерухомому повітрі постійна датчиків часу досягає десятків хвилин і для приміщень може виявитися найбільшою постійною серед ланок об'єкта. Тому з метою зниження інерційності застосовують локальне підвищення швидкості повітря поблизу датчика, встановлення датчиків у припливному або рециркуляційному повітропроводах та інші прийоми.

Регулятори витрати (клапани) змінюють витрату повітря G_v або води G_w при повороті стулок на кут або переміщенні плунжера h . При миттєвій зміні α або h витрати повітря або води також змінюються миттєво. Тому клапани є звичайними підсилювальними ланками, у яких вхідна та вихідна величини пов'язані коефіцієнтом передачі. Для повітряного клапана

$$K_{G_v} = \Delta G_d / \Delta \alpha = f(\alpha, F_{кл})$$

$F_{кл}$ – переріз клапана. Для водяного клапана при даному діаметрі клапана та типі плунжера.

$$K_{G_w} \approx \Delta h = f(h)$$

Вказані функції зазвичай нелінійні, і коефіцієнти передачі за різних положень α або h можуть змінюватися значно, якщо клапани поставлені без розрахунку. Зазвичай клапани вибираються фахівцями з вентиляції та кондиціонування, проте з боку фахівця з автоматизації потрібна перевірка вибору клапана з керованості та врахування часу повного ходу його штока. Останній показник зазвичай заданий технічними характеристиками приводу клапана.

Висновок: Сформовано основні завдання автоматизації припливно-витяжної вентиляції, розроблено загальну структурну схему автоматичного управління вентиляцією, яка враховує t_n , d_n , G_n – температура, вологість, витрата зовнішнього повітря; t_{np} , d_{np} , G_{np} – температура, вологість, витрата повітря у приміщенні; Q_t , $Q_{вол}$, Q_g – теплове, вологове та газове навантаження.

5 РОЗРОБКА СХЕМ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА ПРИНЦИПОВИХ. ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

5.1 Передумови для автоматизації

За відсутності вентиляції у закритих приміщеннях створюється надмірна кількість шкідливих речовин, таких як вуглекислий газ, що негативно впливає на здоров'я людей, спричиняючи головний біль, сонливість та зниження працездатності. Хоча провітрювання приміщень час від часу може допомогти вирішити цю проблему, але це призводить до потрапляння в приміщення пилу, різних запахів та вуличного шуму. Крім того, потрібно постійно відкривати та закривати вікна. Для вирішення цих проблем використовуються системи кондиціонування та вентиляції (СКВ) повітря, які призначені для підтримки необхідного складу повітря в приміщенні, видалення шкідливих елементів з повітря та подачі необхідної кількості свіжого повітря з попередньою підготовкою (нагріванням, охолодженням, фільтруванням, іонізацією тощо).

Системи вентиляції класифікуються за такими основними характеристиками:

1. Спосіб циркуляції повітря: природна або штучна система вентиляції;
2. Напрямок руху повітря: припливна або витяжна система вентиляції;
3. Обсяг обслуговування: місцева або загальна система вентиляції.

Природна вентиляція виникає без використання електрообладнання (наприклад, вентиляторів) і залежить від різниці у температурі повітря, впливу вітру та інших зовнішніх факторів. Її перевагами є низька вартість, простота монтажу та надійність, оскільки вона не потребує електрообладнання. Зазвичай такі системи використовуються у стандартних житлових приміщеннях у формі вентиляційних коробів, розміщених у кухні та ванній кімнаті.

Природні системи вентиляції, хоча й мають перевагу низької вартості, але значною мірою залежать від зовнішніх факторів, таких як температура повітря та напрямок вітру. Такі системи є нерегульованими та складно вирішують широкий

спектр завдань, пов'язаних з вентиляцією повітря. Штучні системи вентиляції використовують обладнання та прилади, такі як фільтри та вентилятори, щоб фільтрувати, переміщувати та контролювати температуру повітря. Ці системи не залежать від зовнішніх умов і часто встановлюються в квартирах і офісах, де вони можуть забезпечити комфортні умови.

Припливна система вентиляції призначена для подачі свіжого повітря у приміщення та може включати нагрівання та фільтрацію повітря. Зворотно, витяжна система відводить забруднене або надлишково нагріте повітря. Зазвичай в приміщеннях встановлюють обидві системи вентиляції для забезпечення балансу між ними та уникнення надлишкового чи недостатнього тиску. Місцева вентиляція призначена для подачі чи відведення повітря на конкретних ділянках приміщення.

Місцева припливна вентиляція подає свіже повітря, тоді як місцева витяжна вентиляція відводить забруднене повітря з місць, де утворюються шкідливі виділення..

Загальнообмінна вентиляція в основному застосовується в побутових умовах, за винятком кухонних витяжок, які належать до місцевої витяжної вентиляції.

Система кондиціонування та вентиляції повітря в обслуговуючих приміщеннях призначена для безперервної роботи. Для цього вона оснащена двошвидкісним електродвигуном, що дозволяє забезпечувати мінімальний повітрообмін із низьким потоком повітря під час неактивного періоду. Повітропроводи системи вентиляції та кондиціонування повітря мають бути ізольовані матеріалами для збереження температури і забезпечення вогнестійкості протягом 0,5 години. Для нагріву використовується водяна система, яка подає гарячу воду до теплообмінника з центральної системи опалення при температурі 70-90 °C.

Гідравлічний вузол використовується для забезпечення потрібних характеристик води і енергозбереження. Принцип роботи гідравлічного вузла полягає в постійному обігу води через теплообмінник. Головні елементи

теплообмінника - циркуляційна помпа, триходовий клапан, зворотній клапан і балансувальний вентиль, з'єднані трубопроводами, які створюють систему, в якій циркулює теплоносій під дією циркуляційної помпи. Помпа також забезпечує потрібний тиск на подачу.

Підігрів повітря в нагрівальній секції здійснюється за допомогою безперервної циркуляції теплоносія через теплообмінник.

Схема роботи гідравлічного вузла зображена на рисунку 5.1.\

В ділянці, де вода надходить до гідравлічного вузла, її характеристики відповідають тим, що надає центральна система опалення (тобто невизначений тиск і об'єм теплоносія). Вода проходить через фільтр для очищення від фізичних домішок. Щоб уникнути дисбалансу потоків теплоносія на вхідних і зворотних трубопроводах, на них встановлені балансувальні вентилі, які можна регулювати вручну. Після цього циркуляційний насос під заданим тиском направляє гарячу воду до теплообмінника, де вона віддає тепло навколишньому середовищу.

Таким чином, температура води на виході з теплообмінника нижча, ніж на вході. Для контролю тиску і температури в гідравлічному вузлі використовуються манометри і термометри відповідно.

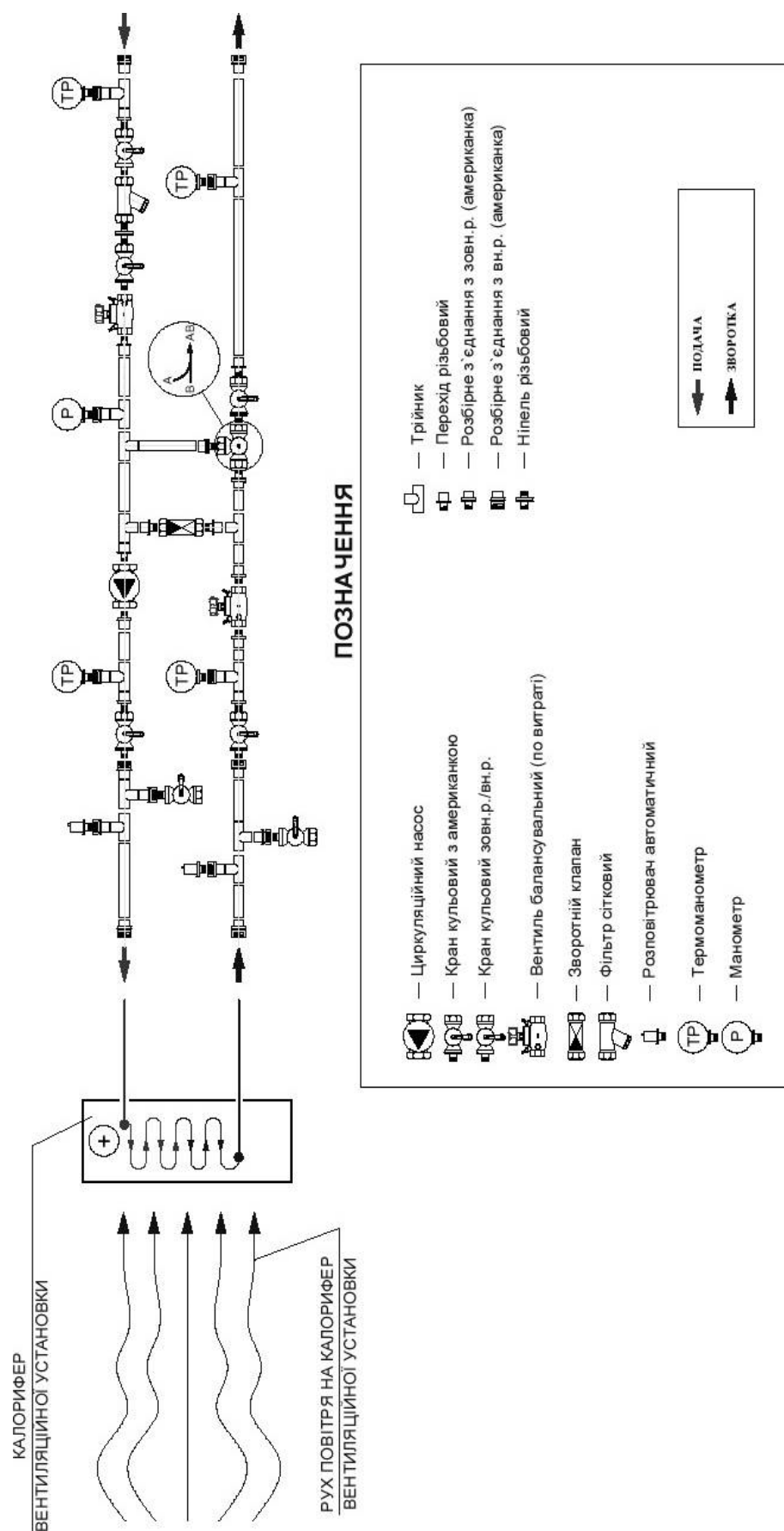


Рисунок 5.1 – Схема роботи гідравлічного вузла системи СКВ

5.2 Розробка та опис системи автоматичного управління вентиляцією

Для нормальної роботи вентиляційної установки необхідно постійно контролювати її параметрів. Для цього необхідно провести повний аналіз роботи проектованої системи, розділити її на блоки і визначити всі елементи контуру регулювання. На рисунку 5.2 приведена спрощена структурна схема автоматичного керування вентиляційною установкою.

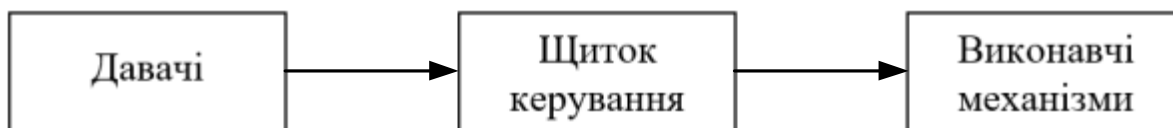


Рисунок 5.2 – Схема роботи контуру регулювання

Принцип функціонування контурів регулювання полягає в наступному порядку дій:

- Зміни в характеристиках контрольованих елементів реєструються за допомогою первинних датчиків.
- Сигнали від датчиків передаються до керуючого контролера, де вони піддаються обробці, а результати обробки подаються на вихід контролера.
- Сигнали з виходу контролера подаються на входи відповідних виконавчих механізмів. Основним елементом такого контуру регулювання є контролер (наприклад, програмований логічний контролер), який зазвичай розташований в щитку керування. Контролер складається з наступних основних компонентів (див. рисунок 5.3):
 - пристрій вводу/виводу;
 - логічний пристрій;
 - постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП);
 - перепрограмовуючий запам'ятовуючий пристрій (ППЗП);
 - індикатор.

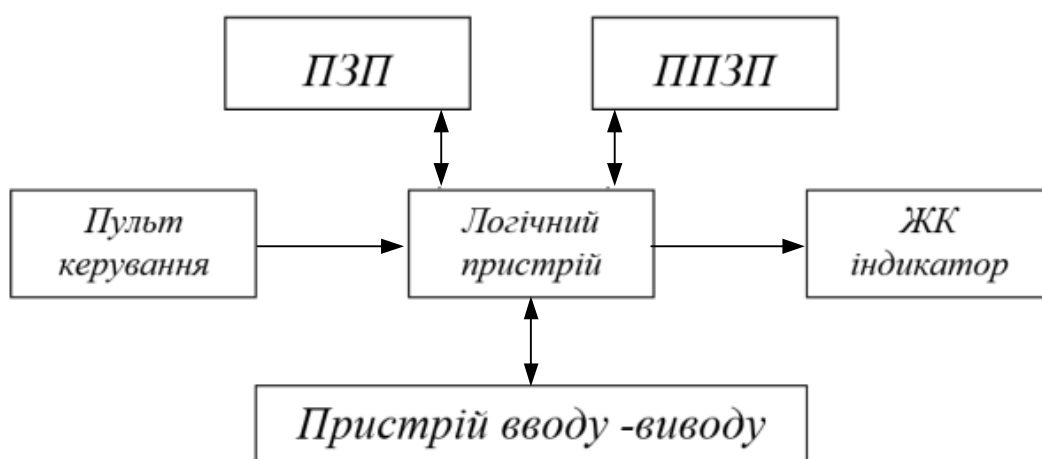


Рисунок 5.3 Блок-схема керуючого контролера

Пристрій вводу/виводу має завдання приймати та обробляти сигнали від датчиків, перетворювати їх у цифровий формат і передавати для подальшої обробки логічному пристрою.

У замкнутому контурі регулювання сигнали від датчиків порівнюються з заданими параметрами, і в залежності від різниці між цими значеннями генеруються відповідні команди для керування виконавчими механізмами.

Сигнали від сенсорів можуть мати різні характеристики, такі як зміна опору, струму або напруги, у формі як аналогових, так і цифрових сигналів. Виконавчі механізми можуть включати електродвигуни, електромагніти, заслінки, шибери тощо. Крім того, вихідні команди для керування виконавчими механізмами також можуть бути як аналоговими, так і цифровими.

Логічний пристрій виконує команди, які надходять з пульта керування та запам'ятовуючих пристроїв. Він відповідає за виконання математичних та логічних операцій, забезпечує взаємодію між пристроями вводу/виводу, програмним забезпеченням, програмним плануванням та індикаторами. Крім того, він виконує різні типи регулювання, такі як пропорційне, інтегральне та диференціальне.

Логічні і математичні операції здійснюються на базі операційних (диференціальних) підсилювачів.

У ПЗП зберігаються програми, що сформовані заводом-виготовлювачем.

Алгоритм роботи системи кондиціонування і вентиляції зберігається користувачем в ППЗП.

При подачі на входи схеми 1 сигналів x і y на виході буде сформований сигнал:

$$U_p = K_p (y - x),$$

де K_p — коефіцієнт підсилення, що регулюється опором зворотного зв'язку ($R_{зз}$).

У запам'ятовуючому пристрої контролера знаходяться різноманітні функції, які виконують логічні та математичні операції: ПД-регулятори, порівняльні схеми, затримки в часі і т. д. За допомогою цих функціональних елементів можна реалізувати практично будь-який алгоритм роботи системи вентиляції і кондиціонування.

5.3 Вибір сенсорів та виконавчих механізмів

Для створення автоматизованої системи керування необхідно спланувати розташування датчиків і виконавчих механізмів (див. рисунок 5.4), на якому мають бути відображені всі компоненти вентиляційної установки, що потребують контролю.

Сервоприводи повітряних клапанів (означені як M1 та M2) використовуються для автоматичного відкриття та закриття вентиляційних клапанів у випадку зупинки установки або для їх відкриття на початку роботи системи.

Сервоприводи живляться напругою 24 В, а напруга сигналу керування коливається від 0 до 10 В, з можливістю плавного регулювання. У разі відключення живлення ступінь відкриття клапанів може бути встановлена вручну.

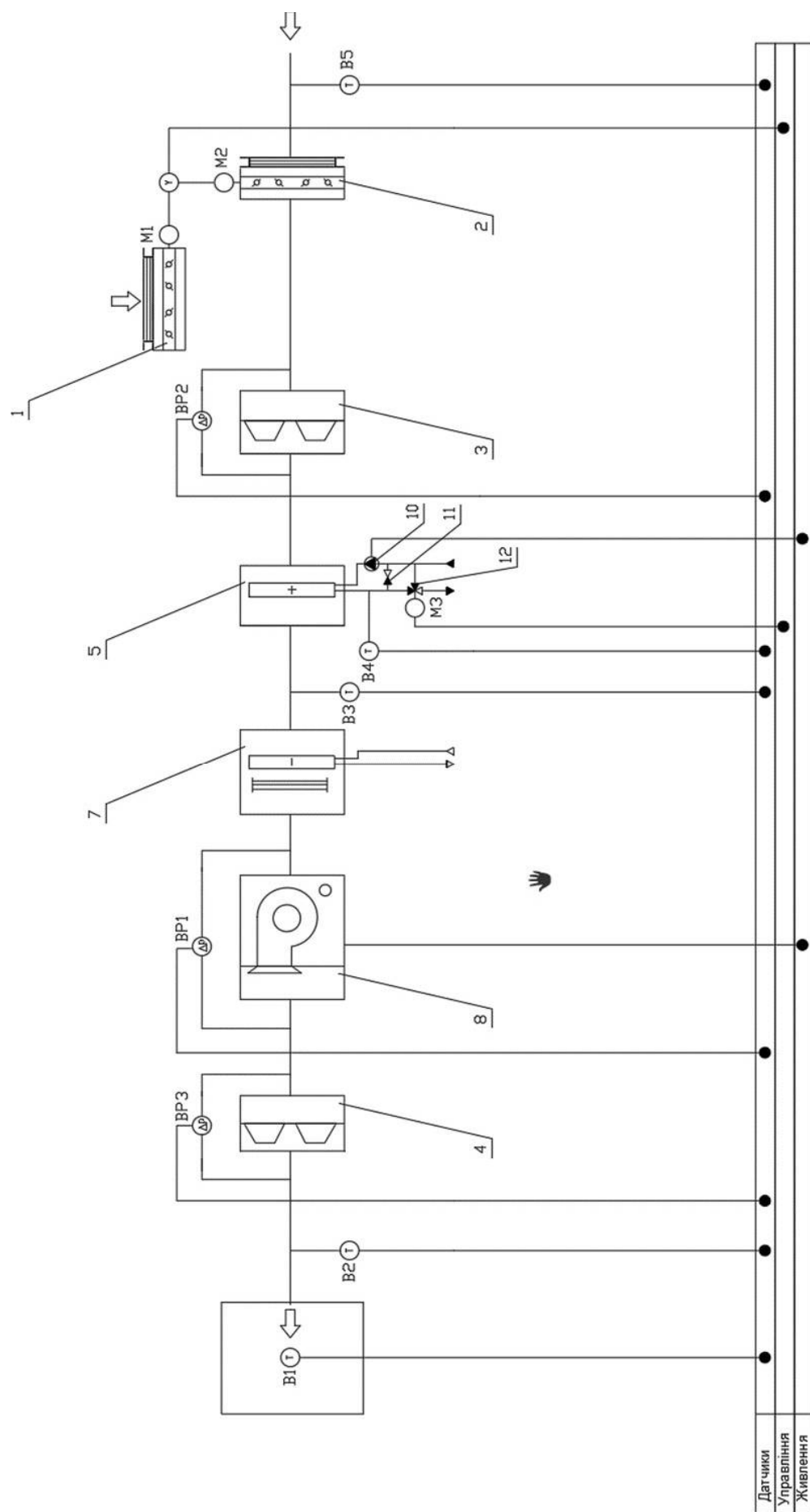


Рисунок 5.4 – Функціональна схема розміщення давачів і виконавчих механізмів

Технічні дані:

- Живлення: 24В
- Реактивна потужність: 4-5 ВА
- Крутний момент: 16 Нм
- Температура зовнішнього середовища: від –20 до 50 С

Таблиця 5.1 – Специфікація елементів автоматичного управління

Позначення	Елемент автоматики	Кількість
B1	Кімнатний давач температури	1
B2	Канальний давач температури	1
BP2, BP3	Давачі перепаду тиску на фільтрі	2
BP1	Давач перепаду тиску на вентиляторі	1
B3	Термостат захисту від замерзання	1
B4	Накладний давач температури	1
M3	Сервопривод триходового клапана	1
M1, M2	Сервоприводи повітряних клапанів	2

Дифманометри (позначені як BP1, BP2, BP3 - датчики перепаду тиску) використовуються для двох основних цілей:

1. Вимірювання перепаду тиску до і після фільтра. Цей перепад тиску служить показником ступеня забруднення фільтра.
2. Вимірювання перепаду тиску повітря до і після вентилятора, що дозволяє отримати інформацію про стан вентилятора. У випадку відсутності різниці тиску генерується аварійний сигнал.

Технічні дані:

- Діапазон регулюванням: 20-200 Па і 100-1000 Па
- Управляючий сигнал: 24 В
- Температура зовнішнього середовища: від –30 до 85С.

Термостат захисту від замерзання (B3) використовується для запобігання замерзанню води, яка поступає до водяного підігрівача. Коли температура

повітря після підігрівача впаде нижче встановленого рівня (зазвичай 10 °C), живлення вентилятора вимикається. Якщо температура повітря перевищить встановлене значення, електроживлення вентилятора знову активується, починається процес підігріву повітря.

Основним компонентом цього пристрою є біметалевий елемент, який реагує на зміни температури.

Сенсори температури (B1, B2, B5) використовуються для вимірювання та передачі значень температури в повітропроводах, приміщеннях та зовнішніх областях. Ці датчики температури передають пасивний сигнал (сигнал опору), який відповідає значенням температури.

Технічні дані:

- Живлення: 15В
- Вихідний сигнал: опір (2,252 Ом=25 C)
- Точність вимірювання: +/-0,2 C
- Діапазон вимірювання: -30 до 50 C

Сервопривід триходового клапана (M3) використовується для управління розходом гарячої води. Сервопривід живляться напругою 24 В, сигнал керування 0-10 В, регулювання плавне. При відсутності живлення степінь відкриття клапанів може задаватись вручну.

Технічні дані:

- Живлення: 24 В
- Потужність: 4-5ВА
- Притискна сила: 150Н
- Степінь захисту IP 40.

Накладний сенсор температури (B4) використовують для вимірювання і надсилання результатів температури зворотної води. Давач температури надсилає пасивний (давач опору) сигнал, який відповідає виміряній температурі.

Технічні дані:

- Живлення: 15В

- Вихідний сигнал: опір (2,252 Ом=25 С)
- Точність вимірювання: +/-0,2 С
- Діапазон вимірювання: від 0 до 110 С.

5.4 Вибір та обґрунтування програмованого логічного контролера

Управління системою базується на сучасних апаратних та програмних засобах фірми, що відповідають найвищим стандартам продуктивності, надійності, безпеки й зручності. Ця система охоплює організацію управління вентиляцією та кондиціонуванням, яка є фундаментом для розробки подібних систем.

Автоматизована система управління побудована на основі трирівневої структури, використовуючи обладнання для комплексної автоматизації будівель:

- На нижньому рівні розміщені датчики та виконавчі пристрої, а також кабельні з'єднання між ними, необхідні для реалізації автоматичного управління інженерними системами.
- На середньому рівні розташовані шафи автоматики та прилади керування.
- На верхньому рівні є система диспетчеризації, що складається з сервера і/або робочих місць диспетчерів та відповідного програмного забезпечення.

Структура АСУ:

- мережева інфраструктура – інформаційні кабелі та активне обладнання, що підтримує відкритий стандарт передачі інформації в мережах автоматизації будівель;
- комп'ютерне обладнання – суміщений сервер і автоматизоване робоче місце (АРМ);
- програмне забезпечення, що забезпечує функції ЦДП, відкритий стандарт передачі інформації в мережах автоматизації будівель.

Система АСУ повинна забезпечувати:

- прийом від контролерів і модулів зв'язку інформації про вимірювані режими і параметри роботи інженерного обладнання [7].

- відображення на технологічних схемах установок реального стану датчиків і виконавчих пристроїв, контрольованих системою.

- включення / вимикання автоматично керованого інженерного обладнання з АРМ диспетчера або за тимчасовими програмами.

Для контролю і корекції потрібних параметрів роботи вентиляційної установки обираємо універсальний контролер CORRIGO L-10, який відповідає необхідним експлуатаційним вимогам і пропонує простоту налаштувань, високу надійність і зрозумілу для користування систему візуалізації інформації і аварійних ситуацій.

Контролер CORRIGO L-10 (рисунок 5.5) використовується для формування необхідного температурного режиму шляхом автоматизованого управління роботою систем вентиляції і кондиціонування повітря. Контролер може бути налаштований для режимів нагрівання, охолодження, а також для управління повітряними заслінками зони змішування. При цьому робочі характеристики можуть бути відредаговані у відповідності до конкретного типу системи технологічного обладнання.

Аналогові входи використовуються для під'єднання перетворювачів температури (тип Pt1000), що входять до конструкцій систем вентиляції і кондиціонування повітря.

Цифрові входи використовуються для контролю стану вентиляторів, циркуляційних насосів, зовнішнього обладнання аварійної і пожежної сигналізації.

Аналогові виходи із сигналом керування 0...10 В використовуються для управління виконавчими механізмами.

Цифрові виходи призначені для здійснення вмикання/вимикання вентиляторів, компресорно-конденсаторних блоків, циркуляційних насосів, а також для подачі аварійного сигналу диспетчеру.

Система меню забезпечує користувачам різні рівні доступу. Це дозволяє запобігти некваліфікованій роботі з контролером.



Рисунок 5.5 – Програмований логічний контролер вентиляції
типу CORRIGO L-10

Функціональне призначення портів контролера приведено в рисунках 5.6 та 5.7.

1	Net A LON-connector	C10-LON only
2	Net B LON-connector	C10-LON only

3	DO7 Alarm output	1A
4	DO7 Alarm output	24 V AC/DC
5	DO6 Frost protection / Fire damper exercising	
6	C5/6 24 V AC in DO5/DO6	
7	DO5 Control DX 2 / EF Low speed	
8	DO4 Control DX 1 / SF Low speed	
9	C3/4 24 V AC in DO3/DO4	
10	DO3 Control Circ. pump / El. Heating Interlock	
11	DO2 Control EF / EF High speed	
12	C1/2 24 V AC in DO1/DO2	
13	DO1 Control SF / SF High speed	

24 V AC —

Рисунок 5.6 – Функціональне призначення портів контролера

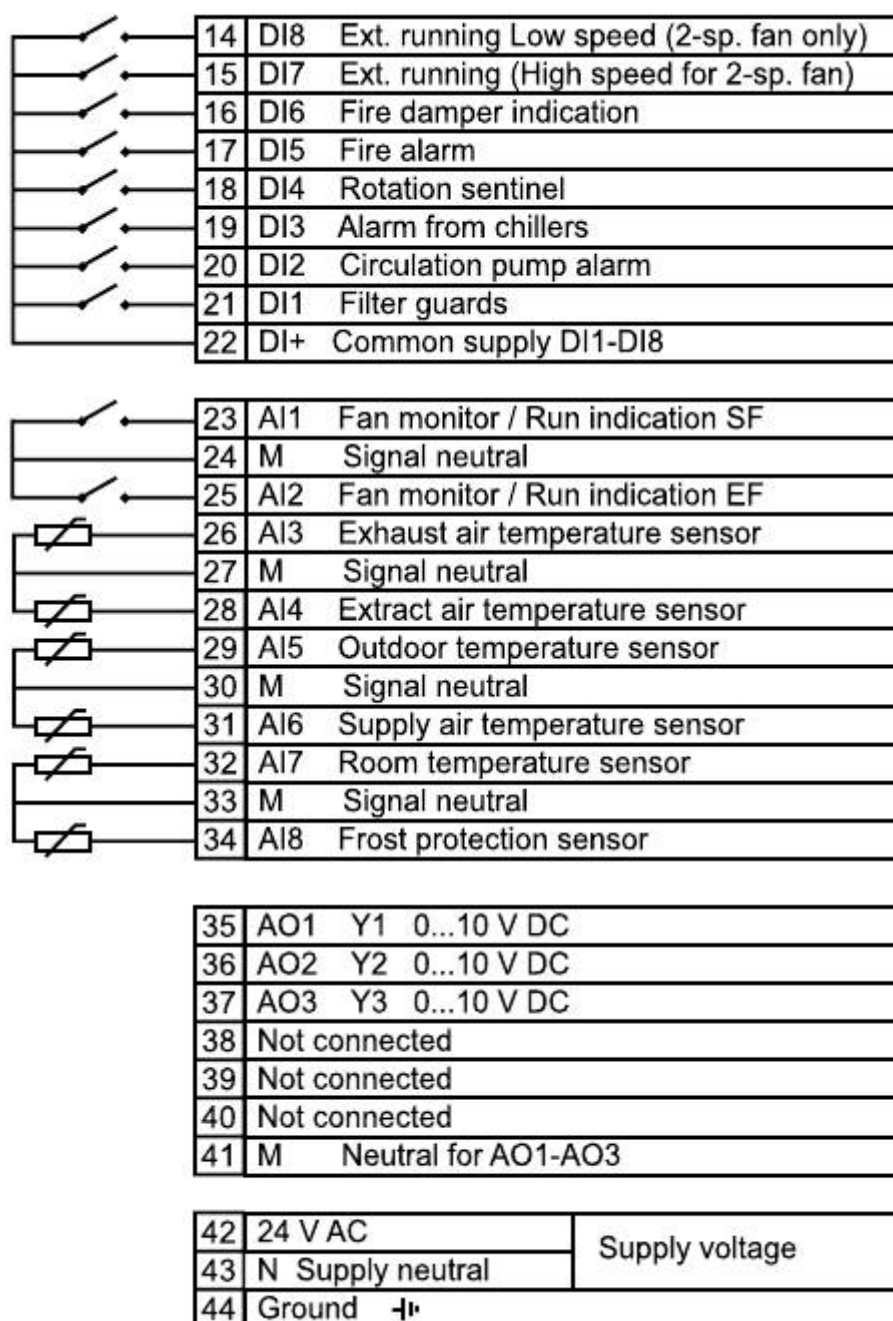


Рисунок 5.7 – Функціональне призначення портів контролера

В відповідності до завдань проектованої автоматизованої вентиляційної установки необхідно провести наступні налаштування контролера (таблиця 5.3):

Технічні характеристики:

Живлення	24 В +/- 15%
Споживана потужність	3 ВА
Робоча температура	0...50 °С
Вологість	максимум 90%
Розміри	105×110×59 мм
Клас захисту	IP20 корпус
IP40 передня панель	
Кріплення	на DIN-рейку
Клеми	під гвинт для електропроводки 2,5
мм Аналоговий вхід	4 (під зовнішні давачі, тип Pt1000)
Дискретний вхід	4 (слабкострумний з гальванічною розв'язкою)
Аналоговий вихід	3 (0...10 В, 5мА, захист від КЗ)
Дискретний вихід	2 для напівпровідникового реле 24 В, 0,5А 3 релейних виходи 230В 5А
Пам'ять	час збереження даних – постійно збереження 48 год після відключення живлення
Дисплей	РК-дисплей , 2 рядка по 16 знаків
Аварійний вихід	червоний світлодіод
Аналоговий вхід	давачі температури
AL1	давач температури зовнішнього повітря
AL2	давач температури в приміщенні
AL3	давач температури у вхідному повітропроводі
AL4	давач зворотної води (при водяному калорифері)
Дискретний вхід	статус стану контрольованого об'єкта й аварії
DL1	стан вентилятора
DL2	стан циркуляційного насоса

DL3	таймер/кнопка включення
DL4	сигнал пожежі
Аналоговий вихід	0...10 В
AO1 Y1	нагрів
AO2 Y2	теплообмінник, камера рециркуляції
AO3 Y3	охолодження
Дискретний вихід	
DO1	1-а ступінь охолодження
DO2	2-а ступінь охолодження або захист від замерзання
DO3	керування вентилятором
DO4	керування циркуляційним насосом
DO5	подача сигналу аварії

5.5 Розробка електричних принципових схем з'єднань

Принципова схема з'єднань – це схема, що показує зв'язок окремих компонентів засобів автоматизації за допомогою умовних позначень.

Принципові схеми з'єднань проектованої автоматизованої системи кондиціонування та вентиляції повітря приведені на рисунках 5.8 та 5.9.

Аналогові входи контролера (AL1-AL4) потрібно скомутувати з давачами температури зовнішнього, кімнатного та каналного повітря відповідно, а також з давачем зворотної води калорифера (рисунок 5.6).

Дискретні входи контролера комутуються наступним чином (рисунок 5.8).

На вхід DL1 через пресостат вентилятора буде надходити сигнал про режим роботи вентилятора. В випадку нормальної роботи вентиляційного обладнання різниця між тисками до і після вентилятора має бути допустима. Якщо ж різниця тиску виходитиме за граничні норми, то має вмикатись пресостат (нормально відкритий контакт) і з дискретного виходу DO5 надходитиме сигнал 24 В.

На вхід DL2 через нормально відкритий (НВ) контакт магнітного пускача КМ3 надходитиме сигнал про режим роботи циркуляційного насосу.

На вхід DL3 для забезпечення ручного управління вентиляційною установкою встановлено двопозиційний вимикач SA2.

Вхід DL4 використовується для протипожежного захисту. Сигнал на цей вхід буде надходити через НВ контакт електромагнітного реле K1. При відсутності пожежі контакт має бути замкнутий, а при пожежі контакт розмикається.

Загальним виходом для DL1-DL4 є вихід DL+.

Дискретні виходи контролера комутуються наступним чином (рисунок 5.9).

Вихід DO1 використовується для вмикання компресорно-конденсаторного блоку (ККБ), тобто формування сигналу 24 В на котушку електромагнітного реле K4. Коли повітря потрібно охолодити цей вихід буде активним.

Вихід DO3 застосовується для управління роботою вентилятора. Сигнал величиною 24 В надходить через НВ контакти електромагнітних реле K1, K5, на котушку електромагнітного реле K2, яке формує сигнал для пуску вентилятора. Електромагнітні реле K1, K5 використовуються для протипожежного і проти замерзаючого захисту.

Вихід DO4 використовується для управління роботою насосу. Сигнал 24 В надходить через НВ контакти електромагнітного реле K5, на котушку електромагнітного реле K3, яке формує сигнал для запуску насосу. Для уникнення безпеки замерзання води на котушку K3 також через нормально закритий (НЗ) контакт буде надходити прямий сигнал 24 В.

До виходу DO5 (24 В) під'єднана лампочка HL4 для візуалізації контролю за аваріями.

Аналогові виходи AO1-AO3 чітко залежать від налаштованої конфігурації (рисунок 5.9).

Вихід AO1 з вихідним сигналом 0..10 В застосовується для управління роботою сервоприводу триходового клапану. Сигнал надходить на сервопривод через НВ контакт електромагнітного реле K5. Для уникнення безпеки замерзання паралельно до живлення НЗ під'єднано контакт реле K5.

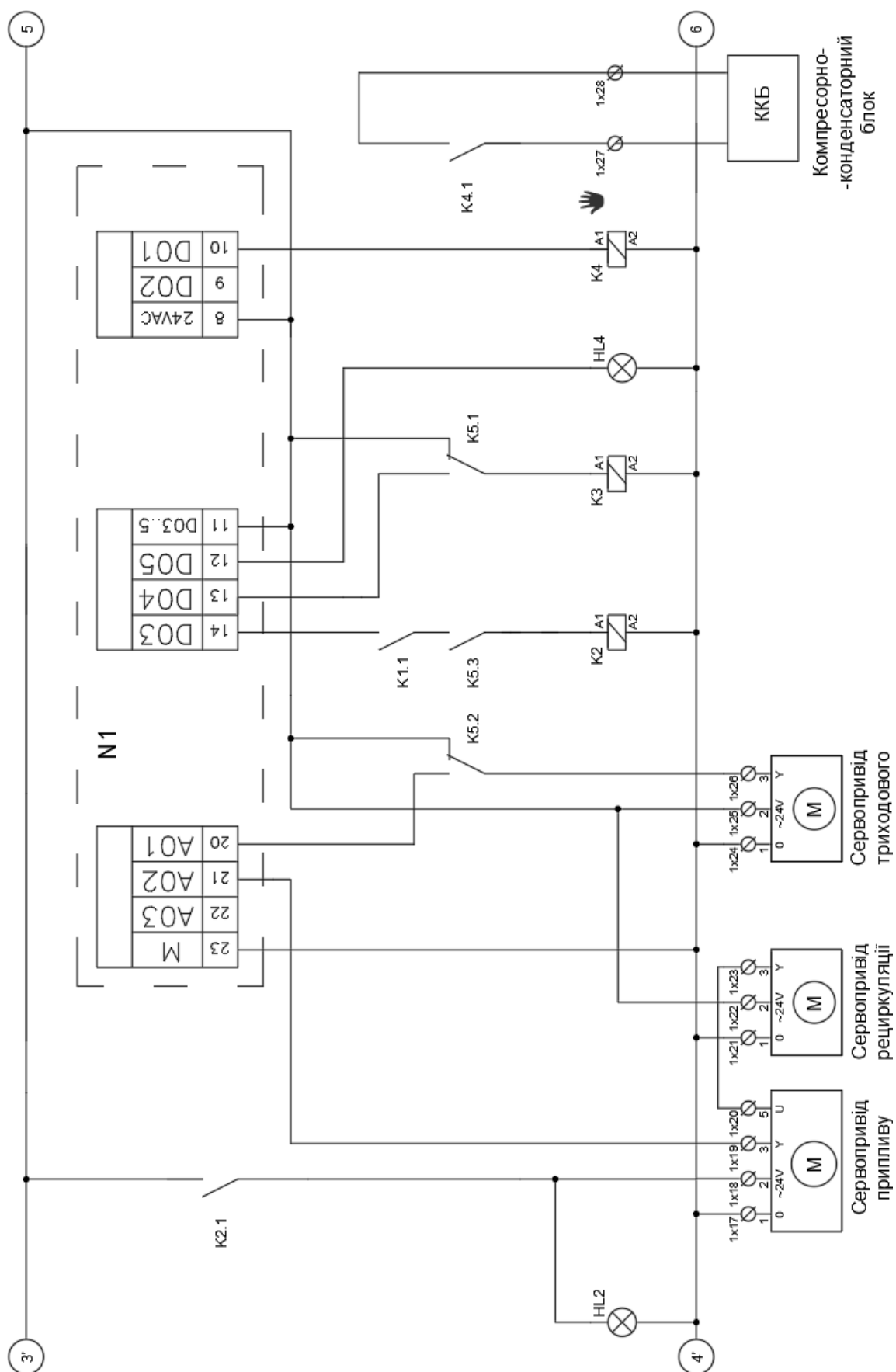


Рисунок 5.9 – Схема електрична принципова з'єднань (виходи контролера)

Вихід АО2 з вихідним сигналом 0..10 В застосовується для управління роботою сервоприводів змішувальної камери. Ці сервоприводи працюють у протифазі. Живлення 24 В надходить на сервопривод через НВ контакт електромагнітного реле К2, який замикається при вмиканні установки, а на сервопривод рециркуляції напряму.

Для візуалізації контролю роботи вентиляційної установки під'єднано лампочку HL2.

Для захисту від замерзання сигнал на котушку електромагнітного реле К5 під'єднано через термостат. Для сигналізації про забруднення фільтра використовується лампочка HL3, сигнал на яку буде надходити через пресостат фільтра.

Для живлення контролера Corrigo L-10, лампочок, виконавчих механізмів (сервоприводів) використовується трансформатор 220/24 В.

Проведемо розрахунок потужності трансформатора. З цією метою за паспортними даними споживачів розраховуємо їх споживану потужність.

$P_K = 3 \text{ ВА}$ – потужність контролера.

$P_{Л} = 1 \text{ ВА}$ – потужність лампочки.

$P_{Л.з} = n \cdot P_{Л} = 4 \cdot 1 = 4 \text{ ВА}$.

$P_c = 5 \text{ ВА}$ – потужність сервоприводу.

$P_{c.з.} = n \cdot P_c = 3 \cdot 5 = 15 \text{ ВА}$

$P_p = 2 \text{ ВА}$ – потужність електромагнітного реле.

$P_{p.з.} = n \cdot P_p = 3 \cdot 2 = 6 \text{ ВА}$

$P_{ЗАГ} = 3 + 4 + 15 + 6 = 28 \text{ ВА}$.

Отже, для живлення споживачів потрібно використовувати трансформатор потужністю не менше 28 ВА .

5.6 Розробка електричних принципових схем живлення

Проектування систем електроживлення здійснюють на основі завдання на проектування, функціональної схеми автоматизації, принципових електричних схем з'єднань (рисунок 5.10).

Принципову електричну схему живлення проектують у такій послідовності: розраховують джерела живлення; щити системи автоматизації; проектується мережа живлення; розподільча мережа; планується принципова схема електроживлення.

У щитах розміщують апаратуру захисту та керування електроживленням мережі. Вибір напруги живлення мережі визначається напругою у колах живлення приладів і засобів автоматизації з урахуванням рівнів напруги, що використовуються у системі постачання енергії автоматизованого об'єкту.

Визначення числа фаз і проводів живильної мережі здійснюється в залежності від числа фаз і напруги живлення засобів автоматизації.

Номінальна напруга обладнання захисту повинна не менша номінальної напруги мережі, а номінальний струм автомату захисту – більший розрахунковому струму кола.

Визначення струму спрацювання автоматів здійснимо за наступними формулами:

$$I = \frac{P_H}{U_H \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi}, \text{ - для трифазного струму;}$$

$$I = \frac{P_H}{U_H \cdot \cos\varphi}, \text{ - для однофазного струму;}$$

де, P_H – номінальна потужність електроспоживача, Вт;

U_H – номінальна напруга електроспоживача, В;

$\cos\varphi$ - коефіцієнт потужності.

Згідно паспортних даних споживачів визначаємо номінальний струм автоматів. Для компресорно-конденсаторного блоку (QF1):

$$I_{к.к.б.} = \frac{P_1}{U_H \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi} = \frac{11000}{380 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.8} = 21,3 A : I_{к.к.б.} = 25 A$$

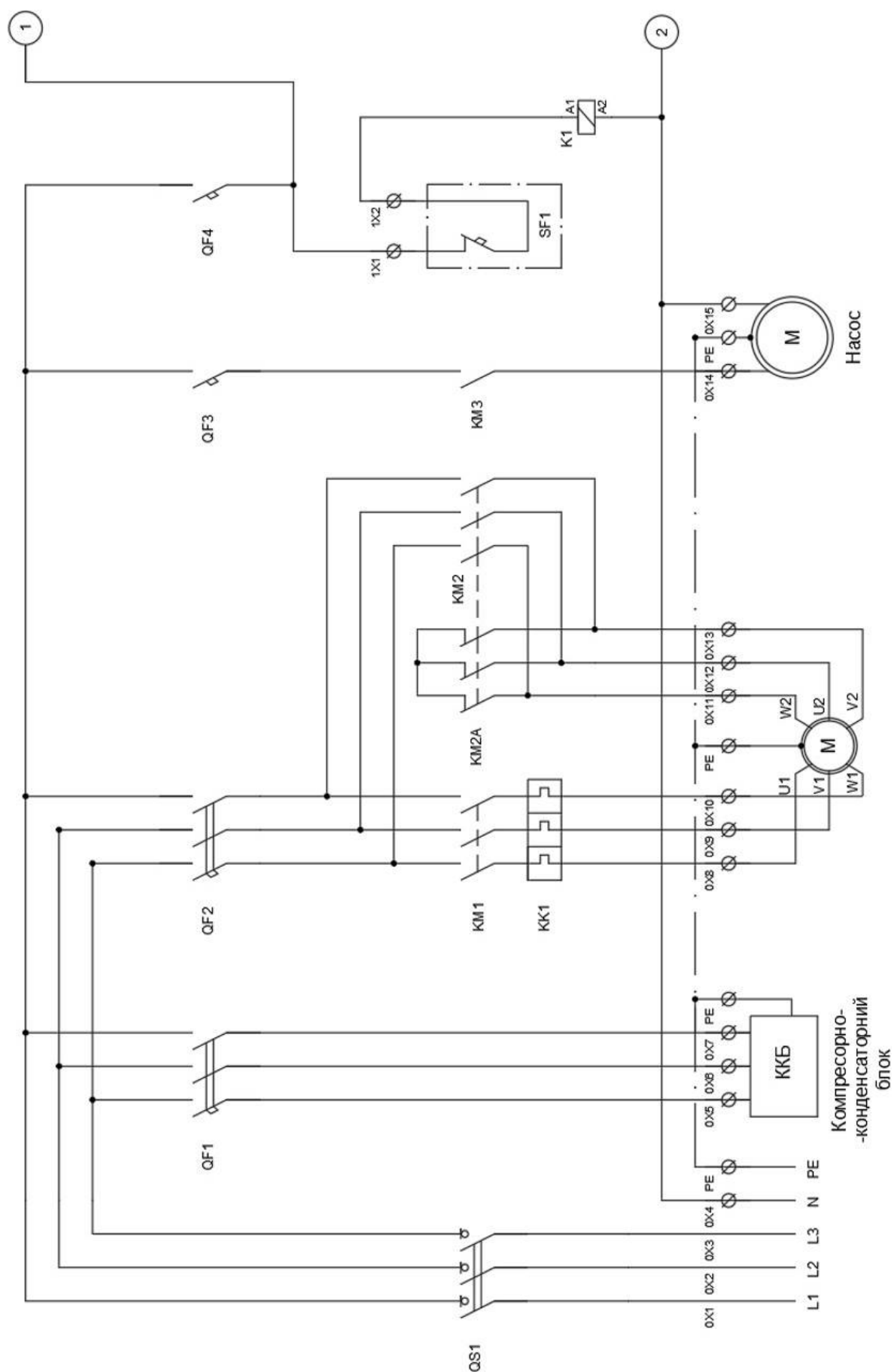


Рисунок 5.10 – Принципова електрична схема живлення

Для електродвигуна вентилятора (QF2):

$$I_a = \frac{P_2}{U_H \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi} = \frac{3000}{380 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.8} = 5,8 A : I_a = 6 A$$

Для циркуляційного насосу (QF3):

$$I_n = \frac{P_3}{U_H \cdot \cos\varphi} = \frac{1000}{220 \cdot 0.8} = 5,6 A : I_a = 6 A$$

Для слабострумних споживачів, а також для реле (QF4).

Оскільки, реактивна потужність $Q = UI$, то повна потужність слабострумних споживачів становить:

$$P_c = Q \cdot \cos\varphi = 28 \cdot 0,9 = 25,2 Bm$$

Потужність пускачів і реле становить:

$$P_{3.n} = n \cdot P_n = 5 \cdot 3 = 15 Bm$$

$$I_c = \frac{P_c + P_{3.n}}{U_H \cdot \cos\varphi} = \frac{25,2 + 15}{220 \cdot 0,9} = 0,2 A : I_c = 1 A$$

Додавши потужності всіх споживачів визначимо номінальний струм роз'єднувача (QS1).

$$P_s = P_1 + P_2 + P_3 + P_{3.n} + P_c = 11000 + 3000 + 1000 + 25,2 + 15 = 15040,2 \text{ Вт}$$

$$I_p = \frac{P_s}{U_H \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi} = \frac{15040,2}{380 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.8} = 29 A : I_p = 32 A$$

Вважаючи, що електродвигун вентилятора є двошвидкісним (зірка трикутник), виконаємо відповідно до цього під'єднання живлення двигуна. Для цього напруга, на виході автомата QF2 надходить на пускачі КМ1 та КМ2. Для під'єднання першої швидкості (зірка) на пускач КМ2 монтуємо допоміжні НЗ контакти. Для захисту двигуна вентилятора від перенавантаження до пускача КМ1 комутуємо теплове реле КК1.

Пускач КМ2 вибираємо з комутаційним струмом 4А. Допоміжні контакти КМ2 мають витримувати струм 5,8 А.

Теплове реле підбираємо з границею струму 3,5-6А. Напруга на котушку пускача КМ1 (1 швидкість) надходить через НВ контакт реле К2 і НЗ контакт теплового реле КК1.

Щоб ввімкнути 2 швидкість (трикутник) необхідно розігнати двигун на першій швидкості (зірка), для цього використовується реле відтермінування запуску КТ1.

Для запуску двигуна циркуляційного насосу використовується пускач КМ3, струм якого становить: $I_{п.н} = I_n = 5,6A$.

Пускач КМ3 вибираємо з комутаційним струмом 6А.

Висновок: Розроблено функціональну схему автоматизованого управління. Здійснено вибір сенсорів та виконавчих механізмів, програмованого логічного контролера, розглянуто принципи роботи контуру регулювання, розроблено та розраховано електричні принципові схеми з'єднань та живлення.

6 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ

Автоматичне регулювання є обов'язковим для систем повітряного опалення, припливної та витяжної вентиляції, які працюють зі змінною витратою, сумішшю зовнішнього та рециркуляційного повітря та великою тепловою потужністю калориферів 50 кВт і більше, а також для систем кондиціонування, холодопостачання та місцевого зволоження повітря в приміщеннях. Основні параметри, які піддаються контролю системою автоматичного регулювання:

- температура повітря та теплоносія (холодоносія) на вході та виході пристроїв;
- температура зовнішнього повітря та в контрольних точках приміщення;
- тиск тепло- та холодоносія до та після пристроїв, де тиск змінює своє значення;
- витрата теплоти, споживана системою опалення та вентиляції;
- тиск (різниця тисків) повітря від вентиляційно-кондиціонувальних блоків із фільтрами та теплоутилізаторами, який відповідає технічним вимогам на обладнання або за умови експлуатації.

Необхідність дистанційного контролю та реєстрації основних параметрів визначається технологічними вимогами.

Сенсори слід розміщувати в характерних точках в обслуговуваній (робочій) зоні приміщення, в місцях, де вони не піддаються впливу нагрітих або охолоджених поверхонь або струменів приточного повітря. Дозволяється встановлення датчиків у повітроводах, якщо параметри в них не відрізняються від параметрів повітря в приміщенні або відрізняються на постійну величину.

Якщо відсутні спеціальні технологічні вимоги до точності, то точність підтримки в точках установки датчиків має бути ± 1 °C за температурою та ± 7 % щодо відносної вологості. У разі застосування місцевих кондиціонерів-доводчиків з індивідуальними регуляторами прямої дії точність підтримання температури ± 2 °C.

Автоматичне блокування передбачається у таких випадках:

- у системах, де подача повітря має змінну витрату зовнішнього та припливного повітря, для забезпечення мінімально необхідного обсягу повітря;
- для захисту теплообмінників першого нагріву та рекуператорів від можливого замерзання;
- в системах повітрообміну, циркуляції теплоносія та холодоагенту, для захисту робочих елементів, таких як теплообмінники, ТЕНи, компресори та інше обладнання;
- у системах протипожежного захисту та автоматичного відключення обладнання у випадку аварійних ситуацій.

Замерзання води в трубах може відбуватися через ламінарний рух води при негативних температурах зовнішнього повітря та переохолодження води в самому апараті. У трубках теплообмінника з діаметром $d_{тр} = 2,2$ см та швидкістю руху води менше 0,1 м/с, швидкість руху води біля стінки практично дорівнює нулю. Маленький тепловий опір трубки призводить до того, що температура води біля стінки наближається до температури зовнішнього повітря. Особливо схильні до замерзання вода у першому ряді трубок з боку потоку зовнішнього повітря.

Основні фактори, які призводять до замерзання води:

1. Помилки, що виникають під час проектування та пов'язані з переоцінкою теплового навантаження, неправильним розрахунком кількості тепла, що потрібно для нагріву, і способами управління системою. Недоліки в цих аспектах можуть призвести до недостатнього нагріву або перегріву системи, що сприяє замерзанню води.

2. Перевищення температури гарячої води, що використовується в системі, і наступний різкий спад швидкості руху води. Це може стати наслідком несправностей в регулюванні температури або неправильностей у роботі обладнання, що призводить до утворення умов для замерзання води в теплообміннику.

3. Проникнення холодного повітря через негерметичність клапана зовнішнього повітря та повне закриття плунжера водяного клапана. Неправильне функціонування клапанів і заслонок може спричинити порушення теплообміну і створення умов для замерзання води в системі.

Зазвичай захист від замерзання теплообмінників здійснюється за допомогою двопозиційних регуляторів з датчиками температури перед теплообмінником та у зворотному трубопроводі води. Для передбачення небезпеки замерзання води використовуються показники температури повітря перед теплообмінником (температура нижче 3 °C) та одночасне зниження температури зворотної води (наприклад, менше 15 °C). Коли ці значення досягаються, клапани повністю відкриваються, а припливний вентилятор зупиняється. У неробочий час клапани залишаються відкритими (від 5 до 25%), при закритті заслінці зовнішнього повітря.

Описані вище нормативні вимоги до автоматики ВКВ не охоплюють всі аспекти процесу та обладнання для повітрообробки. Практичний досвід роботи з такими системами підкреслив необхідність виконання додаткового комплексу вимог. Перш за все, важливо враховувати обов'язкове попереднє прогрівання повітряного нагрівача перед запуском приточного вентилятора і дотримання послідовності увімкнення та вимкнення обладнання системи. На малюнку 6.1 показана типова схема управління увімкненням та вимиканням апаратів і пристроїв припливно-витяжної системи. Спочатку повністю відкривається клапан калорифера, після його прогрівання протягом 120 секунд подається команда на відкриття повітряних заслінок, через додаткові 40 секунд вмикається витяжний вентилятор, а при повному відкритті заслінок вмикається приточний вентилятор. Крім того, необхідно передбачити можливість окремого запуску обладнання, яке необхідно увімкнути для налаштування і профілактичних заходів.

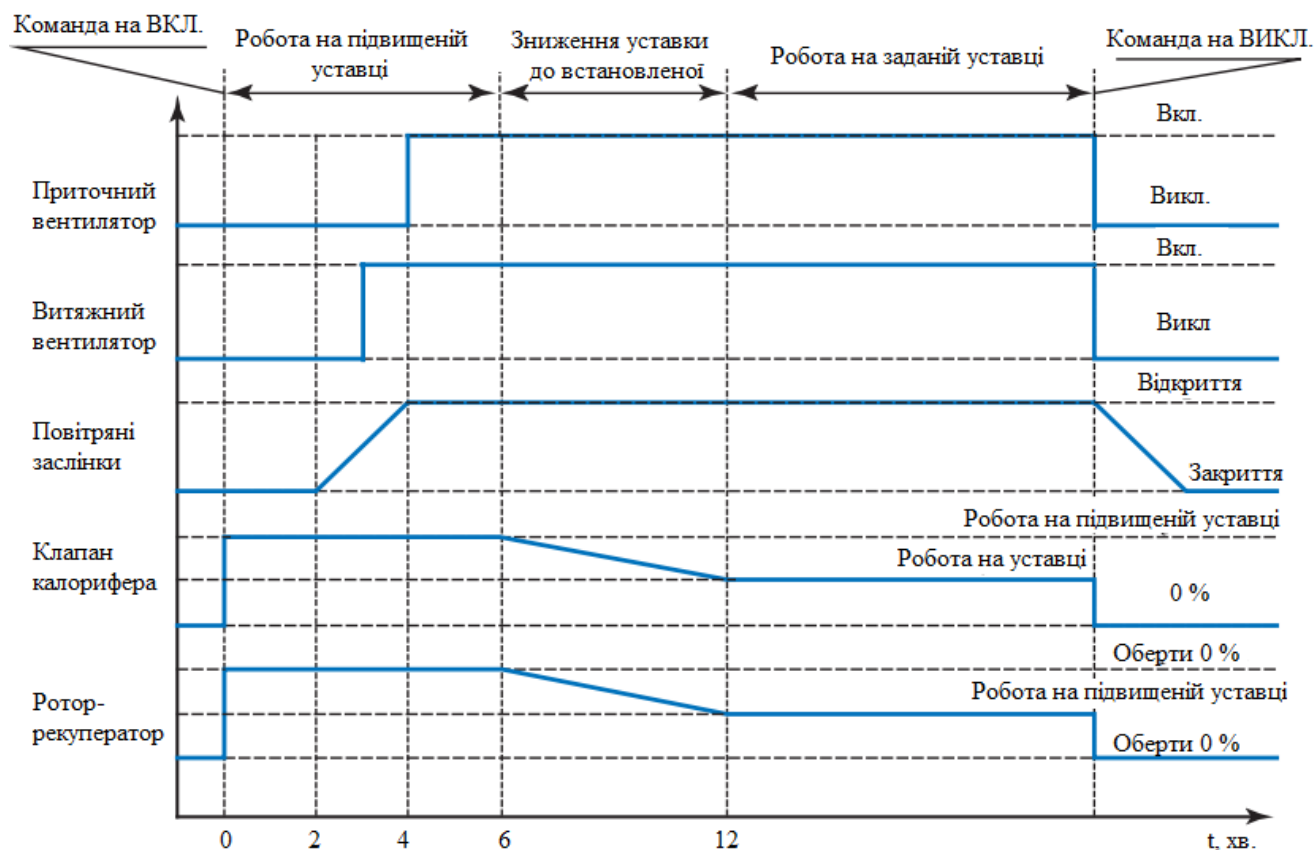


Рисунок 6.1 – Типовий графік включення та вимикання апаратів та пристроїв припливно-витяжної системи

Система вимірює температуру в приміщенні та автоматично вибирає режим роботи. Вибір ґрунтується на практичному аналізі - за зразок беруться стандартні переваги людей, які користуються системою. Величини D_p відображають рівні різних факторів, від значення яких залежить комфорт людини: температура, вологість, інтенсивність повітряних потоків, тип одягу (літня/зимово) та ін. Наведемо приклад обліку впливу вологості на стан людини. Відчуття теплоти чи прохолоди є наслідком як температури повітря, але його вологості. Температура повітря 26°C та вологість 50-60 % вважаються комфортними влітку, тоді як температура 22°C буде комфортною зимою. Однак навіть температура 29°C перебуватиме в зоні комфортності, якщо вологість становить 50 %, тоді як ця температура при вологості 70 % здаватиметься високою і викликатиме відчуття “паркості”.

Система вентиляювання працює за наступним принципом: сигнали від датчиків будуть фазифіковані, оброблені, дефазифіковані та отримані дані у

вигляді сигналів надійдуть на частотний регулятор двигуна компресора, швидкість обертання якого (а отже, і продуктивність) будуть змінюватися відповідно до значення функції приналежності.

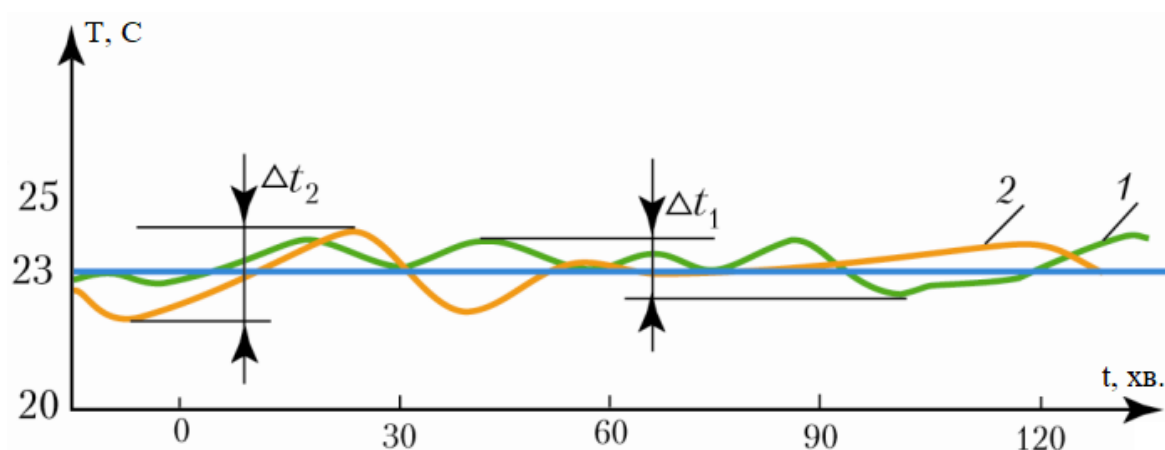
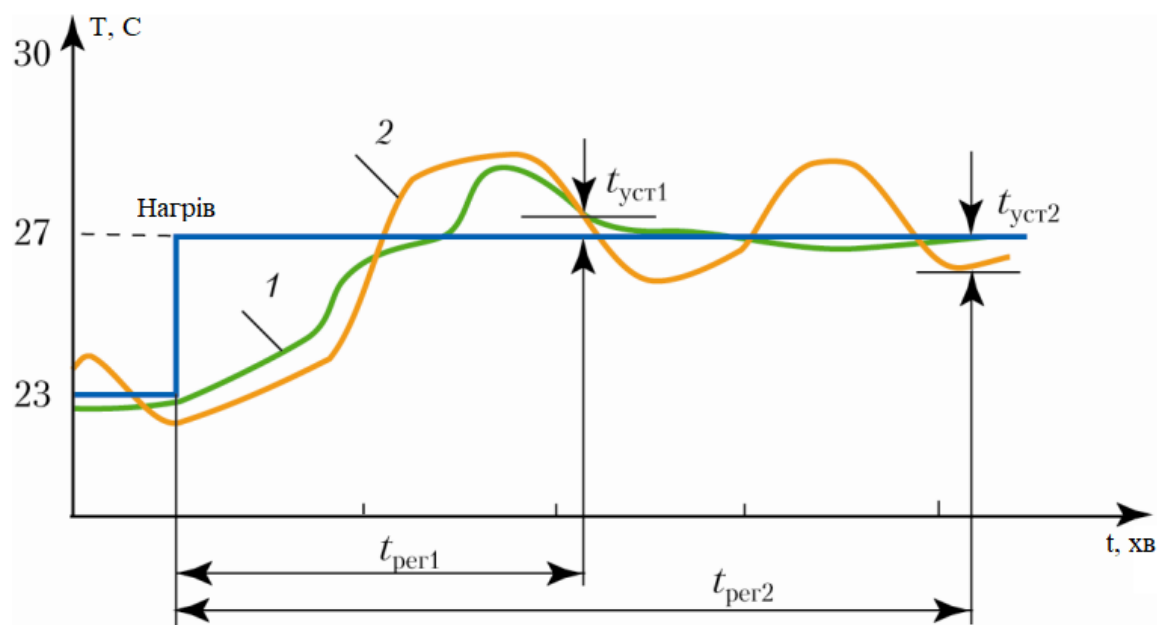


Рисунок 6.2 – Графіки зміни температури у приміщенні:

а. крива розгону;

б. зміна температури в приміщенні

Таким чином, управління системою вентиляції та кондиціонування із застосуванням регуляторів забезпечує:

- зміна температури відповідно до санітарних норм (відсутність різкого перепаду температур у приміщенні, підтримання допустимої швидкості потоку повітря та ін.);

- встановлення необхідної холодопродуктивності;
- вибір режиму роботи та уставку температури, виходячи з температури та вологості в приміщенні;
- вибір оптимального (комфортного) розподілу та інтенсивності потоку повітря;
- мінімальний час виходу на заданий режим;
- зменшення витрати електроенергії на 20-40%.

Висновок: розроблено алгоритм функціонування системи вентиляції, виконання якого забезпечує: - зміну температури відповідно до санітарних норм (відсутність різкого перепаду температур у приміщенні, підтримання допустимої швидкості потоку повітря та ін.); встановлення необхідної холодопродуктивності; вибір режиму роботи та уставку температури, виходячи з температури та вологості в приміщенні; вибір оптимального (комфортного) розподілу та інтенсивності потоку повітря; мінімальний час виходу на заданий режим; зменшення витрати електроенергії на 20-40%.

7 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

7.1 Розрахунок регулюючого органу АСР температури

Вихідні дані для розрахунку регулюючого органу, встановленого на трубопроводі подачі пари в калорифер І підігріву:

- середовище: водяна пара;
- температура – 110°C ;
- густина $\rho = 2,25 \text{ кг/м}^3$;
- динамічна в'язкість $\eta = 5,3 \cdot 10^{-1} \text{ кг}\cdot\text{с/м}^2$;
- максимальні масові витрати: $G_{\max} = 25,3$;
- мінімальні масові витрати: $G_{\min} = 13,2$;
- напір в мережі: $\Delta P_{\text{мер}} = 1,0 \text{ МПа}$;
- витрати тиску в лінії $\Delta P_{\text{лін}} = 0,2 \text{ МПа}$.
- тиск середовища до регулюючого органу $P_1 = 3,5 \text{ МПа}$.

Бажана форма витратної характеристики рівнопроцентна (для автоматичної системи регулювання температури).

1. Визначаємо витрати тиску на РО при мах витратах:

$$\Delta P_{\text{ро}} = \Delta P_{\text{мер}} - \Delta P_{\text{лін}} \quad (7.1)$$

$$\Delta P_{\text{ро}} = 1,0 - 0,2 = 0,8 \text{ МПа}.$$

2. Визначаємо необхідне значення пропускної здатності регулюючого органу:

$$K_{v \max} = \frac{G_{\max}}{\sqrt{\rho \cdot \Delta P_{\text{ро}} \cdot 10^{-5}}} \quad (7.2)$$

де $\Delta P_{\text{ро}}$ – витрати тиску на РО;

$G_{\max}$ – максимальні масові витрати;

$$K_{v \max} = \frac{25.3}{\sqrt{2.25 \cdot 0.8 \cdot 10^{-5}}} = \frac{25.3}{5.3} = 4,77 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

3. Вибираю з таблиці [13, с. 27, табл. 6.11] дросельний регулюючий орган за умовою:

$$K_{vy} \geq 1.2 K_{v \max} \quad (7.3)$$

$$K_{vy} \geq 1.2 \cdot 4.77 = 5.73 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Вибираємо односідельний регулюючий орган з характеристиками:

$$K_{vy} = 8 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, \quad D_y = 25 \text{ мм}, \quad P_{\max} = 4,0 \text{ МПа}.$$

4. Перевіряємо вибраний регулюючий орган на вплив в'язкості.

Визначаємо число Рейнольдса:

$$R_{ey} = 3540 \frac{G_{\max}}{\rho \cdot \Pi \cdot D_y} \quad (7.4)$$

$$R_{ey} = 3540 \frac{25.3}{2.5 \cdot 5.3 \cdot 10^{-1} \cdot 25} = \frac{895662}{33.125} = 2703,8.$$

Маємо $R_{ey} = 2703,8 \gg 2000$, отже вплив в'язкості на закривання і викривання регулюючого органу незначний.

5. Перевіряємо вибраний РО на можливість виникнення кавітації. Знаходимо площу перерізу вхідного опору РО, см^2 :

$$F_y = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (7.5)$$

$$F_y = \frac{3.14 \cdot 2.5^2}{4} = 4.9 \text{ см}^2.$$

6. Визначаємо коефіцієнт місцевого опору регулюючого органу:

$$\xi_y = 25.4 \cdot \frac{F_{y^2}}{K_{vy^2}} \quad (7.6)$$

7. З графіка 6.23 [13, с. 277] визначаємо коефіцієнт кавітації, що відповідає

$$\xi = 9.53$$

$$K_{ков} = 0.45$$

8. Знаходимо перепад тиску, при якому виникає кавітація:

$$\Delta P_{кав} = K_{ков} \cdot P_1 \quad (7.7)$$

$$\Delta P_{кав} = 0.45 \cdot 3.5 = 1.575 \text{ МПа}$$

Маємо $\Delta P_{PO} = 0.8 \text{ МПа} < \Delta P_{кав} = 1.575 \text{ МПа}$.

Отже, вибраний регулюючий не буде працювати в кавітаційному режимі.

9. Визначаємо відношення витрат в лінії до витрат тиску на регулюючий орган:

$$n = \frac{\Delta P_{лін}}{\Delta P_{PO}} \quad (7.8)$$

$$n = \frac{0.2}{0.8} = 0.25$$

10. Визначаємо уточнене значення максимальних витрат:

$$G_{max} = G_{max} \frac{K_{vy}}{K_{vmax}} \quad (7.9)$$

$$G_{max} = 25.3 \frac{8}{4.77} = 42.4 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

11. Знаходимо відносні значення витрат:

12.

$$\mu_{max} = \frac{G_{max}}{G_{max}}; \quad \mu_{min} = \frac{G_{min}}{G_{max}} \quad (7.10)$$

$$\mu_{max} = \frac{25.3}{42.4} = 0.59$$

$$\mu_{min} = \frac{13.2}{42.4} = 0.31$$

12. З рисунку 6.20 [13, с. 268] для μ_{max} , μ_{min} , n визначаємо хід штоку регулюючого органу S_{max} і S_{min} . Коефіцієнт передачі $\frac{du}{ds}_{max}$ і $\frac{d\mu}{ds}_{min}$ для лінійної і рівнопроцентної характеристики. Результат записуємо в таблицю 7.1

Таблиця 7.1 – Хід штоку і коефіцієнт передачі вибраного регулюючого органу з лінійною і рівнопроцентною характеристикою

Характеристика Показник	Лінійна	Рівнопроцентна
$S_{\max}$	0,84	0,58
$S_{\min}$	0,62	0,3
ΔS_{po}	0,22	0,28
$\left(\frac{d\mu}{ds}\right)_{\max}$	0,9	0,8
$\left(\frac{d\mu}{ds}\right)_{\min}$	1,1	0,25
$\left(\frac{d\mu}{ds}\right)_{\max} / \left(\frac{d\mu}{ds}\right)_{\min}$	0,82	3,2

Отже, вибираємо регулюючий орган з рівнопроцентною характеристикою, для якого значення $\left(\frac{d\mu}{ds}\right)_{\max} / \left(\frac{d\mu}{ds}\right)_{\min}$ більше. Для автоматичної системи регулювання температури рівнопроцентна характеристика є рекомендованою.

7.2 Розрахунок надійності каналів регулювання

Технічні характеристики системи автоматизації визначаються можливостями приладів апаратури, які можуть бути використані при її експлуатації. В процесі експлуатації ці характеристики повинні зберігатися.

Здатність будь-якого вибору, в тому числі приладів і засобів автоматизації зберігати свої характеристики в заданих межах впродовж необхідного проміжку часу називається надійністю (ГОСТ 27.002-83).

Для систем автоматизації надійність має важливе значення через такі об'єктивні причини:

- скорочення чисельності обслуговуючого персоналу технологічних процесів і апаратів за рахунок створення автоматизованих і автоматичних систем управління;

- розробка і запровадження нових інтенсифікованих і складних комплексів технологічних процесів, для яких фізіологічні якості людини – швидкість прийняття рішення, – є гальмом до запровадження;

- розробка і запровадження ускладнених систем управління на базі мікропроцесорних засобів.

Надійність системи залежить від надійності окремих її складових елементів.

При визначенні надійності автоматичної системи регулювання вважаємо, що всі елементи в ній з'єднанні послідовно (перетворювачі, регулюючий пристрій, виконавчий механізм, регулюючий орган). Це гірший з точки зору надійності варіант з'єднання ланок, оскільки вихід з ладу одного елемента призводить до відмови всієї системи.

Кількісним показником надійності є ймовірність безвідмовної роботи системи, яка визначається за формулою:

$$P(t) = e^{-k\lambda t} \quad (7.10)$$

де k – коефіцієнт, що враховує вплив навколишнього середовища (для нормальних лабораторних умов $k = 1$; для стаціонарних установок в сільському господарстві $k = 10 \dots 15$; для мобільних агрегатів $k = 25 \dots 30$);

λ – інтенсивність відмов, яка вказується в технічній документації на вироби, або приймається по таблицям показників надійності;

t – час експлуатації.

Інтенсивність відмов системи λ_c визначається сумою інтенсивності відмов всіх елементів:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^N \lambda_i \quad (7.11)$$

Визначимо надійність для автоматичної системи регулювання температури повітря в приміщенні для літнього часу.

Для розрахунків складемо таблицю в якій визначимо перелік приладів та засобів автоматизації, вихід з ладу яких під час експлуатації обладнання може привести до аварійної ситуації.

Таблиця 7.2 – Інтенсивність відмов елементів автоматичної системи

Найменування	Кількість	Інтенсивність відмов $\lambda \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$
Сенсори температури ТСМ Метран-203	2	0,33
Мікропроцесорний регулятор (ПЛК)	1	2,0
Електричний виконавчий механізм МЭО-40/10-0,25Р	1	0,02
Регулюючий орган 25ч30нж	1	0,21

Інтенсивність відмови контуру регулювання температури складає:

$$\lambda_c = (0,33 \cdot 2 + 2,0 + 0,02 + 0,21) \cdot 10^{-5} = 2,89 \cdot 10^{-5}.$$

Розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи автоматичної системи регулювання температури за 100, 1000, 10000 годин нормальної експлуатації.

Ймовірність безвідмовної роботи контуру регулювання при $t = 100$ год напрацювання:

$$P_c = e^{-2,89 \cdot 10^{-6} \cdot 100} = 0,9$$

Ймовірність безвідмовної роботи при $t = 1000$ год напрацювання:

$$P_c = e^{-2,89 \cdot 10^{-6} \cdot 1000} = 0,4$$

Ймовірність безвідмовної роботи при $t = 10000$ год напрацювання:

$$P_c = e^{-2,89 \cdot 10^{-6} \cdot 10000} = 0,1 \cdot 10^{-3}$$

З розрахунків видно, що ймовірність безвідмовної роботи автоматичної системи регулювання температури за 1000 годин нормальної роботи досить висока, при збільшенні часу напрацювання вона зменшується, але при правильній експлуатації приладів і засобів автоматизації системи можна тривалий час підтримувати її на високому рівні.

8 МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ

8.1 Розрахунок параметрів налагодження регулятора температури

Розрахунок параметрів налагодження регулятора температури проводиться з врахуванням динамічних характеристик об'єкту регулювання – маси холодоносія в системі холодопостачання. Зміна температури зазначеного середовища характеризується аперіодичною ланкою другого порядку з ємнісним запізненням. Вказана залежність залежить від маси холодоносія, його концентрації, різниці температур. Згідно з експериментальними даними, перехідна характеристика об'єкту по цьому каналу має вигляд, приведений на рисунку 5.2.

$$W(p) = \frac{k}{T_1 p^2 + T_2 p + 1}, \quad (8.1)$$

$$W(p) = \frac{5}{20p^2 + 30p + 1}.$$

Згідно рисунку 5.1 обчислюємо відношення між запізненням об'єкту τ_o та сталою часу T_o .

$$\tau_o / T_o = 4 / 32 = 0,125.$$

Для такого співвідношення ($< 0,2$) рекомендується вибирати неперервний або позиційний закони регулювання [1]. тому вибираємо найбільш поширений закон регулювання в теплотехнічних процесах – ПІ-закон. Вибираємо характер типового процесу регулювання: з мінімальним середньоквадратичним відхиленням:

$$h(t) = \min \int_0^{2T} \sigma_p^2 dt. \quad (8.2)$$

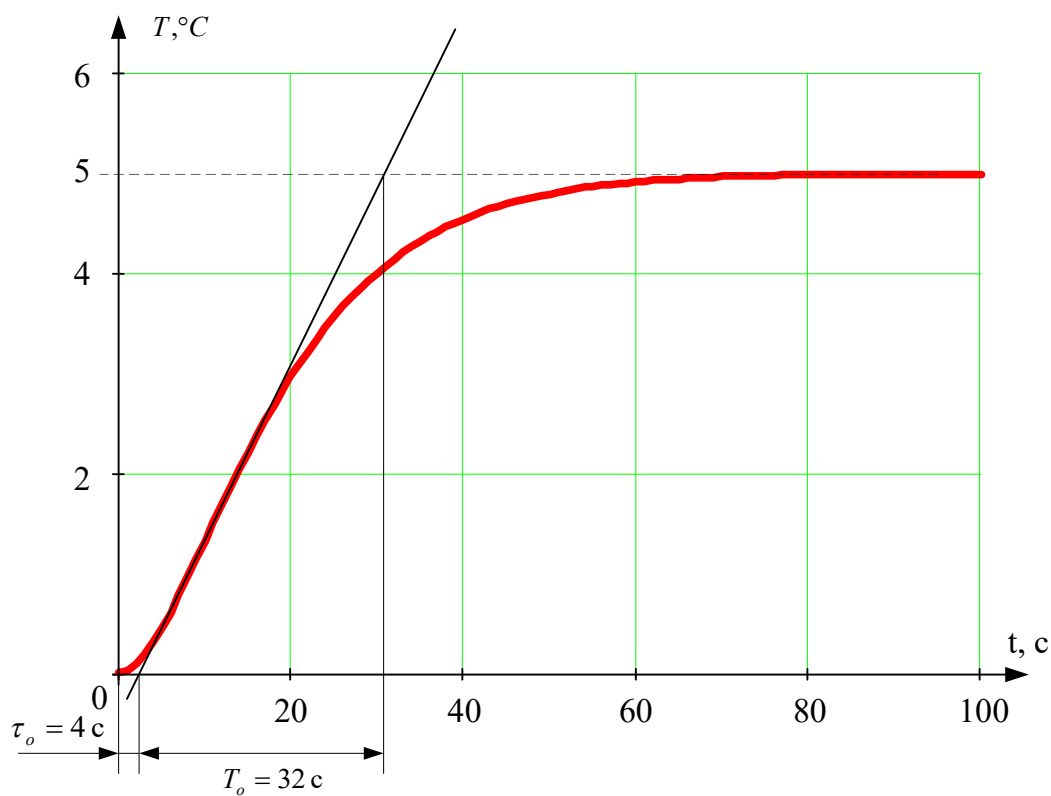


Рисунок 8.1 – Перехідна характеристика системи регулювання температури

Визначаємо коефіцієнт передачі регулятора:

$$K_p = \frac{1}{3 \cdot \tau \cdot T} \cdot 10^3, \quad (8.3)$$

$$K_p = \frac{1000}{3 \cdot 4 \cdot 32} = 2,604.$$

Визначаємо постійну часу інтегрування регулятора:

$$T_i = 4 \cdot T \cdot 10^{-1}, \quad (8.4)$$

$$T_i = 4 \cdot 32 \cdot 10^{-1} = 12,8 \text{ (c)}.$$

8.2 Моделювання системи регулювання температури

Модель контура регулювання температури холодоносія, розроблена в ППП Simulink, представлена на рисунку 5.2. Блоком TransferFcn задається модель об'єкту – системи трубопроводів з холодоносієм та теплообмінників в холодильних камерах. Блоком Rt формується передаточна функція датчика температури – термоперетворювача опору. В блокові Reference встановлюється задане значення температури холодоносія, що відповідає рівновазі продуктивності системи холодопостачання за холодом та споживанню холоду камерами зберігання продукції. В блоках P та I встановлюються оптимальні параметри настройки регулятора температури в даному контурі, що були розраховані за (8.3) та (8.4).

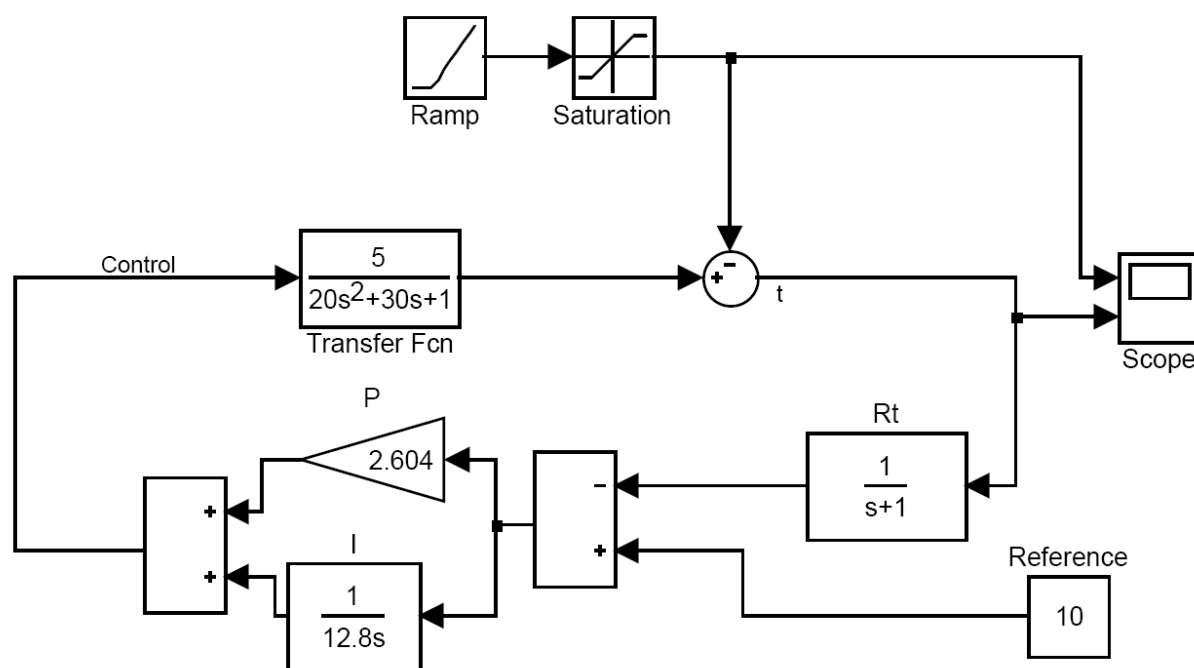


Рисунок 8.2 – Модель системи регулювання температури

Блоками Ramp та Saturation формується сигнал збурення, яке найчастіше діє з боку споживачів холоду на температуру холодоносія (наприклад, підключення нової холодильної камери, або завантаження продукції в неї).

Діаграми зміни температури з боку збурення та холодоносія в системі приведено на рисунках 8.3 та 8.4 відповідно для розімкненої та замкнутої систем регулювання.

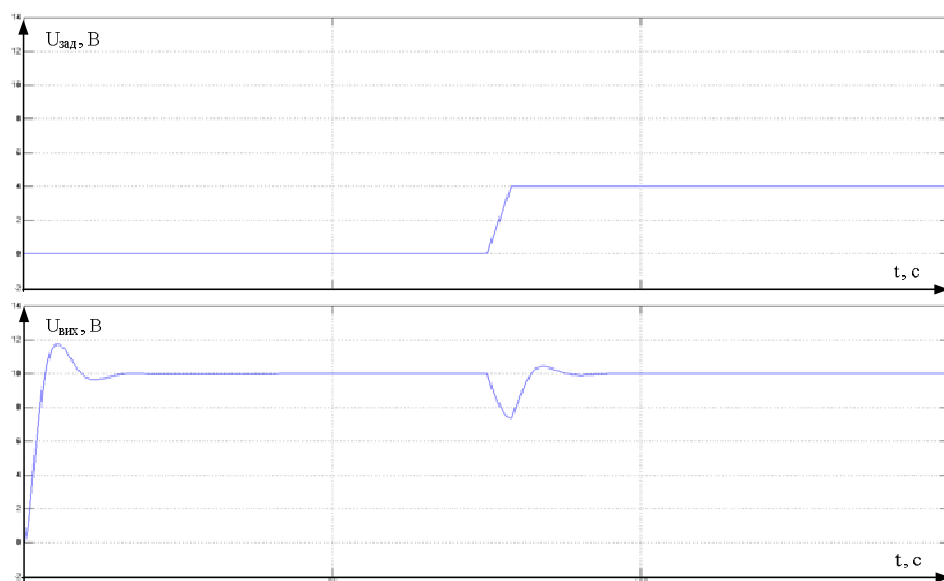


Рисунок 8.3 – Перехідні процеси в системі регулювання температури (замкнута АСР)

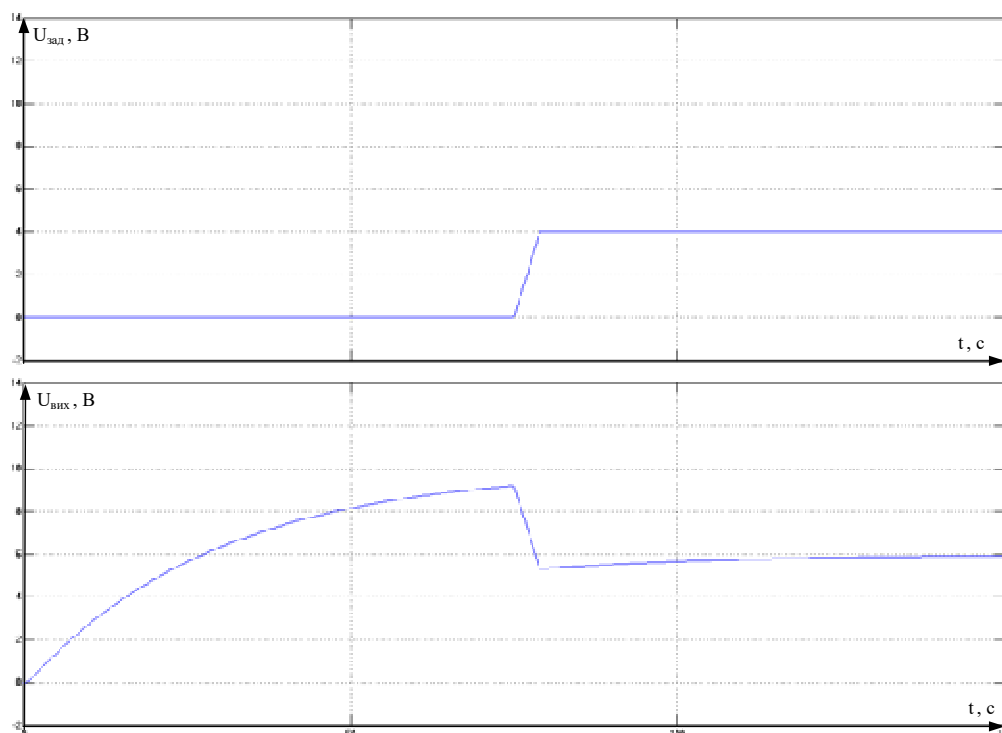


Рисунок 8.4 – Перехідні процеси в системі регулювання температури (розімкнута АСР)

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі розглянуті заходи та засоби з охорони праці під час монтажу та обслуговування автоматизованої системи автоматичного управління вентиляцією торгового центра. Згідно ГОСТ 12.0.003-74, на оперативно-ремонтний персонал, який здійснює технічне обслуговування та експлуатацію виробничої лінії по виготовленню руберойду, впливають наступні шкідливі та небезпечні фактори:

а) фізичні:

- підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- підвищений рівень вібрації,

б) хімічні:

- загальнотоксичні (озон);
- через органи дихання;

в) психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні)
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів) [19-20].

До оперативного обслуговування електроустановками допускаються працівники, які знають їхні схеми, інструкції з експлуатації, особливості конструкції та роботи обладнання і пройшли навчання та перевірку знань.

Незалежно від рівня автоматизації людина залишається головною ланкою в системі людина - машина (СЛМ). Саме вона ставить мету перед системою, планує, направляє і контролює увесь процес. Тому діяльність оператора є

вихідним пунктом інженерно-психологічного аналізу і вивчення СЛМ. Діяльність оператора має ряд особливостей, які визначаються різноманітними тенденціями розвитку сучасного виробництва.

З розвитком техніки збільшується число об'єктів, якими необхідно керувати. Це ускладнює і підвищує роль операцій планування і організації праці, контролю та управління виробничими процесами.

9.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

9.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьох провідної трифазної мережі з глухозаземленою нейтраллю 380 х 220В (фазна напруга фаза (фаза – «0») – 220В, а між фазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

У приміщенні де здійснюється виробничий процес використовується трифазна чотирипровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочих приміщеннях є струмопровідною.

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-74, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення [19-20].

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися ЗІЗ - спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх слід захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробію і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів. Використовують наступні кольори для маркування ізоляції: чорна - для силових ланцюгів; червона - для ланцюгів керування.

В процесі експлуатації слід постійно контролювати стан контактних сполучень та ізоляції апаратури, відсутність слідів дуги та оплавлення ошиновування, опір ізоляції силових та освітлювальних мереж, правильність підключення. На всіх підготовлених місцях роботи після накладається заземлення вивішується плакат "Працювати тут " [19-20].

9.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1. Для запобігання електротравм від контакту зі струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні: написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснюється у закритих конструкціях підлоги.

2. При живленні однофазних споживачів струму від три провідної мережі при напрузі до 1000В використовується нульовий захисний провідник. За умови його використання, пробій на корпус призводить до короткого замикання. В свою чергу спрацьовує захист і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3. Електрозахисні засоби захисту.

Оператор силової підйомної установки повинен дотримуватись наступних основних правил техніки безпеки:

1. Необхідно візуально обстежити установку у відповідності з інструкцією

по експлуатації і переконатися в її повній справності;

2. Забороняється експлуатація установок з несправним керуванням, гальмами і звуко/світловими сигналами. Якщо немає можливості усунення пошкодження на місці своїми силами, необхідно залучити до робіт фахівців спеціалізованої організації.

3. Забороняється керування установкою вологими або замасленими руками;

4. Забороняється збільшувати вантажопідйомність установки;

5. Рух установки повинен здійснюватися на безпечній швидкості;

6. Роботи по монтажу і модернізації системи керування проводяться за допомогою справного інструменту.

Для забезпечення безпечного ведення робіт обслуговуючий персонал зобов'язаний суворо дотримуватись правил техніки безпеки при експлуатації, технічному обслуговуванні установок. Недотримання правил техніки безпеки може призвести до отримання травм та втрати працездатності.

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

Під час роботи, пов'язаної з дотиком до струмопровідних частин електродвигуна, що обертаються, і механізму, який вони приводять в рух, необхідно зупинити двигун і на його пусковому пристрої або ключі керування, якщо можливе обертання електродвигунів від з'єднаних з ним механізмів, слід зачинити і замкнути на замок засуви і шибери цих механізмів, а також вивісити плакат «Не вмикати! Працюють люди» [19-20].

9.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

9.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення - це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відотною вологістю повітря, швидкістю його

переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності [19-20].

Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Робота оперативно-ремонтної групи відноситься до середньої фізичної роботи категорія Па, бо діяльність оперативно-ремонтної групи пов'язані із ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів чи предметів в положенні стоячи чи сидячи, й потребують певного фізичного напруження. . Параметри мікроклімату в приміщенні виробництва в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура °C	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Па	21-28	55 при 27°C	0,1-0,3
Холодний	Па	20-24	75	Не більше 0,2

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на

робочому місці оператора крану передбачається:

- в холодну пору року - використання калорифера;
- в літню пору - застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву.

9.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 10.2 [19-20].

Таблиця 9.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

Провітрювання кабіни оператора;

Цілісність конструкції кабіни та вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення кабіни під час роботи установки;

Встановлення пиловловлюючих засобів.

9.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає в приміщення через світлові пройми в зовнішніх огорожуючих конструкціях. По своєму спектральному складу воно є

найбільш сприятливим. Природне та суміщене освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e_n). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

Штучне освітлення.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосовуються до розташування обладнання. Комбіноване освітлення – це додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення – освітлення, яке створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, роботи з влаштування звукоізоляції внутрішніх стін, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в».

Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменш ий або еквівалент-ний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне E_n пр	Сумісне $E_{\text{сум}}$
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	в	малий середній великий	світлий середній темний	600	200	-	3,0

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості [19-20].

9.2.4. Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень (таблиця 10.5), є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 9.5 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

9.2.5 Виробничі вібрації

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної

нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У приміщенні, де розташований шахтний підйомник, присутня вібрація типу – загальна. Тобто технологічна вібрація діюча на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Основні параметри вібрації приведені у таблиці 9.6.

Таблиця 9.6 – Середньоквадратичні значення параметрів вібрації

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$	дБ	$\text{м}\cdot\text{с}^{-2}\cdot 10^{-2}$	дБ
Загальна	Z_o, Y_o, X_o	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

9.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека – стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей. За стан пожежної безпеки на підприємстві відповідають її керівники, начальники цехів, майстри та інші керівники.

Приміщення, де встановлено обладнання, привод якої розробляється, відноситься до категорії Д – негорючі речовини і матеріали в холодному стані і розташоване у будівлі II ступеня вогнестійкості.

До II ступеня вогнестійкості відносяться будівлі з штучними та захисними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону,

залізобетону. Для перекриття не допускається застосування дерев'яних конструкцій, захищених штукатуркою або важкогорючими листовими, а також нитковими матеріалами. До елементів покриття висуваються вимога по межах огнестійкості та межах розповсюдження полум'я.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 9.7.

Таблиця 9.7 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості і будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зов-ніш-ні не-несу-чі	внут-рішні не-несучі (пере-город-ки				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 9.7.

Таблиця 9.7 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості і будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекрыття між поверхами (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, настили, прогни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 9.8.

Таблиця 9.8 – Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвилинах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	3	REI 45	2	1

Висновки: У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасником; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки вуглекислотним вогнегасником або піском; зупинити обладнання.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської дипломної роботи на тему “Автоматизована система управління вентиляцією торгового центру” були розроблені та впроваджені заходи щодо модернізації системи управління вентиляцією торгового центру. Після виконання роботи отримані такі результати:

1. Розглянуто будову системи вентиляції та основні її вузли. Приведено класифікацію систем вентиляції та кондиціювання, опис схеми технологічного процесу вентиляції та кондиціювання, виконано аналіз особливостей об’єкту та технологічних середовищ.

2. Проведено детальний аналіз особливостей та характеристик різних систем вентиляції та кондиціювання, зокрема розглянуто: схему автоматизації прямооточної вентиляції, схему автоматизації прямооточної СКВ з одним нагрівачем, схему автоматизації СКВ з рециркуляцією повітря, Схема автоматизації СКВ із рекуперацією тепла. Виконано постановку задачі дослідження та сформовано основні вимоги, що пред’являються до систем автоматичного регулювання та контролю.

3. Сформовано основні завдання автоматизації припливно-витяжної вентиляції, розроблено загальну структурну схему автоматичного управління вентиляцією, яка враховує t_n , d_n , G_n – температура, вологість, витрата зовнішнього повітря; t_{np} , d_{np} , G_{np} – температура, вологість, витрата повітря у приміщенні; Q_t , $Q_{вол}$, Q_g – теплове, вологове та газове навантаження.

4. Розроблено функціональну схему автоматизованого управління. Здійснено вибір сенсорів та виконавчих механізмів, програмованого логічного контролера, розглянуто принципи роботи контуру регулювання, розроблено та розраховано електричні принципи схем з’єднань та живлення.

5. Розроблено алгоритм функціонування системи вентиляції, виконання якого забезпечує: - зміну температури відповідно до санітарних норм (відсутність різкого перепаду температур у приміщенні, підтримання допустимої швидкості потоку повітря та ін.); встановлення необхідної

холодопродуктивності; вибір режиму роботи та уставку температури, виходячи з температури та вологості в приміщенні; вибір оптимального (комфортного) розподілу та інтенсивності потоку повітря; мінімальний час виходу на заданий режим; зменшення витрати електроенергії на 20-40%.

6. Виконано розрахунок регулюючого органу АСР температури та розрахунок надійності каналів регулювання. З розрахунків видно, що ймовірність безвідмовної роботи автоматичної системи управління за 1000 годин нормальної роботи досить висока, при збільшенні часу напрацювання вона зменшується, але при правильній експлуатації приладів і засобів автоматизації системи можна тривалий час підтримувати її на високому рівні.

7. Сформовано основні заходи щодо безпечної експлуатації електропривода деревообробного верстата.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Akhmyarov, T.A., Belyaev, V.S., Spiridonov, A.V. & Shubin, I.L. (2013). Sistema aktivnogo energosberezheniya s rekuperatsiey tepla [Active Energy Saving System with Heat Recovery]. Energosberezhenie – Energy saving 4 [in Russian].
2. Belyaev, V.S., Lobanov, V.A. & Akhmyarov, T.A. (2011). Detsentralizovannaya pritochno vytyazhnaya sistema ventilyatsii s rekuperatsiey tepla [Decentralized ventilation and exhaust ventilation system with heat recovery]. Zhilishchnoe stroitelstvo – Housing construction
- 3 Zelenko, O.V., Klemanova, Ye.Yu., Nurgaliev, R.K. & Perevoshchikov, Ye.N. (2013). Aktualnost primeneniya sistemy promyshlennoy bezopasnosti PROSAFE-RS [The relevance of the industrial safety system PROSAFE-RS]. Vestnik kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Bulletin of Kazan Technological University, 16(5) [in Russian].
4. Zelenko, O.V., Klimanova, Ye.Yu. & Perevoshchikova, T.Yu. (2012). Vnedrenie programmnykh sredstv RSU Sentum VP v obrazovatelnyy protsess [Implementation of CENTUM VP DCS software in the educational process]. Vestnik kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Bulletin of Kazan Technological University, 15(24) [in Russian].
5. Ramesh K. Shah, Dusan P. Sekulic. (2003). Fundamentals of Heat Exchanger Design John Wiley & Sons, Inc. New-York, pp. 337-341.
6. Kolomiyets, A.A. & Pylypenko Y.M. (2015). Systema kontrolyu vvodu informatsiyi pry formuvanni baz danykh informatsiynykh system. [System of control of input of information in the formation of databases of information system] Tekhnolohiyi ta dyzayn. –Technology and design 2(15). Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2015_2_6 [in Ukraine].
7. Системи кондиціювання і вентиляції Е. М. Костенко Емельянов А. А. 2006 р. 420 с.
8. Вентиляція і конденсаціювання Левадній В.С. 2021р – 241с.
9. Теплогазопостачання та вентиляція – 2020 р – 276 с.

10. В. Й. Лабай Тепломасообмінні процеси в системах ТГВ Львівська політехніка – 2021 р. 230 с.
11. О. С. Попова «Технічні засоби автоматизації» Навчальний посібник, Одеса – 2018 р.
12. В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В. Я. Жуйков, «Схемотехніка електронних систем. Книга 3: Мікропроцесори та мікроконтролери» Київ, Вища школа – 2004 р. 399 с.
13. В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич, Ю. В. Човнюк, «Мехатроніка навчальний посібник», Київ, 2012 р.
14. Грабко В. В. Електричні машини. Розрахунок експлуатаційних характеристик. Курсове проектування [Текст] : навчальний посібник / В. В. Грабко, М. П. Розводюк. – Вінниця : ВНТУ
15. Енергетика. Історія, сучасність і майбутнє. Електронний ресурс. Режим доступу: URL <http://energetika.in.ua/ua/books/book-2/part-3/section-9/9-1>
16. Вентиляція виробничих приміщень. Електронний ресурс. Режим доступу: URL <https://ukrreferat.com/chapters/tehnichni-nauki/ventilyatsiyavirobnichih-primishhen-kursova.html>
17. Вентиляція промислових підприємств/ Електронний ресурс. Режим доступу: URL <https://aerostar.ua/ua/news/novosti/ventiljacija-na-promislovihpriemstvah.html>
18. Air Conditioning and Refrigeration Engineering Frank Kreith, Shan K. Wang, Paul Norton 284 с. CRC PRESS 2019.
19. Промислові технології та очищення технологічних і вентиляційних викидів. Юркеч Ю.С та ін. Львівська політехніка 2012 р. 120 с.
20. Теплоізоляційні матеріали та вироби для теплових промислових агрегатів. І. В. Солоха . Львівська політехніка 2017 р.
15. Автоматика вентиляційних систем Жила В.А 2010 р.
21. Белов М. П. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів і технологічних комплексів: підручник для студ. вищ. навч. закладів /

М.П. Бєлов, В.А. Новіков, Л. Н. Розсудів. - 3-є изд., вип. - М.: Видавничий центр Академіям, 2007. - 576 с. ISBN 978-5-7695-4497-2.

22. Розподілені мікропроцесорні системи: конспект лекцій [Електронний ресурс]: для підготовки докторів філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікація за спеціальністю 171 Електроніка за спеціалізацією «Електронні системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. О. Терещенко – Електронні текстові данні (1 файл:5544 кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 192 с.

23. Грабко В. В., Розводюк М. П., Левицький С. М. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина ІV. Трансформатори. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2008. - 219 с.

24. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. П.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.

25. Моделювання електроприводів: Навч. посібник / Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. - Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. - 404 с.

26. Чорний О.П., Луговой А.В., Д.Й. Родькін, Сисюк Г.Ю., Садовой О.В. Моделювання електромеханічних систем. – Кременчук, 2001. – 376 с.

27. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу охорона праці в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей. – Вінниця 2003. – 46 с.

28. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу охорона праці в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей. – Вінниця 2003. – 46 с. управління моментом синхронного двигателя с постоянными магнитами. Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 4.

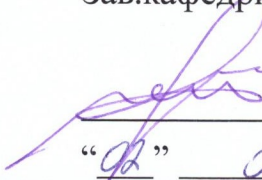
Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедри КЕМСК

К.Т.Н., доц.

 Микола МОШНОРИЗ

« 02 » 04 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ ТОРГОВОГО ЦЕНТРУ

08-24.БДР.018.00.000 ТЗ

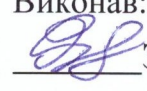
Керівник роботи

д.т.н., проф.

 Володимир ГРАБКО

« 02 » 04 2024 р.

Виконав: ст. гр. ЕМ-22мс

 Зореслав ЯЦЬКОВ

« 02 » 04 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки «Автоматизована система управління вентиляцією торгового центру».

Скорочене найменування розробки – «Автоматизована система управління вентиляцією торгового центру».

Замовник – Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем бакалаврських дипломних робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Підвищення надійності та ефективності функціонування системи управління вентиляцією торгового центру за рахунок вдосконалення електричної схеми шляхом впровадження сучасних засобів автоматизації. Пропонована автоматизація забезпечує мінімальне втручання людини у виробничий процес, що призводить до зниження собівартості виробленої продукції за рахунок підвищення ефективності виробництва.

4 Вимоги до розробки

Запровадження автоматизованої системи управління припливно-витяжною вентиляцією має наступні переваги:

5. Розширення функціоналу автоматичного та автоматизованого контролю і управління.
6. Підвищення надійності функціонування системи протиаварійного захисту.
7. Покращення якості управління процесом повітрообміну.

Зменшення кількості та скорочення часу на локалізацію аварійних ситуацій і відмов обладнання.

5 Комплектація розробки

Принцип функціонування контурів регулювання полягає в наступному порядку дій:

- Зміни в характеристиках контрольованих елементів реєструються за допомогою первинних датчиків.
- Сигнали від датчиків передаються до керуючого контролера, де вони піддаються обробці, а результати обробки подаються на вихід контролера.
- Сигнали з виходу контролера подаються на входи відповідних виконавчих механізмів.

6 Джерела розробки

1. Системи кондиціонування і вентилляції Е. М. Костенко Емельянов А. А. 2006 р. 420 с.
2. Вентиляція і конденсаціювання Левадній В.С. 2021р – 241с.
3. Теплогазопостачання та вентиляція – 2020 р – 276 с.
4. В. Й. Лабай Тепломасообмінні процеси в системах ТГВ Львівська політехніка – 2021 р. 230 с.
5. О. С. Попова «Технічні засоби автоматизації» Навчальний посібник, Одеса – 2018 р.

7.Умови експлуатації

Для створення автоматизованої системи керування необхідно спланувати розташування датчиків і виконавчих механізмів (див. рисунок 5.4), на якому мають бути відображені всі компоненти вентиляційної установки, що потребують контролю.

Сервоприводи повітряних клапанів (означені як М1 та М2) використовуються для автоматичного відкриття та закриття вентиляційних клапанів у випадку зупинки установки або для їх відкриття на початку роботи системи.

8. Технічні характеристики

Сенсори температури (B1, B2, B5) використовуються для вимірювання та передачі значень температури в повітропроводах, приміщеннях та зовнішніх областях. Ці датчики температури передають пасивний сигнал (сигнал опору), який відповідає значенням температури.

Технічні дані:

- Живлення: 15В
- Вихідний сигнал: опір (2,252 Ом=25 С)
- Точність вимірювання: +/-0,2 С
- Діапазон вимірювання: -30 до 50 С

Сервопривід триходового клапана (M3) використовується для управління розходом гарячої води. Сервопривід живляться напругою 24 В, сигнал керування 0-10 В, регулювання плавне. При відсутності живлення степінь відкриття клапанів може задаватись вручну.

Технічні дані:

- Живлення: 24 В
- Потужність: 4-5ВА
- Притискна сила: 150Н
- Степінь захисту IP 40.

9 Елементна база

Таблиця 5.1 – Специфікація елементів автоматичного управління

Позначення	Елемент автоматики	Кількість
B1	Кімнатний давач температури	1
B2	Канальний давач температури	1
BP2, BP3	Давачі перепаду тиску на фільтрі	2
BP1	Давач перепаду тиску на вентиляторі	1
B3	Термостат захисту від замерзання	1
B4	Накладний давач температури	1
M3	Сервопривод триходового клапана	1
M1, M2	Сервоприводи повітряних клапанів	2

10 Конструктивне виконання

АСУ виготовляється окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки у пило-вологозахищеному виконанні.

11 Показники технологічності

Система АСУ повинна забезпечувати:

- прийом від контролерів і модулів зв'язку інформації про вимірювані режими і параметри роботи інженерного обладнання [7].
- відображення на технологічних схемах установок реального стану датчиків і виконавчих пристроїв, контрольованих системою.
- включення / вимикання автоматично керованого інженерного обладнання з АРМ диспетчера або за тимчасовими програмами.

12 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтаж-никами та слюсарями КВП і А відповідної кваліфікації. Технічний огляд механізму здійснюється мінімум один раз на 3 місяці. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками та техніками-електромеханіками, фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

13 Живлення електропривода

Живлення електропривода повинно бути виконано напругою 220/380 В від силової мережі підприємства.

14 Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації бакалаврської дипломної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ
ТОРГОВОГО ЦЕНТРУ

Мета, задачі та об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження в роботі є процеси перетворення енергії, які протікають в електротехнічній системі управління вентиляцією торгового центру.

Предметом дослідження є структури та математичні моделі, які дозволяють підвищити експлуатаційну функціональну ефективність системи управління вентиляцією торгового центру.

Метою бакалаврської дипломної роботи є підвищення надійності та ефективності функціонування системи управління вентиляцією торгового центру за рахунок вдосконалення електричної схеми шляхом впровадження сучасних засобів автоматизації. Пропонована автоматизація забезпечує мінімальне втручання людини у виробничий процес, що призводить до зниження собівартості виробленої продукції за рахунок підвищення ефективності виробництва.

В процесі виконання поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі**:

1. Розглянути будову системи вентиляції та основні її вузли.
2. Провести детальний аналіз особливостей та характеристик різних систем вентиляції та кондиціонування, виконати постановку задачі дослідження та сформулювати основні вимоги, що пред'являються до систем автоматичного регулювання та контролю.
3. Сформувати основні завдання автоматизації припливно-витяжної вентиляції, розробити загальну структурну схему автоматичного управління вентиляцією.
4. Розробити функціональну схему автоматизованого управління. Здійснити вибір сенсорів та виконавчих механізмів, програмованого логічного контролера, розробити схеми електричні принципи.
5. Розробити алгоритм функціонування системи вентиляції, із врахуванням мінімального часу виходу на заданий режим із зменшенням витрати електроенергії на 20-40%.
6. Виконати розрахунок регулюючого органу АСР температури та розрахунок надійності каналів регулювання.
7. Сформувати основні заходи щодо безпечної експлуатації електропривода деревообробного верстата.

Аналіз та характеристики об'єкту дослідження

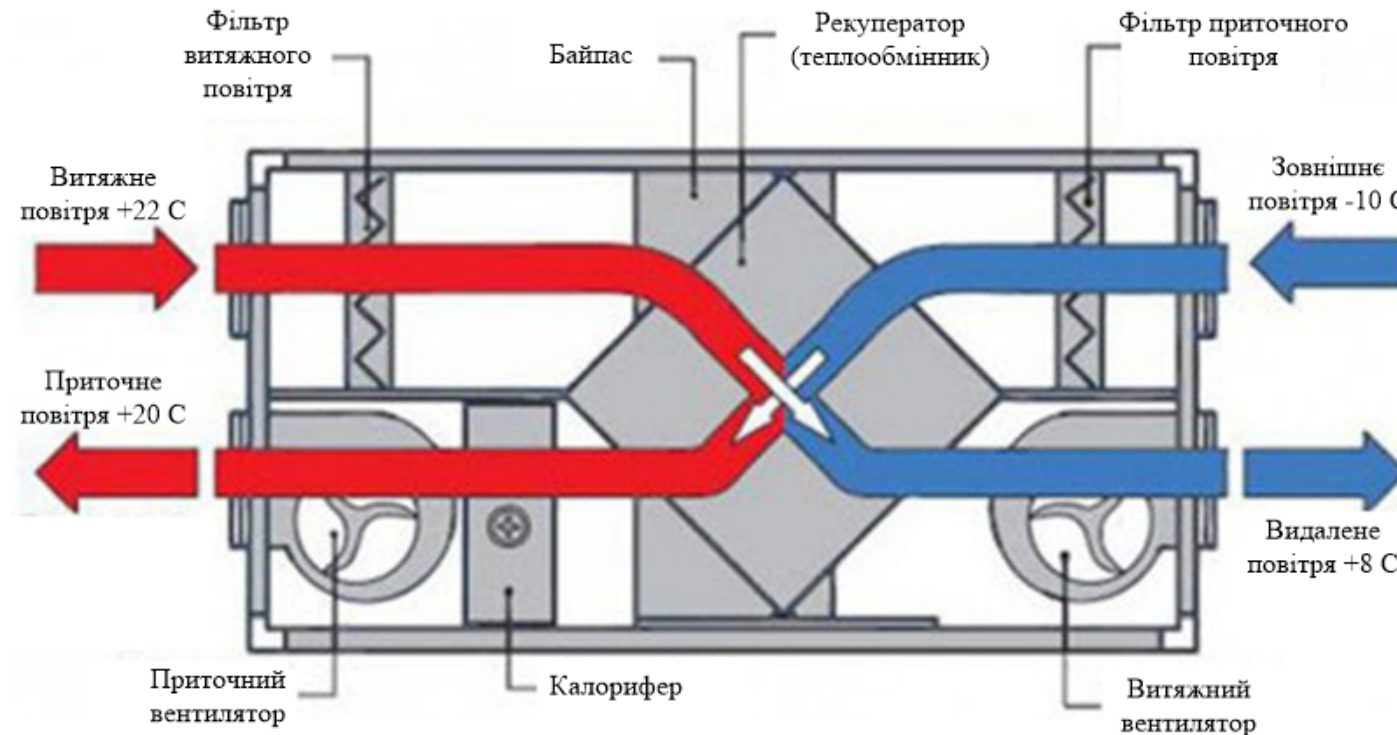


Рисунок 1.1 – Загальна схема системи вентиляції

Типова механічна припливна вентиляційна система складається з наступних компонентів, розташованих у напрямку руху повітря, від входу до виходу:

- повітрозабірні ґрати
- повітряний клапан
- фільтри очищення повітря
- нагрівач (калорифер)
- Вентилятор
- шумоглушник
- мережу повітроводів
- розподільники повітря

та оснащена автоматичною системою управління.

Аналіз існуючих рішень автоматизованого управління процесом вентиляції

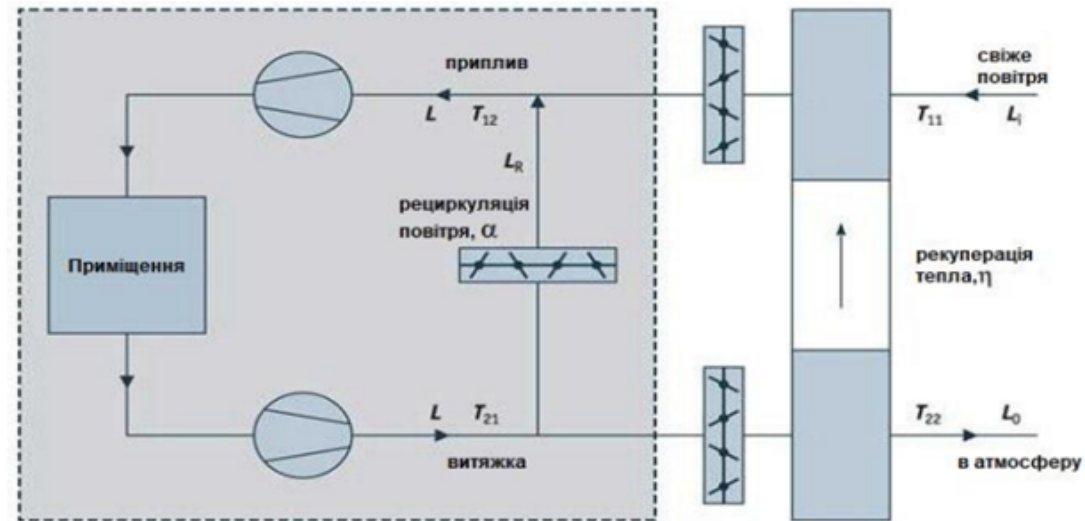


Рисунок 2.1 – Схема припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією і рециркуляцією

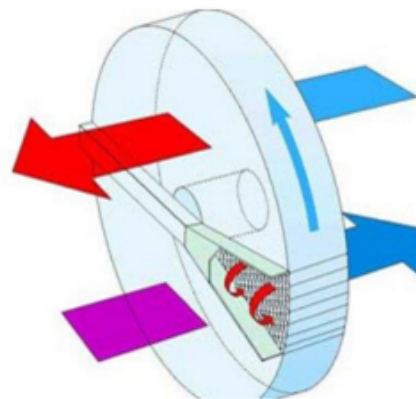


Рисунок 2.2 – Регенеративні рекуператори

Аналіз існуючих рішень автоматизованого управління процесом вентиляції

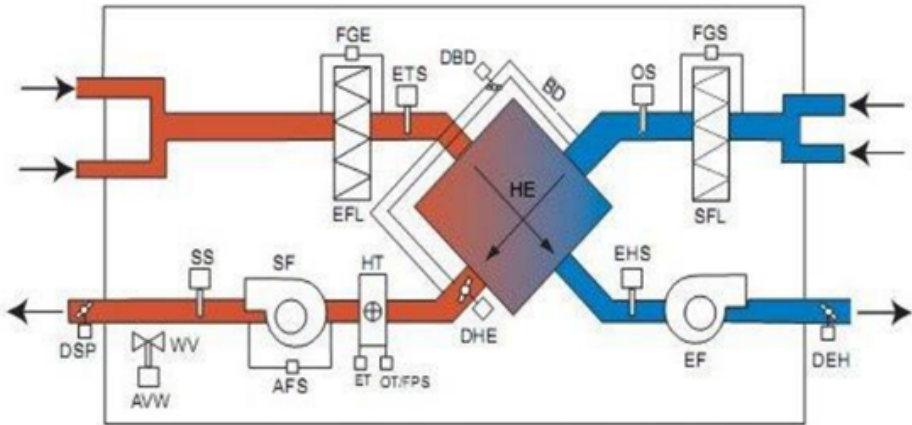


Рисунок 2.3 – Схема вентиляції з рекуперацією тепла

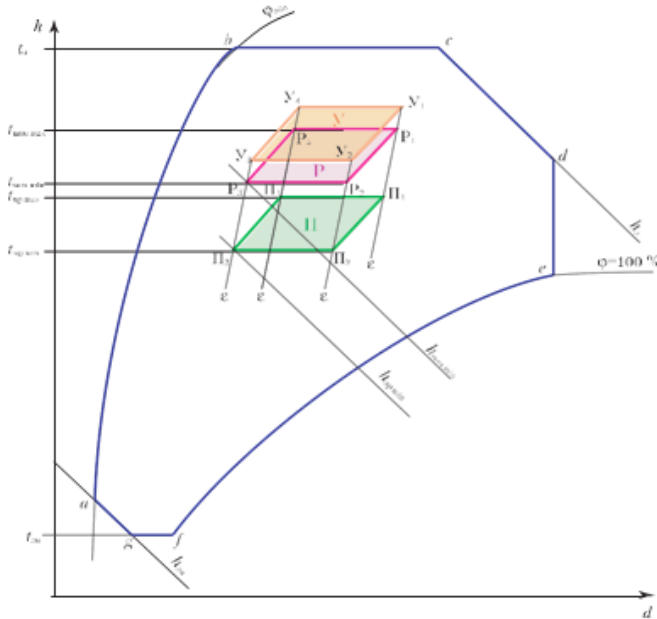


Рисунок 2.4 – Зображення на d-h діаграмі параметрів повітря при кондиціюванні

Позначення елемента	Пояснення елемента	Позначення елемента	Пояснення елемента
SS	Датчик температури припливного повітря	HE	Теплообмінник
ETS	Датчик температури витяжного повітря	DHE	Повітряний клапан з електроприводом
OS	Датчик температури зовнішнього повітря	BD	Байпас
EHS	Датчик температури повітря, що видаляється	DBD	Байпасний клапан
HT	Нагрівач повітря	SFL	Фільтр на притоці
OT	Термостат захисту від перегріву	EFL	Фільтр на витяжці

ET	Аварійний термостат	FGS	Датчик фільтра припливного повітря
AFS	Датчик витрати припливного вентилятора	FGE	Датчик фільтра витяжного повітря
FPS	Термостат захисту від заморожування	DEH	Клапан витяжного повітря
WVA	Привід водяного клапану	DSP	Клапан припливного повітря
WV	Водяний клапан	SF	Припливний вентилятор
EF	Витяжний вентилятор		

Аналіз підходів до побудови схем автоматизації системи вентиляції

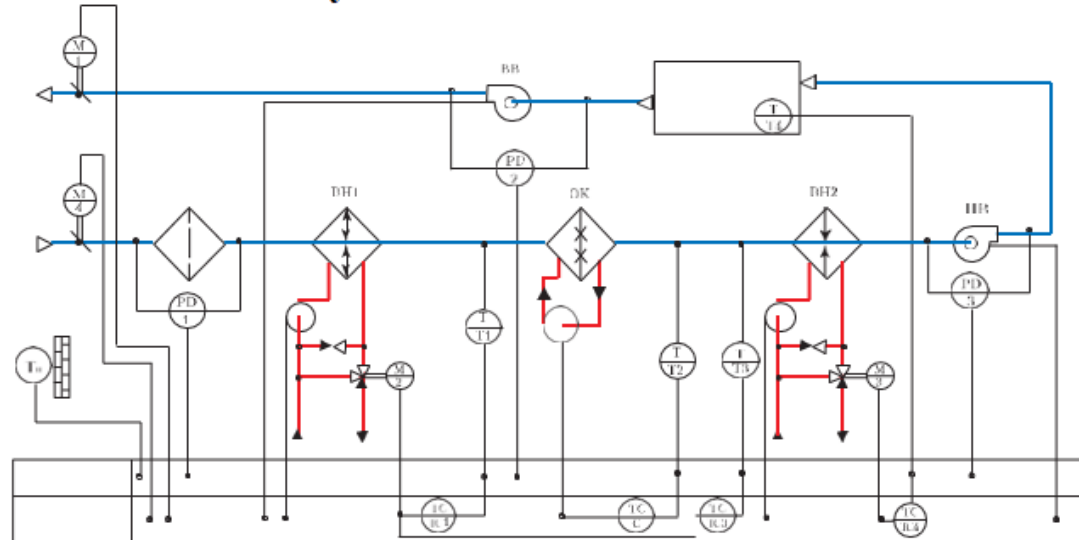


Рисунок 2.5 – Схема автоматизації прямоточної вентиляції

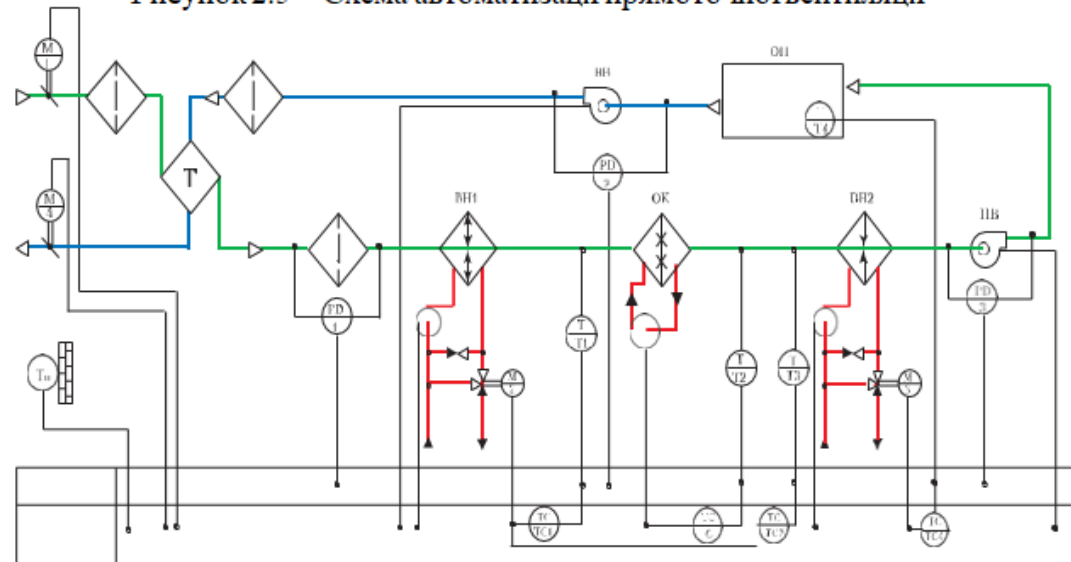


Рисунок 2.10 – Схема автоматизації СКВ із рекуперацією тепла

Узагальнена структурна схема системи автоматичного регулювання

Узагальнену структурну схему САР можна у вигляді, показаному на рисунку 4.1.

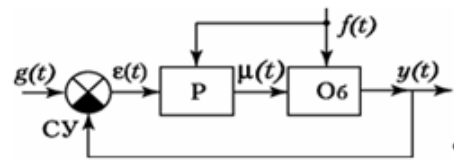


Рисунок 4.1 — Узагальнена структурна схема САР

Об'єкт регулювання з передатною функцією $W_{об}(p)$;

СУ — пристрій порівняння;

P — регулятор із передатною функцією $W_p(p)$;

$f(t)$ — збурюючий вплив;

$y(t)$ — регульована величина;

$\varepsilon(t)$ — помилка регулювання $g(t)$ — задаючий вплив;

$\mu(t)$ — керуючий вплив.

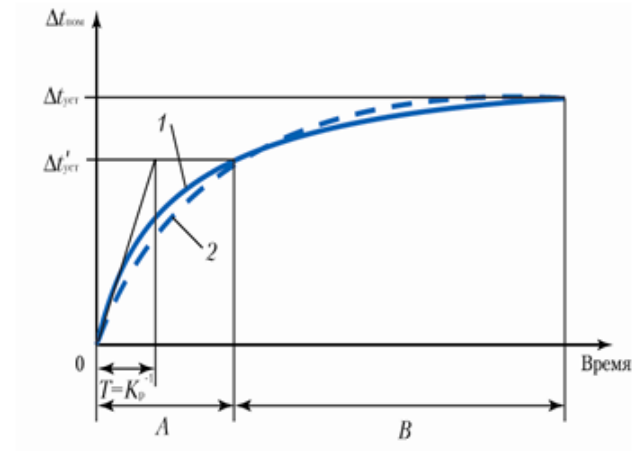


Рисунок 4.4 — Процес зміни температури в приміщенні:

1 — експеримент; 2 — розрахунок

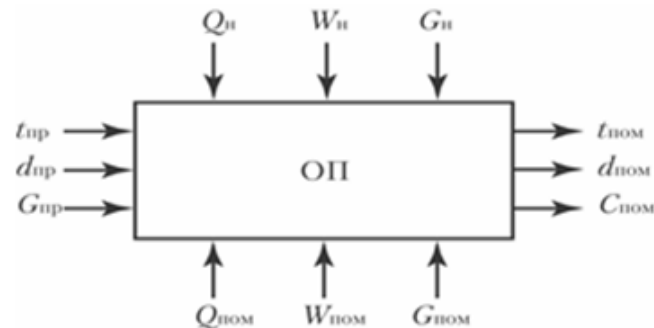


Рисунок 4.3 — Узагальнена функціональна модель обслуговуваного приміщення (ОП) як об'єкта регулювання

Узагальнена структурна схема СКВ як об'єкта автоматизації

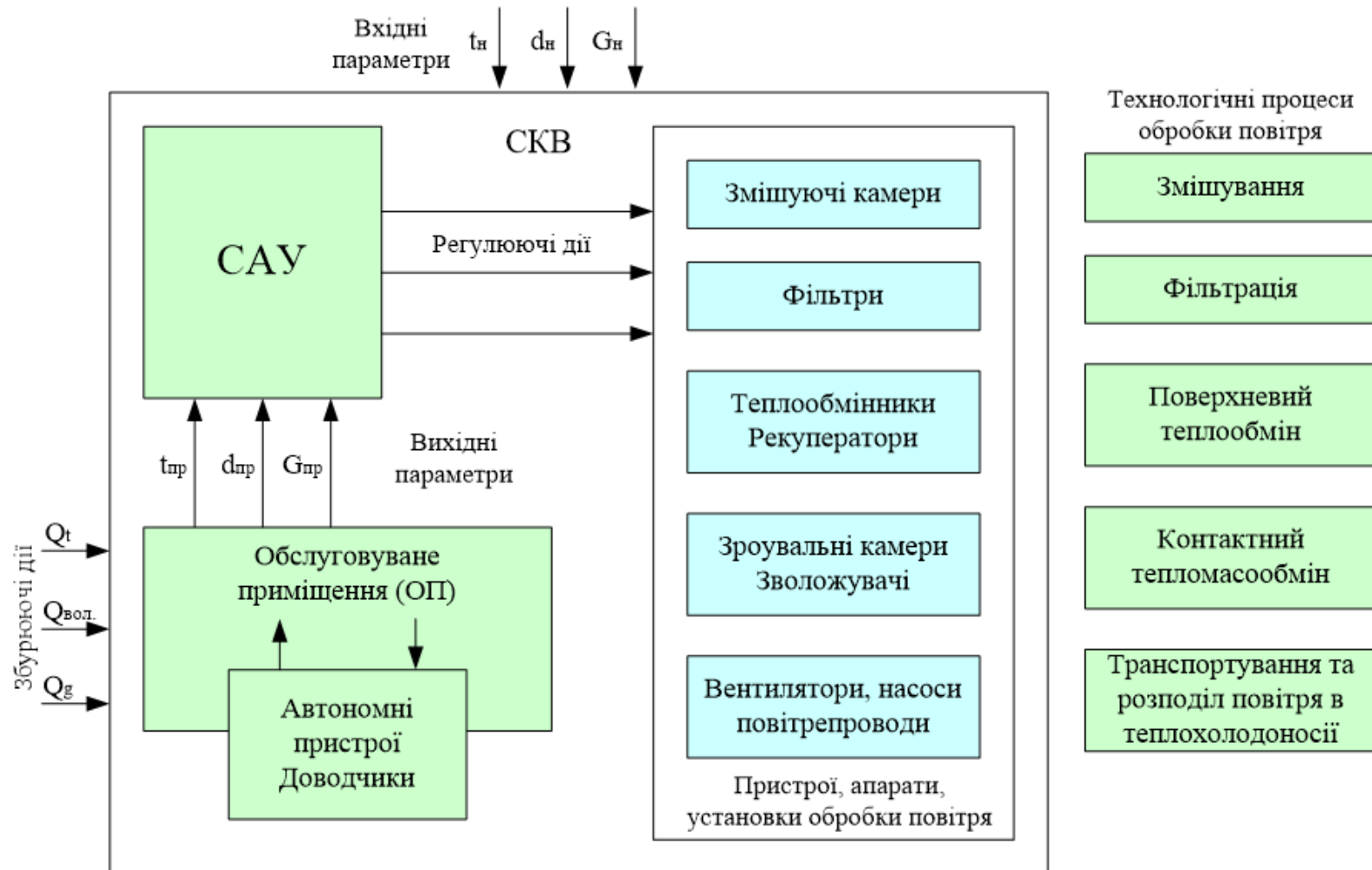
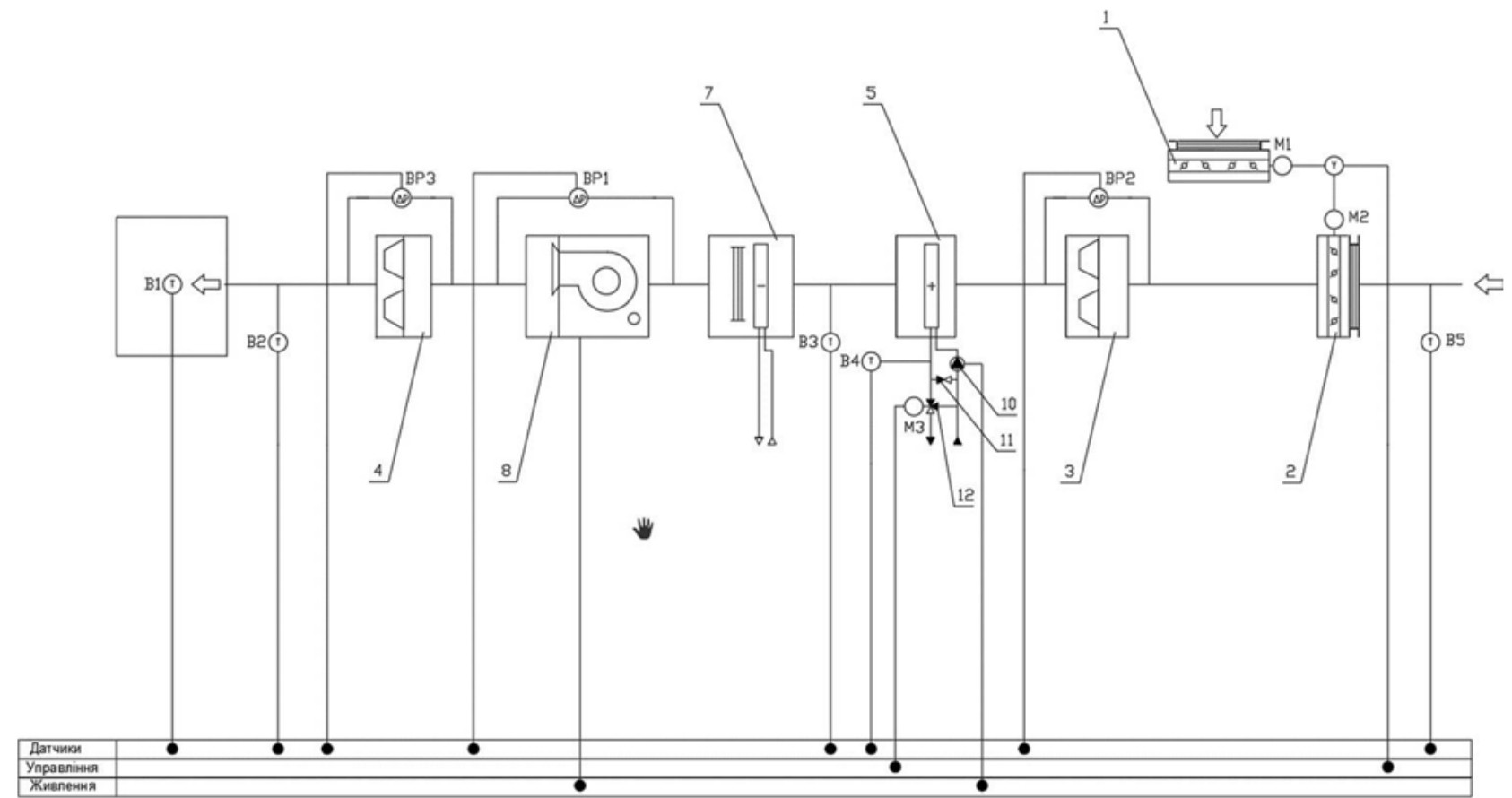


Рисунок 4.2 – Узагальнена структурна схема СКВ як об'єкта автоматизації

Функціональна схема розміщення датчів і виконавчих механізмів

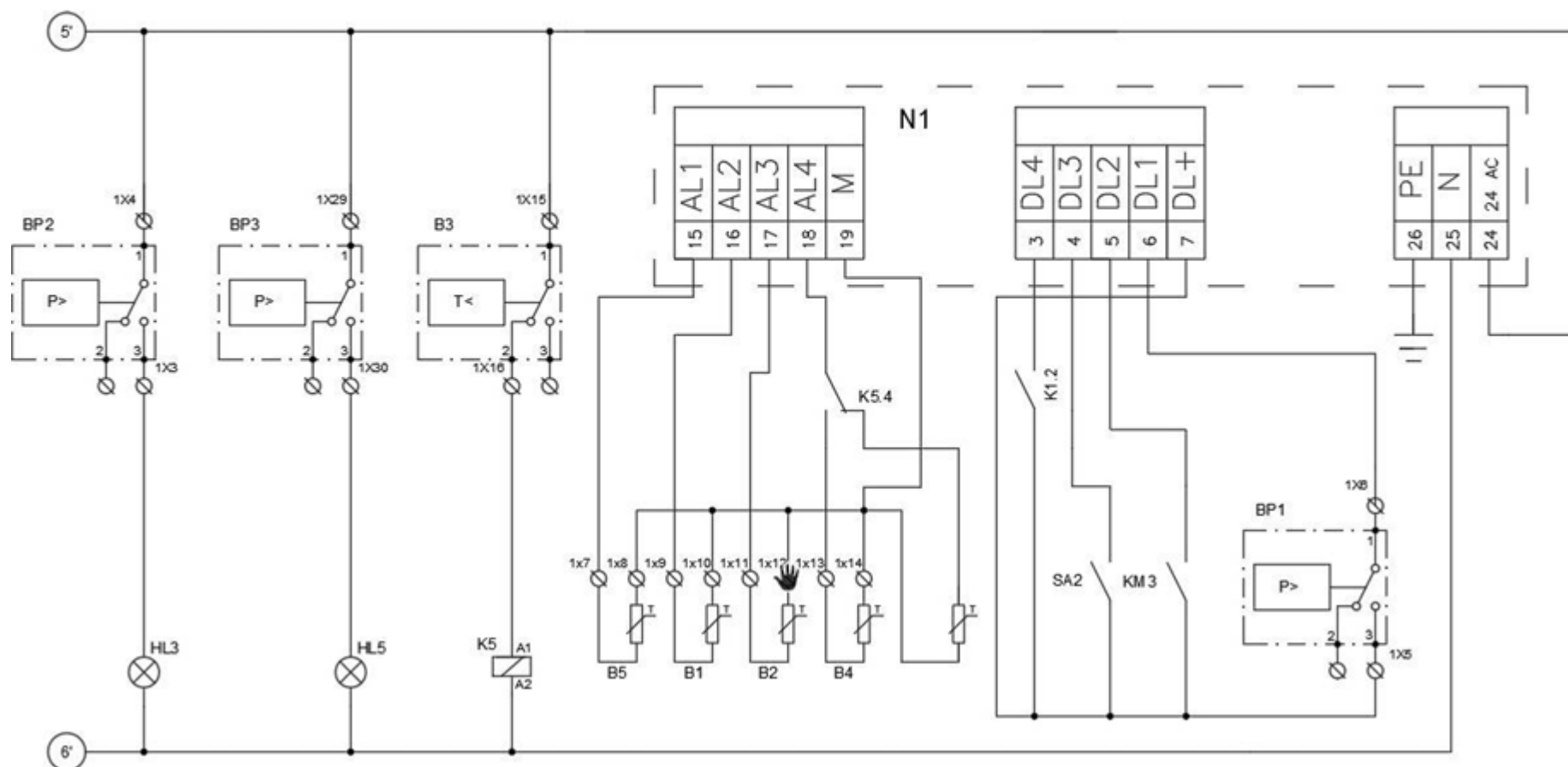


Таблиця 5.1 – Специфікація елементів автоматичного управління

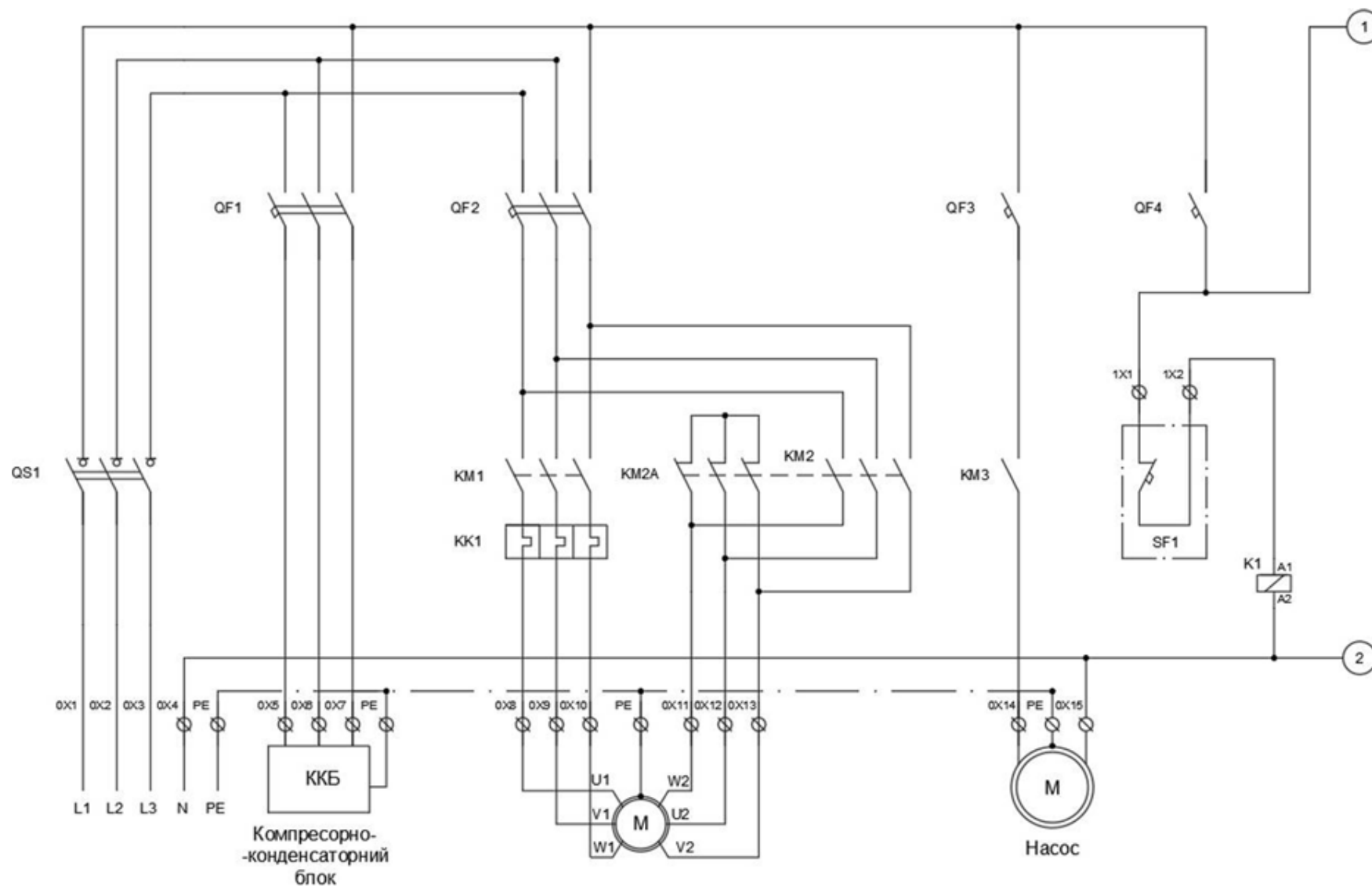
Позначення	Елемент автоматики	Кількість
B1	Кімнатний датч температур	1
B2	Канальний датч температур	1
BP2, BP3	Датчч перепаду тиску на фільтрі	2
BP1	Датчч перепаду тиску на вентиляторі	1

B3	Термостат захисту від замерзання	1
B4	Накладний датч температур	1
M3	Сервопривод триходового клапана	1
M1, M2	Сервоприводи повітряних клапанів	2

Схеми електричні принципові з'єднань та живлення



Схеми електричні принципові з'єднань та живлення



Розробка алгоритме функціонування АСУ вентиляції

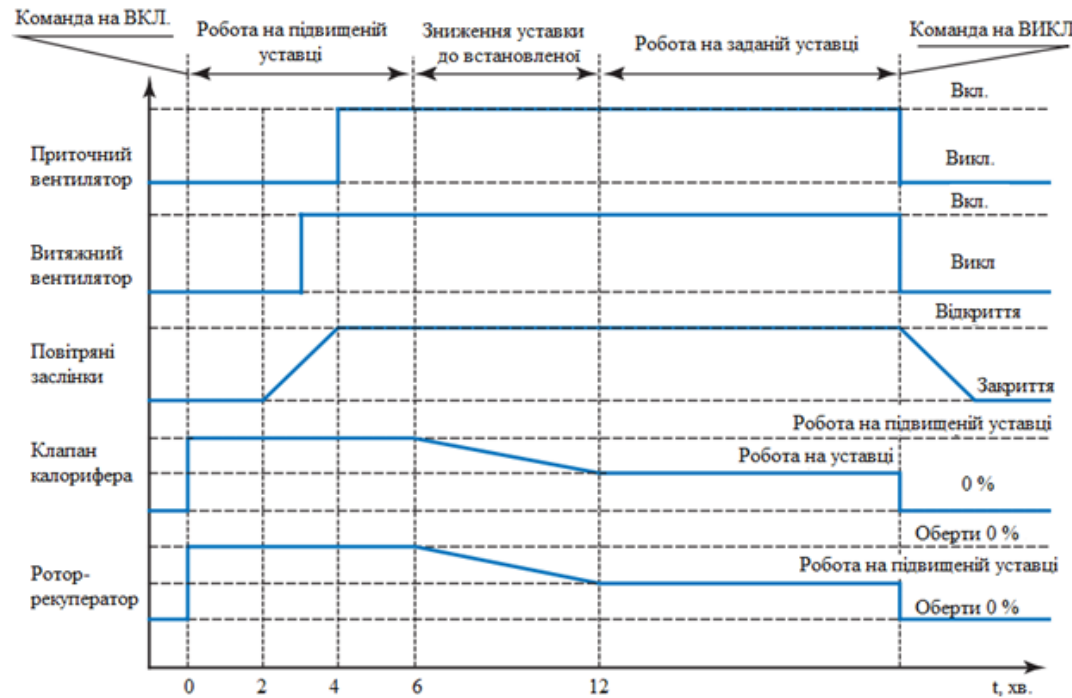
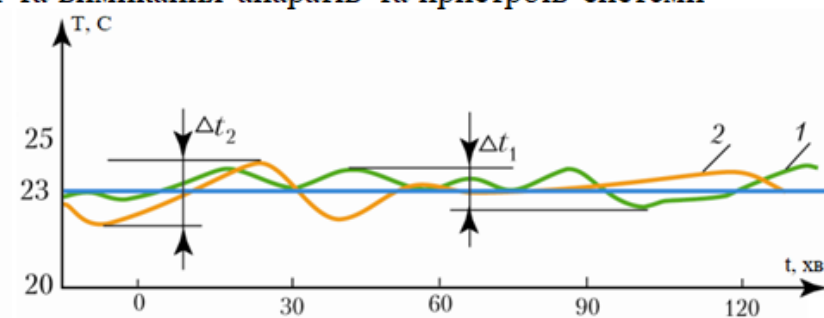
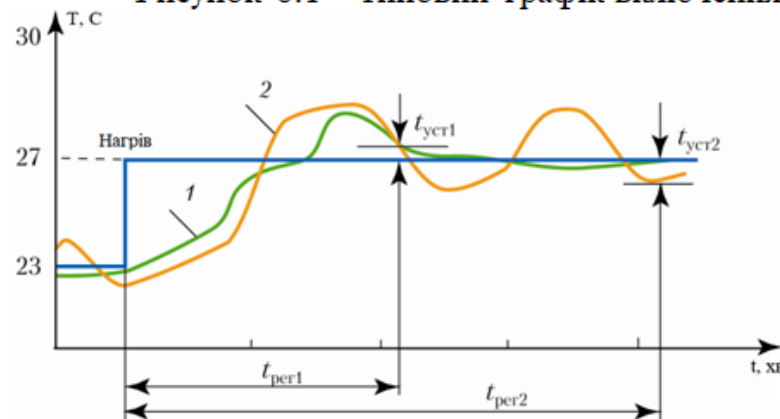


Рисунок 6.1 – Типовий графік включення та вимикання апаратів та пристроїв системи



а. крива розгону

б. зміна температури в приміщенні

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи було отримано такі загальні результати:

1. Розглянуто будову системи вентиляції та основні її вузли. Приведено класифікацію систем вентиляції та кондиціонування, опис схеми технологічного процесу вентиляції та кондиціонування, виконано аналіз особливостей об'єкту та технологічних середовищ.

2. Проведено детальний аналіз особливостей та характеристик різних систем вентиляції та кондиціонування, зокрема розглянуто: схему автоматизації прямооточної вентиляції, схему автоматизації прямооточної СКВ з одним нагрівачем, схему автоматизації СКВ з рециркуляцією повітря, Схема автоматизації СКВ із рекуперацією тепла. Виконано постановку задачі дослідження та сформовано основні вимоги, що пред'являються до систем автоматичного регулювання та контролю.

3. Сформовано основні завдання автоматизації припливно-витяжної вентиляції, розроблено загальну структурну схему автоматичного управління вентиляцією, яка враховує t_n , d_n , G_n – температура, вологість, витрата зовнішнього повітря; t_{np} , d_{np} , G_{np} – температура, вологість, витрата повітря у приміщенні; Q_t , $Q_{вол}$, Q_g – теплове, вологове та газове навантаження.

4. Розроблено функціональну схему автоматизованого управління. Здійснено вибір сенсорів та виконавчих механізмів, програмованого логічного контролера, розглянуто принципи роботи контуру регулювання, розроблено та розраховано електричні принципи схем з'єднань та живлення.

5. Розроблено алгоритм функціонування системи вентиляції, виконання якого забезпечує: - зміну температури відповідно до санітарних норм (відсутність різкого перепаду температур у приміщенні, підтримання допустимої швидкості потоку повітря та ін.); встановлення необхідної холодопродуктивності; вибір режиму роботи та уставку температури, виходячи з температури та вологості в приміщенні; вибір оптимального (комфортного) розподілу та інтенсивності потоку повітря; мінімальний час виходу на заданий режим; зменшення витрати електроенергії на 20-40%.

6. Виконано розрахунок регулюючого органу АСР температури та розрахунок надійності каналів регулювання. З розрахунків видно, що ймовірність безвідмовної роботи автоматичної системи управління за 1000 годин нормальної роботи досить висока, при збільшенні часу напруження вона зменшується, але при правильній експлуатації приладів і засобів автоматизації системи можна тривалий час підтримувати її на високому рівні.

7. Сформовано основні заходи щодо безпечної експлуатації АСУ вентиляції.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Автоматизована система управління вентиляцією торгового центру

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. 1ЕМ-206

Науковий керівник: д.т.н., проф. Грабко В.В.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність	77,6 %
Схожість	22,4 %

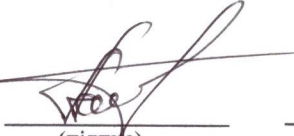
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

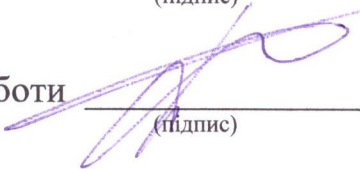
Автор роботи


(підпис)

Яцьков З.О.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Грабко В.В.

(прізвище, ініціали)

Схеми електричні принципів і'єднань та живлення

Функціональна схема розміщення обладнання і виконавчих елементів

					08-24.БДР.018.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Автоматизована система управління вентиляцією торгового центру	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Яцьков З.О.	<i>[Signature]</i>	28.05				
Перевірив		Габко В.В.	<i>[Signature]</i>	28.05				
Т. контр.								
Результ			<i>[Signature]</i>	10.06		Аркуш		Аркушів
Норм.кон.		Пашенко	<i>[Signature]</i>	28.05		ВНТУ, гр. 1ЕМ-206		
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	28.05				