

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій

(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки

(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Система підтримки мікроклімату виробничого приміщення

(тема)

Виконав: студент II курсу, гр. АУТПм-19-1

Миронов А.О.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 – Автоматизація та

комп'ютерно-інтегровані технології

освітньої програми Автоматизація управління

технологічними процесами

(код і повна назва напрямку)

Тип програми освітньо-професійна

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Безкоровайний В.В.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
зав. кафедри

(підпис)

Невлюдов І.Ш.

(прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра	Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми	освітньо-професійна
Освітня програма	Автоматизація управління технологічними процесами (код і повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

«_____» _____ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові _____ **Миронову Андрію Олександровичу**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Система підтримки мікроклімату виробничого приміщення

затверджена наказом по університету від _____ 02.11. 2020 р. № 1510 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 09.12. 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи _____ Параметри підтримки макроклімату. Похибка не повинна перевищувати $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Реалізація системи автоматизації на базі контролера Siemens, S7-1200.

Функція програмного засобу – управління системою кондиціонування та вентиляції, підтримка параметрів мікроклімату за допомогою методу каскадного регулювання.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

4.1 Вступ.

4.2 Огляд та аналіз сучасного стану проблеми підтримки мікроклімату виробничих приміщень.

4.3 Розробка технічного завдання на створення системи підтримки мікроклімату.

4.4 Розробка елементів системи каскадного регулювання.

4.5 Розробка програмного засобу для підтримки мікроклімату.

4.6 Висновки.

4.7 Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) на аркушах формату А4.

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Керівник (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз вихідних даних та літератури за темою атестаційної роботи	05.09.2020	Виконано
2	Огляд та аналіз сучасного стану проблеми підтримки мікроклімату	11.09.2020	Виконано
3	Постановка мети та задач дослідження	15.09.2020	Виконано
4	Розробка моделі і методу регулювання	12.10.2020	Виконано
5	Розробка програмного засобу методу каскадного регулювання	03.11.2020	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки та презентації	22.11.2020	Виконано
7	Подання атестаційної роботи до екзаменаційної комісії	08.12.2020	Виконано

Дата видачі завдання 01 вересня 2020 р.

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Миронов А.О.

_____ (прізвище, ініціали)

проф. Безкорвайний В.В.

_____ (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 87 с., 33 рис., 25 джерела за переліком посилань, 1 додаток.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВИРОБНИЧЕ ПРИМІЩЕННЯ, ПІДТРИМКА МІКРОКЛІМАТУ, ПІД-РЕГУЛЯТОР, СИСТЕМА.

Об'єкт дослідження – виробниче приміщення.

Предмет дослідження – система регулювання мікроклімату виробничого приміщення.

Мета атестаційної роботи – є підвищення точності та швидкості регулювання (підтримки) заданої температури у виробничому приміщенні шляхом розробки методу для системи каскадного регулювання.

Методи дослідження – методи теорії автоматичного управління, системної інженерії та сучасних інформаційних технологій.

В атестаційній роботі розроблено технічне завдання для системи автоматизації підтримки мікроклімату, запропоновано схеми автоматизації системи вентиляції на основі методу каскадного регулювання, здійснено вибір контролера, програмну реалізацію задачі та проведено моделювання роботи системи, яке підтвердило ефективність запропонованих рішень.

Система, побудована на основі методу каскадного регулювання, здатна підтримувати необхідні параметри мікроклімату на заданому рівні з більш високою точністю та більш оперативно реагувати на зміни його параметрів. Перевагою запропонованого методу є його універсальність, що дозволяє використовувати його не тільки для корегування температури, але й інших показників мікроклімату (тиску, вологості, забрудненості повітря, тощо).

За результатами дослідження підготовлено статтю для збірника студентських наукових статей та тези двох доповідей на Міжнародні науково-технічні конференції.

ABSTRACT

Explanatory note: 87 p., 33 drawing, 25 sources according to the list of references, 1 addition.

AUTOMATION, PRODUCTION PREMISES, PID-CONTROLLER, SUPPORT OF MICROCLIMATE, SYSTEM.

The object of study – the production room.

The subject of research - the system of regulation of the microclimate of the production room.

The purpose of certification work is to increase the accuracy and speed of regulation (maintenance) of the set temperature in the production room by developing a method of cascade control system.

Research methods - methods of the theory of automatic control, systems engineering and modern information technologies.

The attestation work developed a technical task for the automation system of microclimate support, proposed schemes for automation of the ventilation system based on the method of cascade control, controller selection, software implementation of the problem and system modeling, which confirmed the effectiveness of the proposed solutions.

The system, built on the basis of the method of cascade control, is able to more accurately maintain the required parameters of the microclimate at a given level and respond more quickly to changes in its parameters. The advantage of the proposed method is its versatility, which allows you to use it not only to regulate temperature but also other indicators of the microclimate (pressure, humidity, air pollution, etc.).

Based on the results of the research, an article was prepared for a collection of student scientific articles and abstracts of two reports at international scientific and technical conferences.

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних познач, одиниць і термінів.....	8
Вступ.....	9
1 Огляд та аналіз сучасного стану проблеми підтримки мікроклімату виробничих приміщень.....	11
1.1 Мікроклімат як об'єкт регулювання.....	11
1.2 Вплив параметрів мікроклімату на технологічні процеси.....	13
1.3 Класифікація систем вентиляції.....	16
1.4 Схеми центральних кондиціонерів.....	20
1.5 Постановка мети та задач дослідження.....	26
2 Методи регулювання мікроклімату.....	28
2.1 Аналіз основних методів управління СКВ.....	28
2.2 Опис методу каскадного регулювання.....	35
2.3 Висновки до другого розділу.....	41
3 Розробка технічного завдання на створення системи підтримки мікроклімату.....	42
3.1 Опис технічного завдання.....	42
3.2 Технічне завдання для системи автоматизації.....	44
3.3 Основні схеми автоматизації системи вентиляції.....	49
3.4 Висновки до третього розділу.....	53
4 Розробка елементів системи каскадного регулювання.....	54
4.1 Вибір контролера, опис середовища програмування.....	54
4.2 Каскадне регулювання та програмна реалізація.....	50
4.3 Моделювання роботи системи.....	64
4.4 Висновки до четвертого розділу.....	68
5 Охорона праці.....	70
5.1 Перша допомога при ураженні струмом.....	70
5.2 Пожежна безпека.....	71
Висновки.....	74
Перелік джерел посилання.....	76

Додаток А Презентація.....	79
----------------------------	----

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

АСК – автоматична система керування.

АСУ – автоматизована система управління.

ВПН – водяний повітрянагрівач.

ВПО – водяний повітря охолоджувач.

ПІД – пропорційно-інтегрально-диференційний.

ПЛК – програмований логічний контролер.

СКВ – система кондиціонування та вентиляції.

ЧП – частотний перетворювач.

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція.

NC – normal closed.

NO – normal open.

VAV – variable air volume.

ВСТУП

Підвищення вимог до технологій сучасних виробничих процесів потребує відповідного удосконалення забезпечуючих систем. Для великої кількості виробничих процесів і технологічних процесів в інших сферах людської діяльності важливим є підтримання повітряного середовища з чітко визначеними параметрами. Для створення та підтримання подібних середовищ розробляють і використовують автоматичні системи кондиціонування та вентиляції (СКВ), які дозволяють підтримувати задані параметри мікроклімату. Їх використання дозволяє виконувати технологічні умови, що є одним з важливих чинників забезпечення якості продукції, яка випускається.

Для створення повітряного середовища у виробничих приміщеннях, тобто температури, тиску, складу повітря, швидкості переміщення, вологості повітря, використовують СКВ. За допомогою таких систем створюються оптимальні параметри повітряного складу у виробничих приміщеннях. Такі системи являють собою неавтономні системи, вони так класифікуються через те що, для нагрівання або охолодження повітря, система потребує теплоносій або холодоносій від допоміжних систем, теплопунктів або чилерів.

Вимоги до мікроклімату у виробничих приміщеннях стають більш жорсткими, однак на даний час системи підтримки мікроклімату не здатні задовільнити підвищені вимоги, зокрема, вони не забезпечують необхідну точність та швидкість регулювання. Так як сучасні системи кондиціонування та вентиляції мають великий коефіцієнт корисної дії, в порівнянні з аналогічними системами десятирічної давнини, однак методи регулювання, не зважаючи на розвиток ПЛК, залишаються на тому самому рівні.

Тому актуальними є задачі підвищення ефективності систем підтримки параметрів мікроклімату з використанням методу каскадного регулювання. Даний метод дозволить підвищити ефективність систем підтримки мікроклімату, не збільшуючи їхньої потужності, за рахунок чого економічне використання даних систем збільшиться.

Об`єкт дослідження – виробниче приміщення.

Предмет дослідження – система регулювання мікроклімату виробничого приміщення.

Мета атестаційної роботи – є підвищення точності та швидкості регулювання (підтримки) заданої температури у виробничому приміщенні шляхом розробки методів регулювання для системи каскадного регулювання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- дослідити існуючі системи підтримки температури у виробничих приміщеннях;
- виконати аналіз існуючих систем підтримки мікроклімату;
- проаналізувати алгоритми керування штатними системи автоматизації;
- розробити алгоритм каскадного регулювання;
- розробити комп'ютерну модель, з використанням алгоритмів каскадного регулювання;
- провести експериментальне дослідження алгоритмів штатної системи управління та запропонованої;
- оформити атестаційну роботу згідно з вимогами методичних вказівок з розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та стандарту ДСТУ 3008:2015 [1, 2].

За результатами дослідження підготовлено статтю для збірника студентських наукових статей, тези доповідей на IV Міжнародну конференцію «Виробництво & Мехатронні Системи-2020» (м. Харків) та на Міжнародну науково-технічну конференцію студентів, аспірантів та молодих вчених «Комп'ютерні науки, інформаційні технології та системи управління» CSYSC-2020 (м. Івано-Франківськ) [19-21].

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ПІДТРИМКИ МІКРОКЛІМАТУ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

1.1 Мікроклімат як об'єкт регулювання

Мікроклімат виробничих приміщень – це комплекс фізичних факторів, що спричиняють теплообмін людини і визначають його самопочуття, працездатність, здоров'я та продуктивність ці параметри в кінцевому підсумку впливають на якість виконання роботи. Підтримка мікроклімату робочого місця в межах гігієнічних норм є дуже важливою задачею.

Показники мікроклімату:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря;
- потужність теплового випромінювання.

Під забрудненням повітря розуміється введення в нього будь-якої речовини, виділення можуть бути прямими або непрямими, в такій кількості, яке змінює якість і склад повітря, завдаючи шкоди людям, живій природі.

Найважливішим газоподібною речовиною, яка визначає якість повітря, є водяна пара. Чим більше нагріте повітря, тим більшу кількість водяної пари віно містить. Вміст водяної пари до того граничної кількості, яке може міститися в повітрі при даній температурі, називається відносною вологістю [3].

Однією з важливих характеристик повітряного середовища є барометричний тиск, оскільки різниця тиску повітря в альвеолах легких та барометричного тиску визначає величину газообміну. Барометричний тиск вважається і називається нормальним на рівні моря (одна атмосфера) вона експоненціально убиває зі збільшенням висоти [3].

Крім газового складу і барометричного тиску, важливою характеристикою повітряного середовища є температурний стан повітря. У поєднанні зі швидкістю

руху повітря відносно тіла людини, температура повітря визначає характер теплообміну, це призводить до нагріву або охолодження тіла людини.

Життєдіяльність людини може нормально протікати лише тоді, коли відбувається збереження температурного гомеостазу організму, що досягається за рахунок системи терморегуляції і діяльності інших функціональних систем: що впливають на серцево-судинні, ендокринні систем, що забезпечують енергетичний та водно-сольовий разом білковим обміном [3, 4].

Для того щоб збереження були постійні, температура тіла організму повинно перебувати в термостабільному стані, яке оцінюється по тепловому балансу. Тепловий баланс досягається координацією процесів теплопродукції і тепловіддачі.

Мікроклімат за ступенем впливу на температурні показники людини підрозділяється на:

- нейтральний;
- нагрівальний;
- охолоджуючий.

Нейтральний мікроклімат – це поєднання його складових, яке при впливі на людину протягом робочої зміни забезпечує тепловий баланс організму, різниця між величиною теплопродукції і сумарною тепловіддачею знаходиться в межах ± 2 Вт, частка тепловіддачі випаровуванням вологи не перевищує 30% [3].

Охолоджуючий мікроклімат – це поєднання параметрів, при якому має місце перевищення сумарної тепловіддачі в навколишнє середовище над величиною теплопродукції організму, що призводить до утворення загального та / або локального дефіциту тепла в тілі людини (> 2 Вт) [4].

Охолоджуючий мікроклімат призводить до виникнення захворювань органів дихання, серцево-судинної системи. Охолодження людини (як загальне, так і локальне) може призвести до зміни його рухової реакції, порушує координацію та заважає виконувати точні операції, викликає гальмівні процеси в корі головного мозку, що може бути однією з причин виникнення різних форм травматизму. При локальному охолодженні рук знижується точність виконання робочих операцій [4].

Нагріваючий мікроклімат – поєднання його параметрів, при якому має місце змінювати температурні норми людини з навколишнім середовищем, що виявляється в накопиченні тепла в організмі ($> 2 \text{ Вт}$) і / або в збільшенні частки втрат тепла через випаровуванням вологи ($> 30\%$).

Вплив нагріваючого мікроклімату призводить до порушення стану здоров'я, зниження працездатності та продуктивності праці. Нагріваючий мікроклімат може привести до захворювання загального характеру, яке проявляється найчастіше у вигляді теплового колапсу. Він виникає внаслідок розширення судин і зменшення тиску в них крові. Непритомний стан, головний біль, відчуття слабкості, запаморочення, нудота.

Тепловий удар дуже небезпечний. Навіть при ранньому виявленні кожен п'ятий випадок є смертельним. При загальному тепловому застої значно підвищується температура тіла, що призводить до прямого пошкодження тканин, особливо центральної нервової системи. Нудота і блювання передують шокову стадію з глибокою втратою свідомості, іноді супроводжується судомогами. Внаслідок розладу центру терморегуляції знижується потовиділення. Шкіра гаряча, суха, спочатку має червоний колір, а потім набуває сірого забарвлення. Смертність тим вище, чим вище температура тіла [4].

Для багатьох технологічних процесів необхідно чітко визначити параметри повітря у виробничих приміщеннях.

1.2 Вплив параметрів мікроклімату на технологічні процеси

Тепловий стан людини – це функціональний стан організму, обумовлений його теплообміном з навколишнім середовищем, що характеризується вмістом і розподілом тепла в глибоких і поверхневих тканинах організму, а також ступенем напруги механізмів терморегуляції.

Тепловий стан людини класифікується на:

- оптимальний;
- допустимий;

- гранично допустимий;
- неприпустимий.

Розроблено метод оцінки теплового стану з метою обґрунтування гігієнічних вимог до мікроклімату робочих місць, а також заходи профілактики щодо захисту працюючих від можливого охолодження і перегрівання [5].

За ступенем впливу на самопочуття людини, його працездатність мікрокліматичні умови поділяються на:

- оптимальні;
- допустимі;
- шкідливі;
- небезпечні.

Нормативні гігієнічні вимоги з окремими показниками мікроклімату, їх сполученням, розроблені на основі вивчення теплообміну і теплового стану організму людини в мікрокліматичних камерах і в виробничих умовах, а також на основі клінічних та епідеміологічних досліджень.

Профілактика перегріву організму працівника в нагріваючому мікрокліматі включає наступні заходи:

- нормування верхньої межі зовнішньої термічного навантаження на допустимому рівні стосовно восьмигодинної робочої зміни;
- регламентація тривалості впливу нагріваючого середовища для підтримки середнього змінного теплового стану на оптимальному або допустимому рівні;
- використання спеціальних засобів колективного та індивідуального захисту, що зменшують надходження тепла ззовні до поверхні тіла людини і забезпечують допустимий тепловий режим.

Захист від охолодження здійснюється за допомогою:

- одягу, виготовлення якого відбувається відповідно до вимог державних стандартів;
- використання локальних джерел тепла, що забезпечують збереження належного рівня загального і локального теплообміну організму;

– регламентації тривалості безперервного перебування на холоді, та тривалості перебування в приміщенні з комфортними умовами [6].

Пил – це аеродисперсна система, в якій дисперсійним середовищем є повітря, а дисперсною фазою пилові частинки. Пилові частинки знаходяться в твердому стані і мають розміри від десятих часток міліметра до часток мікрометра.

Виробничий пил класифікується наступним чином:

- за походженням – органічний, неорганічний, змішаний;
- за способом освіти – аерозолі дезінтеграції, конденсації;
- за розміром частинок – видимий (більше 10 мкм), мікроскопічний (в межах 0,25-10 мкм) і ультрамікроскопічний (менше 0,25 мкм).

Джерелами забруднення повітря виробничих приміщень є виробничі процеси, в ході яких виділяються технологічний пил і аерозолі. Пил може надавати на організм різну дію. Особливе місце займають аерозолі біологічно високоактивних речовин: вітамінів, гормонів, антибіотиків, речовин білкової природи. Аерозолі переважно фіброгенної дії можуть викликати професійні захворювання легень – пневмоконіози, пилові бронхіти, а також інші хронічні захворювання органів дихання [5, 6].

В усіх країнах гігієнічні регламенти вмісту пилу встановлені по гравіметричним (ваговим) показниками, вираженим в міліграмах на кубічний метр (мг/м³), що характеризує всю масу яка присутня в зоні дихання пилу.

Для кожного технологічного процесу створюються свої вимоги до мікрокліматичних умов. Сучасні технологічні процеси вимагають великої точності, тобто такі речі як пил, тепловиділення, вологість, тощо, здатні зіпсувати кінцевий результат. Тому для кожного технологічного процесу створюється своя унікальна система підтримки мікроклімату, яка здатна повністю забезпечити задані параметри, що були встановлені технічними нормами.

1.3 Класифікація систем вентиляції

Нормативної класифікації СКВ не існує, але на практиці і в технічній літературі склалися певна термінологія та класифікація:

- залежно від способу, що викликає рух повітря в системи вентиляції поділяються на природні (гравітаційні) і штучні (з механічним впливом);
- за призначенням – на припливні, витяжні і змішані;
- по зоні обслуговування на загальнообмінні і місцеві;
- за конструктивним виконанням на каналні та безканалні.

Обмін повітря при природній вентиляції (аерація) відбувається за рахунок різниці тиску внутрішнього і зовнішнього повітря або різниці температур зовнішнього повітря та повітря в приміщенні.

У приміщеннях з великими тепловиділеннями повітря завжди тепліше за зовнішнє. Більш важке зовнішнє повітря яке має меншу температуру, надходячи в приміщенні, витісняє з нього менш щільне повітря. За рахунок цього виникає циркуляція, аналогічна тій, що штучно виникає при роботі припливних систем.

В системах з природною вентиляцією, в яких рух повітря створюється за рахунок різниці тисків повітря, мінімальним перепад по висоті між рівнем забору повітря з приміщення та його викидом через дефлектор повинен бути не менше 3 м. При цьому довжина горизонтальних ділянок не повинна перевищувати 3 м, а швидкість повітря в повітроводах – 1 м/с [3].

Аерацію застосовують в виробничих приміщеннях, якщо концентрація пилу і шкідливих газів припливного повітрі не переходить позначку в 30% від гранично допустима в робочій зоні. Якщо виникає необхідність попередньої обробки припливного повітря, аерацію не використовують.

Системи з природною вентиляцією є досить прості, та не вимагають складного устаткування і витрат. Однак залежність ефективності цих систем від зовнішніх чинників (температури зовнішнього повітря, швидкості вітру), а також незначний тиск не дає змогу вирішувати з їх допомогою всі складні і різноманітні завдання в області вентиляції. Тому застосовують системи з механічним, спонуканням.

У системах з механічним спонуканням тобто з використанням обладнання (вентилятори), це дозволяє переміщувати повітря на достатні відстані. При необхідності повітря піддають різним видам обробки: очищенню, охолодженню, зволоженню, осушенню, нагріванню. Вентиляцію з механічним спонуканням можна розділити на місцеву та на загально обмінну.

Місцевої вентиляцією називається така, яка забезпечує подачу повітря в конкретні місця (місцева припливна вентиляція) і забруднене повітря також видаляють тільки від місць в яких виникають шкідливі виділення (місцева витяжна вентиляція).

Місцева вентиляція забезпечує повітрообмін тільки в малій зоні, а загально обмінна у всьому приміщенні.

До місцевої вентиляції відносяться повітряні зони (зосереджений приплив повітря з підвищеною швидкістю). Вони здатні подавати чисте повітря до вказаних робочих місць, знижувати в їх зоні температуру повітря і обдувати робітників, що піддаються теплообміну [7].

До місцевої припливної вентиляції відносяться повітряні зони ділянки виробничих приміщень. Вони відділені від решти приміщення перегородками висотою 2-2,5 м, в якій нагнітається повітря з недостатньою температурою. Місцеву припливну вентиляцію використовують так само у вигляді повітряних завіс (біля воріт, входів тощо). Вони створюють повітряні перегородки або змінюють напрямок пересування повітря. Місцева вентиляція вимагає менших витрат, ніж загально обмінна. У виробничих приміщеннях, якщо присутні шкідливі виділення (газів, вологи, тепла та ін.), зазвичай застосовують змішану систему вентиляції: загальну, для усунення виділень що впливають на стан людини, в всьому об'ємі приміщення і місцеву (місцеві відсмоктувачі і приплив) для обслуговування робочих місць.

Місцеву витяжну вентиляцію застосовують, тоді якщо місця шкідливих виділень в приміщенні локалізовані а їх розповсюдження не можна допускати їх поширення по всьому приміщенню. Місцева витяжна вентиляція в виробничих приміщеннях забезпечує нормальний стан повітря, шкідливих виділень: газів,

диму, пилу тощо. Для видалення шкідливих виділень застосовують місцеве витяжну систему (укриття у вигляді шаф, парасольки, бортові відсмоктування тощо).

Шкідливі виділення мають видалятися від місця їх створення, в напрямку їх природного руху: гарячі гази і пари слід видаляти вгору, а холодні важкі гази і пил – донизу. При установці витяжної вентиляції для уловлювання пиловидалення видаляється з приміщення. Повітря перед викидом в атмосферу повинно проходити очищення за допомогою фільтрів [7]. Якщо місцевої вентиляції їй не вдається забезпечити санітарно – гігієнічні або технологічні вимоги, застосовують загальнообмінні системи вентиляції.

Загальнообмінні системи вентиляції, витяжні системи рівномірно видаляють шкідливе повітря з об'єму всього приміщення, а загальнообмінні припливні – подають повітря та розповсюджують його по всьому об'єму вентилязованого приміщення. При одночасній роботі припливної та витяжної вентиляції, вони мають бути збалансовані по витраті повітря.

Якщо повітря, що подається в приміщення, утворюється шляхом змішування зовнішнього повітря та рециркуляційного повітря, що забирається з приміщення, то така система називається припливно – рециркуляційною.

Системи, що призначені для видалення пилу, який з'являється під час технологічних процесів, називаються аспераційними. Вони поділяються на:

- індивідуальні – коли кожне робоче місце має витяжну установку;
- центральні – коли одна установка обслуговує групу місць.

Системи кондиціонування першого класу забезпечують необхідні для технологічного процесу параметри, відповідно до нормативних документів.

Системи другого класу забезпечують санітарно-гігієнічні норми або необхідні технологічні норми.

Системи третього класу забезпечують допустимі норми, якщо вони не можуть бути забезпечені вентиляцією в теплий період року без використання штучного охолодження повітря.

Оптимальні параметри повітря є сукупністю умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей (область комфортного кондиціонування повітря), або умови для правильного перебігу технологічного процесу (область технологічного кондиціонування). Оптимальні параметри внутрішнього повітря на промислових підприємствах встановлюють виходячи з положення, що якщо кількість і та стан продукції залежить від підтримки точного режиму технологічного процесу, що не залежить від інтенсивності праці, то визначальним фактором є вимоги технологічного процесу. Якщо ж на випуск продукції в основному впливає швидкість праці, встановлюються комфортні умови для працюючих в цеху людей [8].

Допустимі параметри повітря встановлюються різними, коли з технічних і економічних причин не забезпечуються оптимальні норми.

Автономні СКВ в своєму складі мають весь комплекс обладнання, за рахунок якого можна провести необхідну обробку повітря в відповідності до нормативних вимог по очищенню, нагріванню, охолодженню, осушуванню, зволоженню, переміщенню і розподіленню повітря, а також засоби автоматичного і віддаленого управління і контролю. Для роботи автономної СКВ необхідно подати тільки електричну енергію [8].

Неавтономні СКВ не мають вбудованих агрегатів, такі системи не мають джерела тепла чи холоду. До цих СКВ подають гарячі або холодні хладагенти (вода, фреони).

Центральні СКВ є неавтономні кондиціонери, що розташовуються поза обслуговуваних приміщень, саме в них проводиться підготовка повітря з наступним розподілом по приміщеннях за допомогою повітропроводів. Сучасні центральні кондиціонери випускаються в секційному виконанні з уніфікацією типових модулів.

Місцеві СКВ випускаються на базі автономних і неавтономних кондиціонерів і встановлюються в приміщенні, що обслуговується.

Однозональні СКВ застосовуються для обслуговування одного приміщення з рівномірним розподілом теплоти вологовиділення наприклад, виставкові зали, кінотеатри та ін..

Багатозональні СКВ застосовуються для обслуговування декількох приміщень або приміщення з нерівномірним розподілом тепла і вологовиділень [8].

Стандартні кондиціонери використовуються для установки в житлових будинках, офісах або на схожих об'єктах. Особливістю стандартних кондиціонерів є живлення від однофазної мережі тобто не виходячи рамки потужності не більше 3 кВт. Це саме та потужність, яку можна допустити для стандартної електричної розетки, розташовані в жилих та адміністративних приміщеннях. Як наслідок цього, холоду та теплопродуктивність стандартних кондиціонерів не перевищує 7 кВт.

Напівпромислові кондиціонери мають холодопродуктивність в межах від 5 до 150 кВт. Та мають напругу живлення трифазна. Для моделей з холодопродуктивністю до 7 кВт напруга живлення може бути однофазна [9].

Промислові кондиціонери перевищують продуктивність більше 30 кВт і призначаються для встановлення в промислових та схожих приміщеннях.

1.4 Схеми центральних кондиціонерів

Центральні кондиціонери – це неавтономні кондиціонери, вони забезпечуються холодом і теплом ззовні. Центральні кондиціонери можна поділити на чотири основні класи:

- прямоточні;
- змінною витратою повітря;
- з рециркуляцією повітря;
- з рекуперацією тепла (холоду).

Основними параметрами центральних кондиціонерів є:

- витрата повітря;
- тиск, що створюється вентилятором;

- тепло- (холодо-) продуктивність;
- ступінь фільтрації повітря;
- ефективність утилізації тепла (при його наявності) ;
- споживання електричної потужності;
- рівень звукового тиску;
- питомі малогабаритні характеристики.

Центральні кондиціонери за часту встановлюють поблизу обслуговуваних приміщень: на даху (зовнішнє виконаний агрегату), на технічних поверхах, або в спеціально створених місцях.

Підведення та відведення повітря з СКВ та поширення по приміщеннях проводиться повітропроводам (моделях зовнішнього виконання, патрубки забору зовнішнього і викиду витяжного повітря зазвичай є комплектною частиною агрегату) [9].

Центральні кондиціонери складаються з основних секцій, кожна з яких виконує закладені функції:

- змішання потоків повітря;
- фільтрацію;
- нагрівання;
- охолодження або осушення;
- зволоження.

Для зменшення рівня розповсюдження по системі повітроводів шуму центральні кондиціонери вбудовуються шумоглушники.

Кондиціонери будуються на базі стандартних типових секцій (модулів) які можна комплектувати в різних комбінаціях в залежності від вимог технічного завдання.

Прямоточні центральні кондиціонери складаються з припливної і витяжної частини. Припливна частина включає в себе повітряні заслінки, секцію фільтру, секції нагрівання, охолодження, вентиляторної секції, шумоглушник [8]. Витяжна частина складається з вентилятора і повітряної заслінки.

Недоліком прямоточних центральних кондиціонерів (рис. 1.1), є витрата великих потужностей нагрівальної та охолоджуючої секцій, а також переміщення повітря з однаковою температурою в усі приміщення, усунути цей недолік дозволяє використання прямоточної системи VAV (Variable Air Volume) вона може змінювати витрату повітря. В цьому випадку в кожному приміщенні встановлюється окремі датчики температури, які управляють заслінками на вході і виході повітря в кожне приміщення [9].

Система VAV дасть можливість підтримувати задану температуру за рахунок зміни кількості нагрітого (охолодженого) повітря, що подається в приміщення. Однак це іноді не співпадає з вимогами стандартів по витраті повітря. Тому центральних кондиціонерах організовують рециркуляцію повітря (підмішуванням частини витяжного повітря в припливне).

Центральні кондиціонери, які працюють з рециркуляцією повітря комплектуються камерою змішувальні (рис. 1.2), це дозволяє регулювати кількість свіжого і рециркуляційного повітря, що надходить в приміщення, такий підхід дозволяє скоротити витрати на нагрів або охолодження повітря на 30-40%. Однак така схема використовуються тільки в тому випадку і тільки там, де рециркуляція допустима по санітарним нормам або технологічним умовам.

Схеми з рекуперативними теплообмінниками (рис. 1.3), мають велику економічну перевагу ніж рециркуляція, при збереженні заданої пропорції свіжого повітря. Використовують такі теплообмінники або з обертовими теплообмінниками. У пластинчастому перехресному теплообміннику рух припливного і витяжного повітря повністю розділений через це ця схема може застосовуватися без обмежень.

При використанні обертового теплообмінника частина витяжного повітря потрапляє в приміщення. Тому незважаючи на те що ефективність передачі тепла обертового теплообмінника досягає 80%, його застосування по санітарним нормам обмежена. Обертовий теплообмінник обертається за рахунок ремінної передачі що з'єднана з електродвигуном. Швидкість обертання не перевищує 2-15 обороти на хвилину [10].

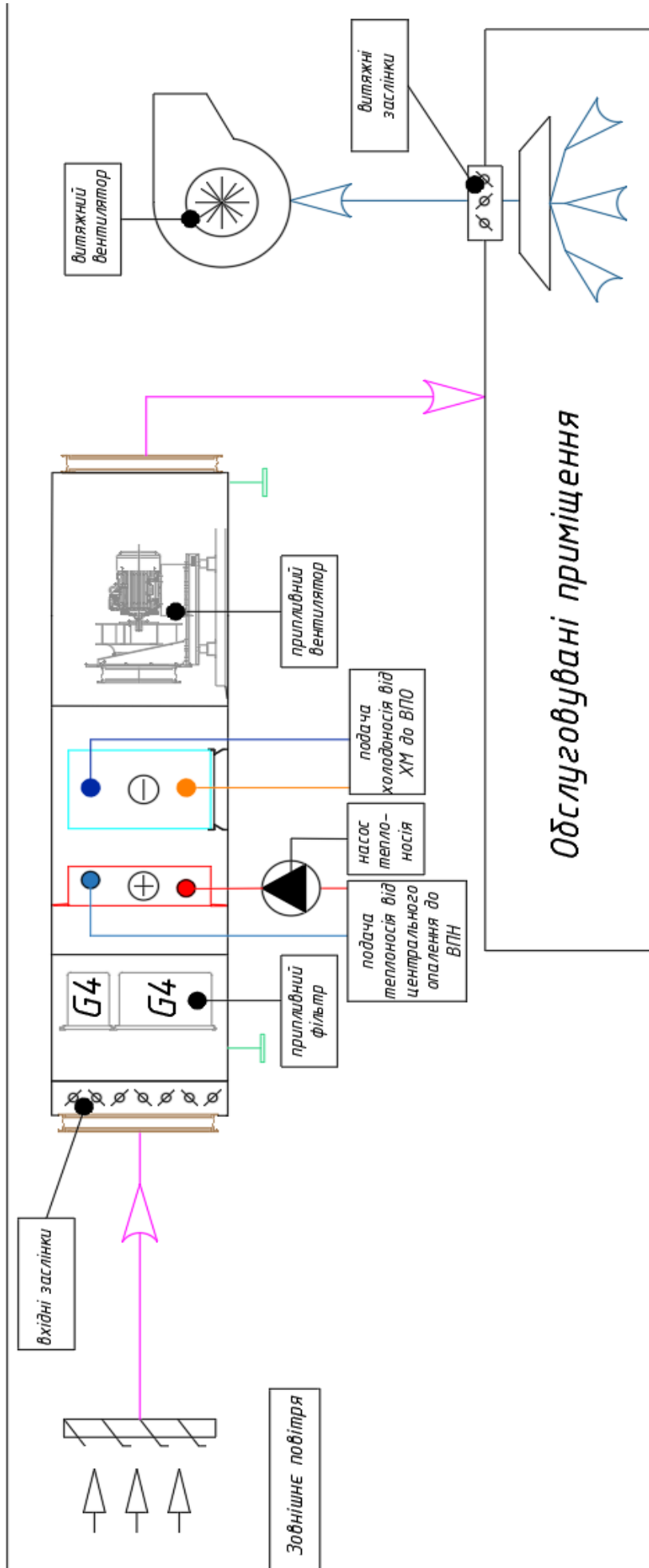


Рисунок 1.1 – Принципова схема припливної установки, з місцевою витяжною

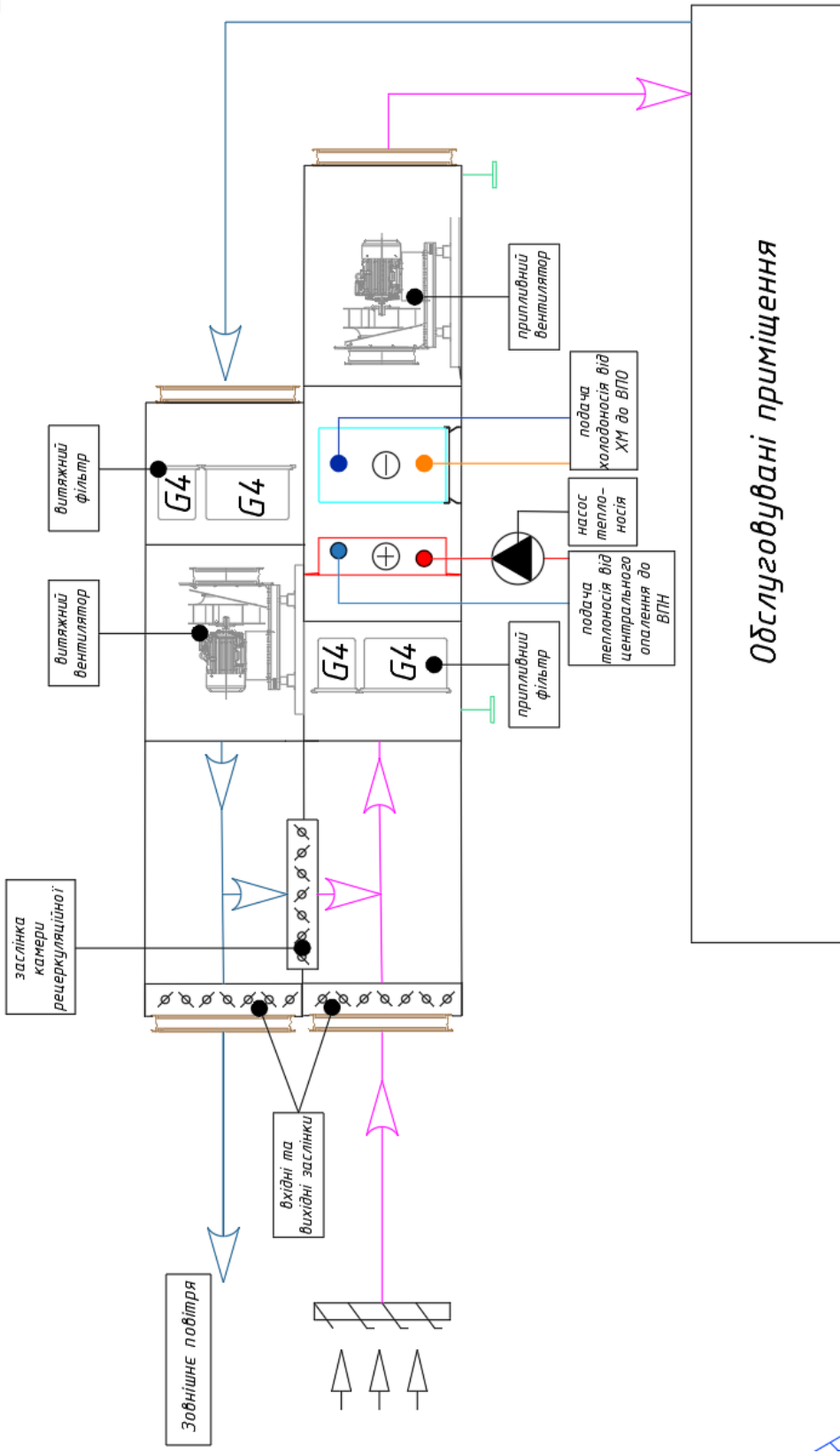


Рисунок 1.2 – Принципова схема припливно-витяжної установки з рециркуляцією

А

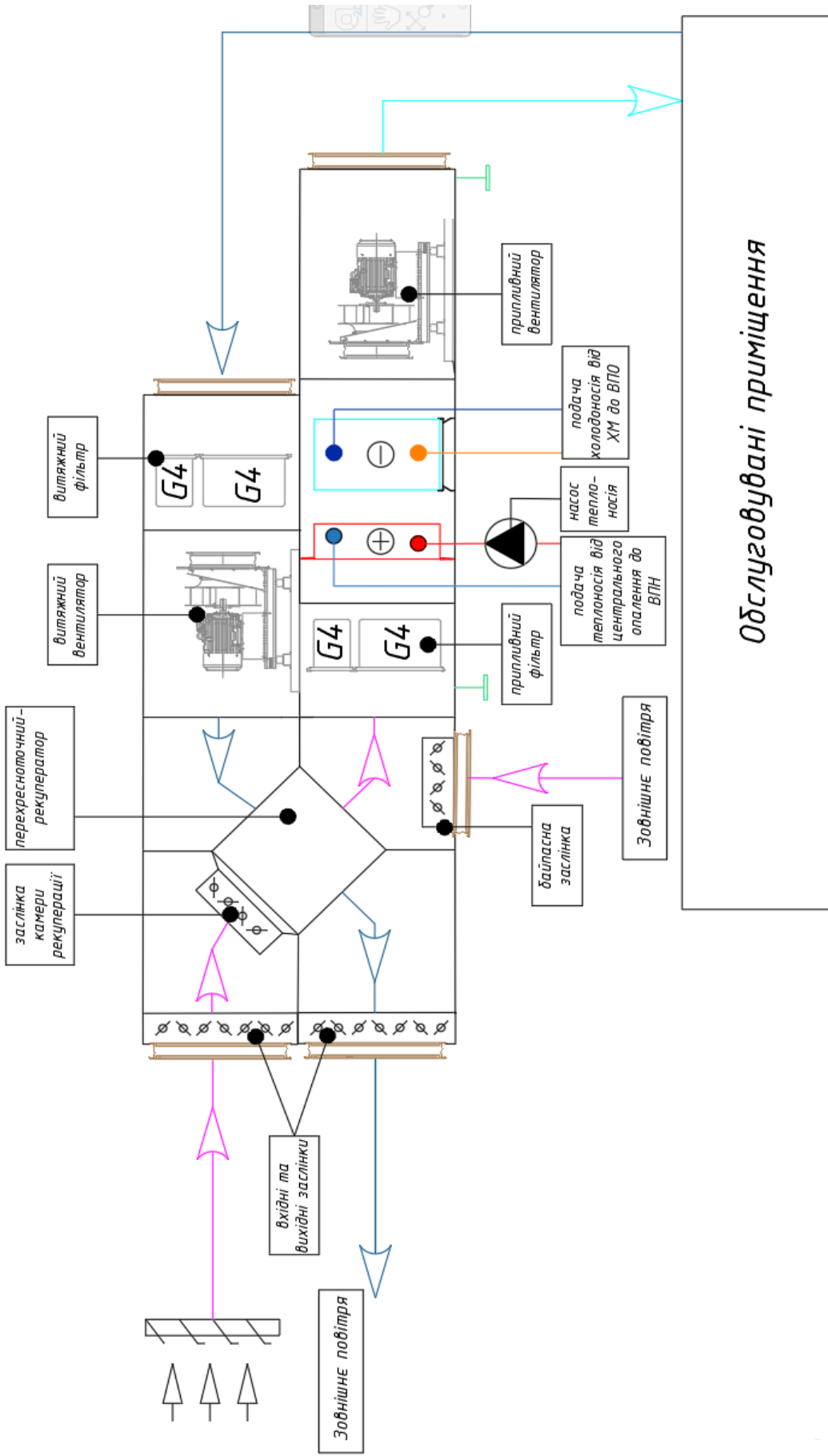


Рисунок 1.3 – Принципова схема припливно-втяжної установки з рекуператором

1.5 Постановка мети та задач дослідження

Проведений в оглядовій частині роботи аналіз сучасних систем підтримки мікроклімату, виявив недосконалість таких систем. Технологічні процеси дуже сильно залежать від мікрокліматичних умов, через це до систем вентиляції та кондиціонування пред'являються більш жорсткі вимоги.

За результатами огляду сучасних централізованих систем підтримки мікроклімату, які реалізують припливні, витяжні і змішані схеми, встановлено, що вони не здатні задовільнити вимогам які пред'являються в сучасних технологічних процесах. А зважаючи на те що кожного дня, технологічні процеси стають більш складними та вимагають великої точності, системи підтримки мікроклімату, що керуються сучасними методами регулювання, не будуть здатні задовільнити усім вимогам технологічних процесів. Більш перспективними і ефективними вважаються схеми каскадного регулювання.

Це обумовлює актуальність задачі розробки каскадного методу регулювання, що дозволить суттєво підвищити точність, та скоротити час за який, система підтримки мікроклімату, здатна скоротити різницю між завданням та реальними показниками.

Об'єкт дослідження – виробниче приміщення.

Предмет дослідження – система регулювання мікроклімату виробничого приміщення.

Мета атестаційної роботи – є підвищення точності та швидкості регулювання (підтримки) заданої температури у виробничому приміщенні шляхом розробки методів регулювання для системи каскадного регулювання.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- дослідити існуючі системи підтримки температури у виробничих приміщеннях;
- виконати аналіз існуючих систем підтримки мікроклімату;
- проаналізувати алгоритми керування штатними системи автоматизації;
- розробити алгоритм каскадного регулювання;

- розробити комп’ютерну модель, з використанням алгоритмів каскадного регулювання;
- провести експериментальне дослідження алгоритмів штатної системи управління та запропонованої;
- оформити атестаційну роботу згідно з вимогами методичних вказівок з розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» та стандарту ДСТУ 3008:2015.

2 МЕТОДИ РЕГУЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ

2.1 Аналіз основних методів управління СКВ

Автоматизація СКВ дозволяє варіативно налаштовувати мікрокліматичні параметри приміщення: температуру повітря, переміщення та швидкість повітряних потоків. Автоматизована система кондиціонування потребує мінімального втручання людини, вона може працювати по виходячи з запланованих сценаріїв.

Автоматизована СКВ являється економічно вигідна для підприємств відразу за деякими параметрами: автоматичне вирішення аварійних ситуацій та внесення аварій до журналу, раціональний розхід електроенергії.

Автоматизована система не вимагає залучення фахівців, так як програмне забезпечення здатна самостійно підтримувати задані параметри та управляти виконавчими вузлами. Система вентиляції може бути поєднана з іншими системами автоматизації, наприклад з системою пожежогасінням, так після надходження сигналу від системи пожежогасіння установка починає виконувати закладений алгоритм, а саме запиняє вентилятори та перекриває надходження повітря до приміщення, для запобігання потрапляння кисню до вогню [11].

На рисунку 2.1 представлена схема автоматизації припливно-витяжної установки. Цей перелік датчиків та виконуючих механізмів здатний повністю забезпечити автономну роботу даної установки. На кожну частину передбачено свій комплект датчиків та виконуючих механізмів. Сигнали що надходять від датчиків потрапляють до контролеру, він в свою чергу формує команду до виконуючі механізми виходячи з записаного алгоритму.

2.1.1 Заслінки

Для вхідних та вихідних заслінок слід установити електропривод, за допомогою якого буде можливо керувати цими заслінками.

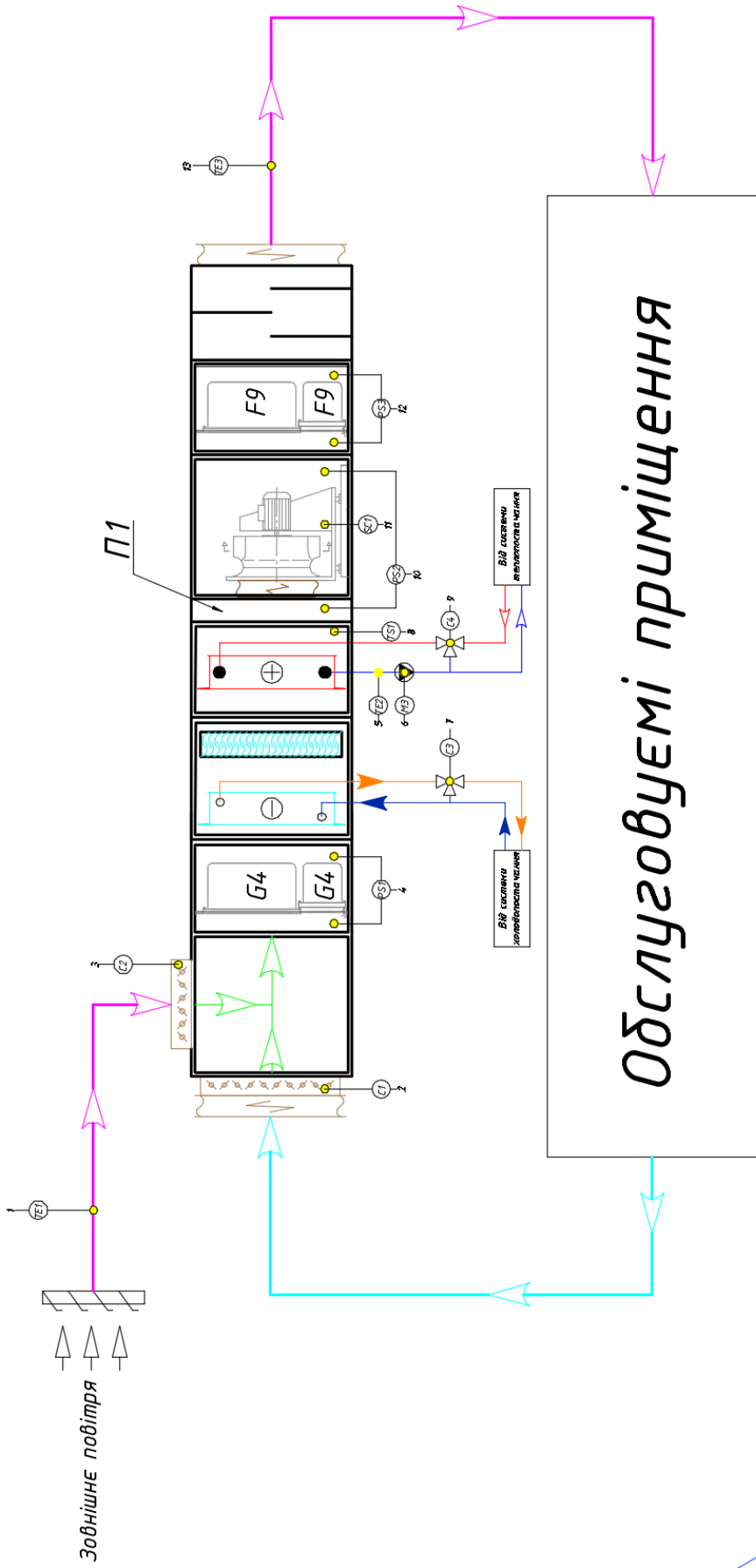


Рисунок 2.1 – Схема автоматизації припливно-витяжної установки з рециркуляцією

1/2

Данні приводи повинні повертатися у початкове положення при відсутності електроструму, тобто закрити заслінки, забезпечивши відсутність зовнішнього повітря в припливно-витяжної установки. Так як при відсутності живлення установки і відкритих заслінках, є ймовірність проникання більш теплого або більш холодного повітря до обслуговуваних приміщень, а узимку виникає загроза обмерзання калориферу ВПН, так як при відсутності живлення насос ВПН не зможе забезпечити прохід теплоносія через калорифер що призведе до зниження температури залишків тепло носія, а в крайньому випадку його замерзання.

2.1.2 Водяний повітря нагрівач

Для автоматизації секції ВПН необхідний електропривод здатний керувати триходовим клапаном, так як і для повітряних заслінок, вона пропонує великий вибір електроприводів, вони підбираються виходячи з типу клапану. Управління приводом відбувається виходячи з показань припливного датчику температури [11].

Насос ВПН бере живлення від контактору який знаходиться в щиті управління, сигнал на дозвіл «пуск насосу» дає контролер, захист насосу відбувається від автомату захисту двигуна, а для насосів малої потужності використовують звичайний автоматичний вимикач розрахований не менше ніж на 2 А з характеристикою спрацювання [12].

2.1.3 Водяний повітря охолоджувач

Для автоматизації секції ВПО необхідно підібрати електропривод виходячи з типу триходового клапану (рис. 2.2). Керування відбувається сигналом 0 – 10 В від контролера. Керування здійснюється виходячи від показників датчику температури припливу. Холодильна машина має у своєму складі всю необхідну автоматику, насосну станцію, та органи регулювання [12].

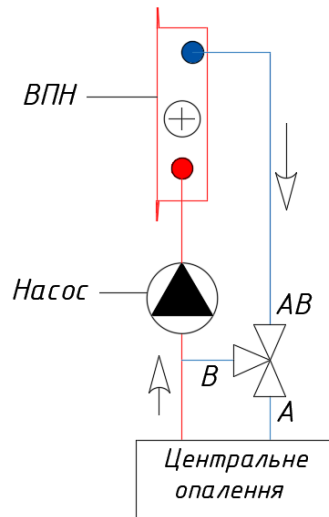


Рисунок 2.2 – Триходовий клапан для контуру ВПН

Тому для роботи холодильної машини необхідно лише подати сигнал «дозвіл на пуск».

2.1.4 Керування вентилятором

Секції вентиляторів керуються наступними варіантами. Перший для вентиляторів малої потужності використовують автомат захисту двигунів та контактору, дозвіл на «пуск» віддається від контролеру на керуючу котушку контактору. Другий спосіб для більш потужних вентиляторів, вони використовують автоматичний вимикач та пристрій плавного пуску. Недоліком даних способів є неможливість керувати обертами, тому в даній установці слід використовувати автоматичні вимикачі та частотні перетворювачі, за їх допомогою можливо змінювати обороти що призводить до зміни витрати повітря. Частотні перетворювачі здатні за допомогою ШІМ-моделюванням створювати потрібну частоті змінного струму, що призводить до зміни обертового моменту електродвигуна. Частотні перетворювачі здатні керуватися аналоговим сигналом 0-10 В або 0,4-20 мА. Вони мають вбудований ПІД-регулятор, що дає змогу керувати вентилятором виходячи з сигналів датчиків що приєднані до частотного

перетворювача. Керування відбувається від аналогового виходу контролера виходячи від датчика температури припливного повітря [12].

2.1.5 Датчики

Усі датчики складаються з чутливого елемента та системи перетворення. Буває так, що чутливий елемент об'єднується з перетворювальною системою. Чутливий елемент повинен бути безпосередньо пов'язаний з тим середовищем, в яке він встановлюється. У теоретичних представленнях його називають вимірювальним перетворювачем. Аналогові датчики вимірювання називають первинними перетворювачами. Такі види датчиків застосовуються в системах, що повинні надавати безперервні вимірювання та регулювання. Принцип дії таких датчиків полягає в наступному. При зміні параметрів відбувається відповідна залежна зміна його вихідного сигналу. Дискретні датчики часто називають сигналізаторами (датчики-реле). Такий вид датчиків застосовується, якщо необхідно відстежити конкретне значення параметра, який вимірюється для будь-яких подальших дій. Такі датчики встановлюються там, де немає необхідності отримання всіх значень вимірюваного параметра. Часто необхідно знати, чи досяг параметр певного значення. У таких випадках вимірювальна система видає сигнал тільки при переході заданого обмежувального значення [13].

Датчики температури використовуються у системах теплопостачання для вимірювання температури води, в системах вентиляції – температури води і повітря, у системах теплопостачання – температури води. Як видно, вимірювані параметри схожі. Для правильного прийняття рішення, який тип датчика застосувати, необхідно знати діапазон вимірюваних температур. Температура води може бути в діапазоні (0 ... 150) °С, повітря – (-50 до + 50) °С.

Як правило, в якості аналогових датчиків необхідно застосувати так звані термоперетворювачі опору. Сенс їхньої роботи заснований на зміні опору, який використовується в якості чутливого елемента залежності від температури середовища, яку він вимірюватиме [14]. Струм, який проходить через цей елемент,

створює залежність зміни напруги від температури. Спочатку в якості такого металу застосовувалася мідь. Були створені мідні чутливі елементи з опором 50 Ом або 100 Ом при 0°C. Але недоліком було те, що при великих довжинах проводів, які з'єднували чутливий елемент з вторинними пристроями, опір таких з'єднувачів було зрівняно, а то і більше, ніж опір самих чутливих елементів. Це вносило похибки в вимірювання, які необхідно було компенсувати. Зараз від цієї проблеми відійшли. Наразі чутливі елементи створені з металів, що мають опір 500 Ом або 1000 Ом при 0°C. Це платина (Pt) і нікель (Ni). Тому сьогодні в інженерних системах застосовуються датчики типу Pt 1000 [15].

У таких системах застосовують термоперетворювачі опору, що занурюються. Чутливий елемент датчика безпосередньо занурюється в те середовище, яке вимірюється. Накладні датчики вимірюють температуру поверхні, до якої прикладені, але це роблять, якщо температура поверхні приблизно дорівнює температурі самого середовища.

Серед дискретних датчиків температури найчастіше застосовуються манометричні термометри. В таких пристроях чутливим елементом є термобалон, який поєднується капілярною трубкою з сильфоном. При зміні температури цього елемента тиск в системі і сильфон переміщує механізм, він, в свою чергу, закінчується контактними пристроями. Такі датчики називають сигналізаторами температури або термостатами.

Датчики тиску та датчики перепаду. Датчики тиску, як і датчики температури, бувають аналогові та дискретні. Раніше застосовували мембранні і сильфонні датчики. Принцип таких датчиків заснований на механічному переміщенні (стисканні або розширенні) при зміні тиску середовища. Далі ці чутливі елементи впливають на шток, що переміщувався в магнітному полі та змінював величину, наприклад, магнітної індукції. Наразі в якості чутливих елементів застосовують тензорезистори. При стисненні або розширенні такого резистора починає змінюється його опір. А далі, на основі все тих же принципів, як і в термоперетворювачів опору, даний резистор включається в електричну схему. Дискретні датчики тиску розраховані на контроль конкретного значення тиску або

перепаду тиску. Для цього застосовуються електроконтактні манометри і дифманометри, як датчики які застосовують трубчасті пружини, або мембрани [16].

Диференційне реле тиску застосовуються для слідкування за забрудненням фільтру. Він вимірює тиск до фільтру та після, якщо перепад перевищує значення, яке встановлене, спрацьовує реле, що сигналізує про забруднення фільтру.

2.1.6 Контролер

Контролером називають технічний засіб в автоматизованих системах, що виконує функції управління певними процесами відповідно до написаного алгоритму, з використанням інформації, одержуваної від слідкуючих систем і виведеної на кінцеві пристрої. Будь-який пристрій, який здатний працювати автоматично, повинен мати в своєму складі керуючий контролер – модуль, який визначає логіку роботи пристрою.

Програмовані логічні контролери (ПЛК) – технічні засоби, що використовуються для автоматизації технологічних процесів. Це електронні пристрої, що працюють в реальному часі. Основним режимом роботи ПЛК виступає його довге автономне використання, часто в несприятливих умовах навколишнього середовища, без суттєвого обслуговування та втручання людини. ПЛК зазвичай застосовуються для управління процесами, що повторюються, використовуючи входи і виходи для визначення стану об'єкта і видачі керуючих впливів. Програмований логічний контролер, є мікропроцесорним пристроєм, призначеним для збору, перетворення, обробки, зберігання інформації і вироблення команд управління, який має кінцеву кількість входів і виходів, підключених до них датчиків, ключів, виконавчих механізмів до об'єкта управління, і призначений для роботи в режимах реального часу [17].

Головною відмінністю ПЛК від релейних схем управління є процеси, які реалізовані за допомогою програм. Всього на одному контролері можна реалізувати схему, яка буде заміщати тисячі елементів жорсткої логіки. При цьому відмовостійкість роботи схеми не залежить від її складності. Програмовані логічні

контролери традиційно працюють в нижній ланці автоматизованих систем керування технологічними процесами, безпосередньо пов'язаній з технологією виробництва. ПЛК зазвичай є одним з кроків при побудові систем автоматизованих систем управління (АСУ). Це пояснюється тим, що необхідність автоматизації будь-якого механізму або установки завжди найбільш очевидна. Вона дає швидкий ефект, підвищує якість виробництва, дозволяє уникнути важкої і рутинної роботи. Основна перевага ПЛК є в тому, що один екранний прилад може замінити величезну кількість електромеханічних реле, а також підвищити час сканування, компактні системи введення/виводу, стандартизовані мови програмування і спеціальні інтерфейси, що дозволяють підключати нестандартні пристрої автоматики безпосередньо до контролера або об'єднувати різне устаткування в спільну систему управління [3, 18].

2.2 Опис методу каскадного регулювання

У традиційних схемах керування датчик температури $TE2$ розташовують на виході з СКВ. Що дозволяє контролювати температуру повітря, яке надходить до виробничих приміщень. Показання передаються до контролера, який за допомогою ПІД-регулятора, визначає керуючий вплив через розбіжність між заданим та реальним значенням температури:

$$u(t) = P(t) + I(t) + D(t) = k_p e(t) + k_I \int_0^t e(t) dt + k_D \frac{de(t)}{dt}, \quad (2.1)$$

де $u(t)$ – функція керування;

$P(t), I(t), D(t)$ – пропорційна, інтегральна та диференціальна складові;

$e(t)$ – поточна похибка;

k_p, k_I, k_D – пропорційний, інтегральний і диференціальний коефіцієнти.

Час відгуку системи з регулятором (2.1) задається значеннями коефіцієнтів k_P, k_I, k_D .

Якщо датчик температури знаходиться на виході з припливно-витяжної системи, то корегування температури вхідного потоку повітря може бути досить швидким. Проте у цьому випадку температура в приміщенні може суттєві відрізнятись від температури вхідного потоку повітря. Тому на практиці датчик температури $TE1$ часто розміщують у приміщенні (рис. 2.3). У цьому випадку ПІД-регулятор має бути досить повільним але система не зможе своєчасно відреагувати на зміну температури в приміщенні, що може призводити до порушення технологічних процесів [18, 19].

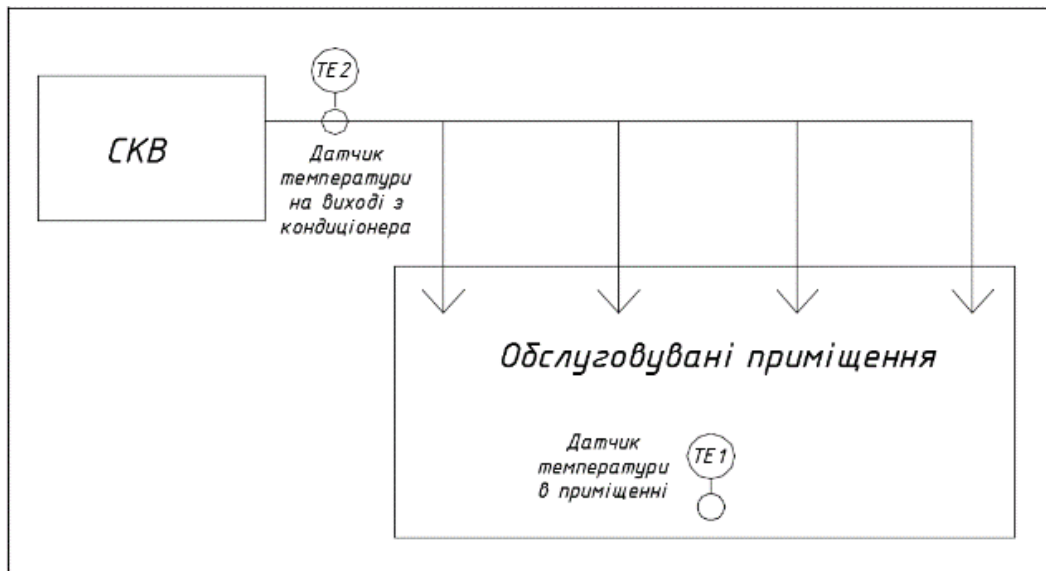


Рисунок 2.3 – Традиційна схема розміщення датчиків температури

Виходячи з цього системи, які мають у своєму складі автоматики лише один датчик температури (незалежно від того, де він буде знаходитися: на виході з СКВ чи у приміщенні), не здатні своєчасно реагувати на зміну температури чи інших змін у складі повітря.

Як вихід пропонується використовувати каскадну схему з двома ПІД-регуляторами: провідним і веденим (рис. 2.4). Ведений контур регулювання каскадної системи буде виявляти неузгодженість раніше і дозволить зменшити час,

потрібний для усунення відхилення. У цьому випадку контур регулювання буде «ділити» запізнювання і зменшуватиме вплив збурення на процес.

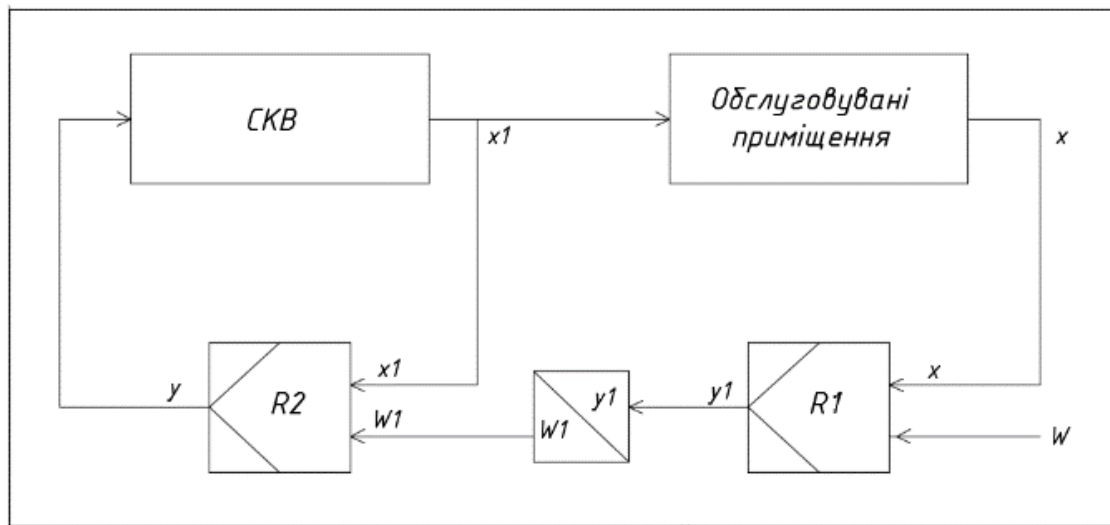


Рисунок 2.4 – Схема каскадного регулювання

До провідного ПІД-регулятора $R1$ (рис. 2.4), слід подавати завдання та показники датчика температури, який знаходиться у приміщенні. Його слід зробити досить «повільним» за допомогою коефіцієнтів k_p, k_I, k_D (2.1), що забезпечить реакцію на відхилення з малим кроком.

Для того, щоб ведений ПІД-регулятор $R2$ (рис. 2.4) мав змогу коректної праці, слід подавати результати провідного ПІД-регулятора (замість завдання), та показники датчика температури який знаходиться на виході з кондиціонера. Його також необхідно зробити «швидким», щоб він міг швидко реагувати на зміну значень датчика, відносно завдання [20].

Для запропонованої схеми (рис. 2.4) коефіцієнти ПІД-регулятора $R1$ можна визначити у такий спосіб. Знаючи фінальне завдання y та фінальне значення температури x , знайдемо коефіцієнт посилення процесу $K = y / x$. Мінімальний час E , за який ПІД-регулятор здатний привести значення на виході, до заданого значення (завдання) W : $E = T + b$ (де T – часова змінна процесу; b – час запізнення реакції процесу).

З урахуванням цього відповідні значення коефіцієнтів ПІД-регулятора $R1$:

$$K_P = \frac{2T + b}{K(2E + b)}. \quad (2.2)$$

$$K_I = T + \frac{b}{2}, \quad (2.3)$$

$$K_D = \frac{Tb}{2T + b}. \quad (2.4)$$

Об'єднаємо отримані коефіцієнти (2.2)–(2.4) в моделі ПІД-регулятора:

$$y_I(t) = \frac{2T + b}{K(2E + b)} e(t) + \left(T + \frac{b}{2}\right) \int_0^t e(t) dt + \frac{Tb}{2T + b} \frac{de(t)}{dt}. \quad (2.5)$$

Співвідношення (2.2)–(2.5) будуть справедливими і для веденого ПІД-регулятора $R2$ з урахуванням того, що час E для нього, повинен бути у декілька разів меншим ніж для провідного регулятора $R1$.

Однак, виробничі приміщення зазвичай мають досить велику площу, а технічне обладнання яке створює тепловиділення та виділяє у повітря шкідливі частинки, розташовано нерівномірно. Таким чином датчик температури який розташовується в приміщенні, може передавати некоректні дані. Наприклад, якщо датчик розміщений над технічним обладнанням, то його данні температури можуть бути завищеними відносно середньої температури в приміщенні [21].

Як вихід пропонується встановлювати не один датчик $TE1$, а декілька, в залежності від площі та форми виробничого приміщення, що дало встановлювати усереднене значення температури по всьому приміщенню (рис. 2.5).

Таким чином, за допомогою запропонованого компоновання датчиків $TE1$ і $TE2$ система кондиціонування і вентиляції має здатність значно точніше підтримувати температуру у виробничому приміщенні. СКВ орієнтуючись на значення датчика, що знаходиться на виході з кондиціонера, здатна миттєво

реагувати на відхилення та нагрівати чи охолоджувати повітря до температури, яка необхідна для технологічного процесу. При відхиленні завдання від температури у приміщенні, провідний ПІД-регулятор почне змінювати завдання на веденому ПІД-регуляторі, підвищуючи чи знижуючи його.

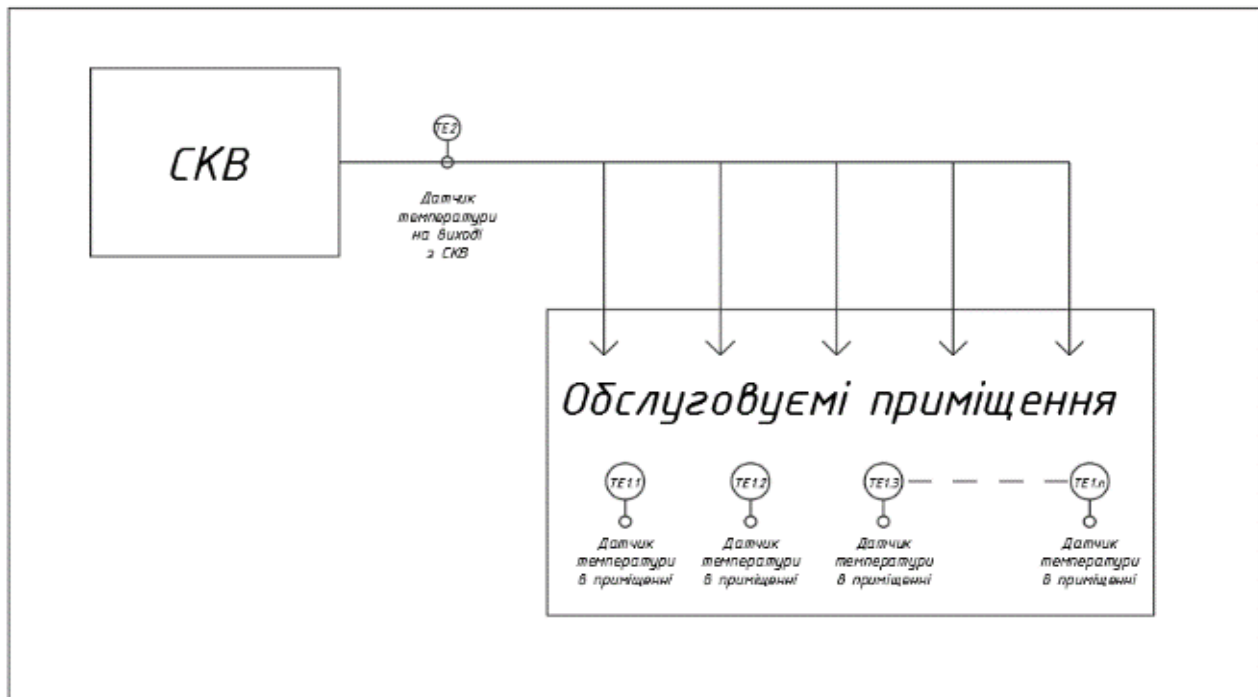


Рисунок 2.5 – Запропонована схема розміщення датчиків температури в приміщенні

Запропонована система з множиною датчиків температури та датчиків тиску, було випробувана у реальних виробничих умовах. СКВ складалась з рециркуляційної камери, секції фільтрів, водяного повітрянагрівача, водяного повітроохолоджувача та секції вентиляторів (рис. 2.6). Завдання системи полягало у підтримці температури і тиску у виробничому приміщенні в заданих межах.

Завдяки запропонованій компоновці система набула здатності точніше підтримувати температуру, тиск та очищувати повітря незалежно від пори року [19, 22].

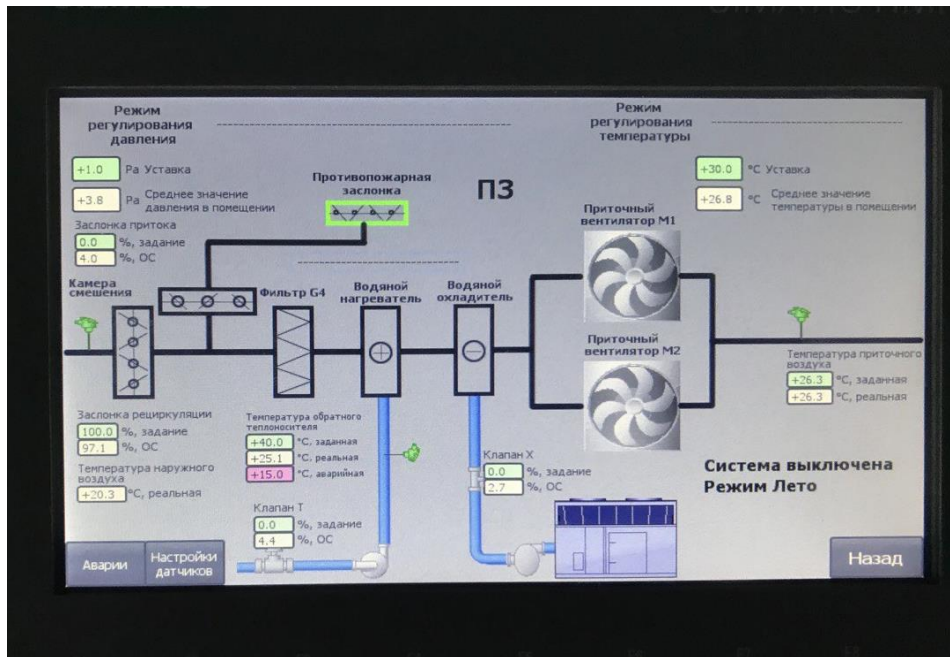


Рисунок 2.6 – Функціональна схема СКВ

Для підтримки температури та тиску було застосовано каскадне регулювання. По всьому приміщенню об'ємом 89150 м³ було встановлено по дев'ять датчиків тиску та температури (рис. 2.7).

Завдяки рівномірному розміщенню датчиків система визначає усереднені значення температури та тиску у приміщенні, що збільшує точність підтримки параметрів повітря, а також швидкість реагування системи на збурення [23].

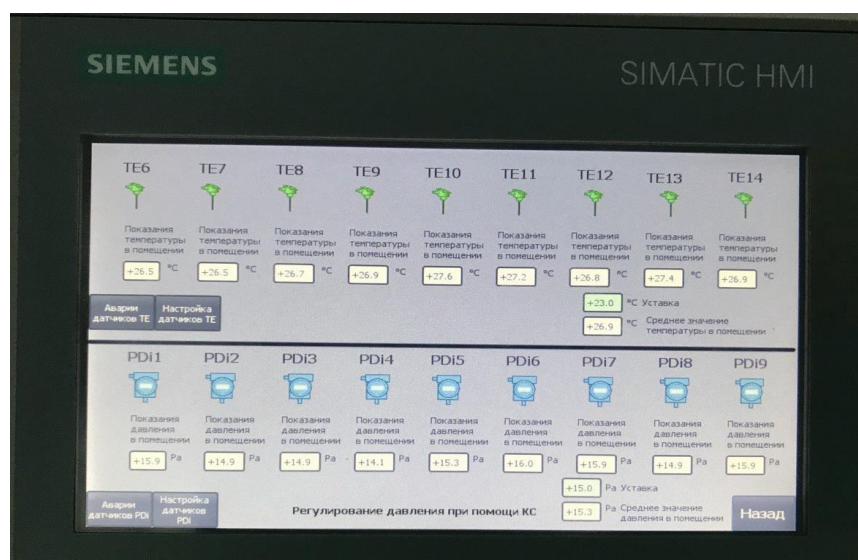


Рисунок 2.7 – Відображення датчиків температури та тиску

2.3 Висновки до другого розділу

У другому розділі були розглянуті основні види систем підтримки мікроклімату, проаналізовано їхні основні складові, за допомогою яких відбувається корегування параметрів мікроклімату. Було проаналізовано основні методи та алгоритми, за допомогою яких відбувається керування системами вентиляції. Виявлено основні недоліки сучасних методів керування ними.

На основі проаналізованих даних було запропоновано новий метод підтримки параметрів мікроклімату, на основі технології каскадного регулювання. Метод каскадного регулювання здатний підвищити якість та оперативність підтримки параметрів. Перевагою цього методу є його ефективність, адже він здатен підтримувати параметри мікроклімату на заданому рівні, не витрачаючи зайву енергію, при цьому суттєво підвищується точність підтримки параметрів мікроклімату.

Були встановлені співвідношення для обчислення значень коефіцієнтів, від яких залежить швидкість реагування на зміни параметрів мікроклімату у виробничому приміщенні. Через те, що виробничі приміщення мають великі площі, запропоновано використовувати не один, а декілька датчиків контролю параметрів приміщення. Це дозволить підвищити точність, а також відмовостійкість усієї системи.

3 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ МІКРОКЛІМАТУ

3.1 Опис технічного завдання

Для реалізації запропонованого методу, каскадного регулятора, необхідно скласти технічне завдання, згідно якого буде проведена автоматизація та реалізація даного методу.

Дане технічне завдання першочергово потрапляє до проектного відділу від головного інженера підприємства. Після чого проектним відділом розраховується та проектується система.

Опис технічного завдання. У приміщенні передбачається припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням. Згідно технічного завдання, кратність в приміщенні прийнята 5 крат.

Запроектвані 2 припливні установки з рециркуляцією. Передбачається подача свіжого повітря у розмірі 20% від загальної кількості. Припливні установки обладнуються фільтром G4, водяним калорифером та повітроохолоджувачем, фільтром F9, шумоглушником. Теплоносій – вода, з параметрами 70-50°C, холодоносій – пропіленгліколь 40% з параметрами 7-12°C. Витяжні вентилятори В1 і В2 працюють як загальнообміна вентиляція. В приміщенні підтримується надлишковий тиск 15Па, при такому тиску втрати крізь нещільності дверей становить 12000 м³/год.

Повітропроводи свіжого повітря та припливні повітропроводи ізолюють мінеральною ватою та озокожущуються матеріалом з оцинкованої сталі. Рециркуляційне повітря надходить у вентиляційну установку безпосередньо, повітропроводи не передбачаються. Припливні установки розміщуються на антресолі на позначці 3,6м у вісях (Н-П,19-21) (рис. 3.1), та підключаються до діючої системи тепlopостачання. Установки обладнанні змішувальними вузлами.

Чергове опалення передбачено на випадок, коли в цеху немає виробництва. Підтримувана температура в черговому стані +5°C за допомогою повітряно-

опалювальних агрегатів. Теплоносій – вода, з параметрами 70-50°C. Трубопроводи системи проложити відкрито в ізоляції, товщиною 32 мм.

Згідно даного, технічного завдання, було розроблено проектну документацію, паспорти та характеристики обладнання, прикладаються. Було створено план-схему приміщення з розміщенням систем та повітроводами (рис. 3.1).

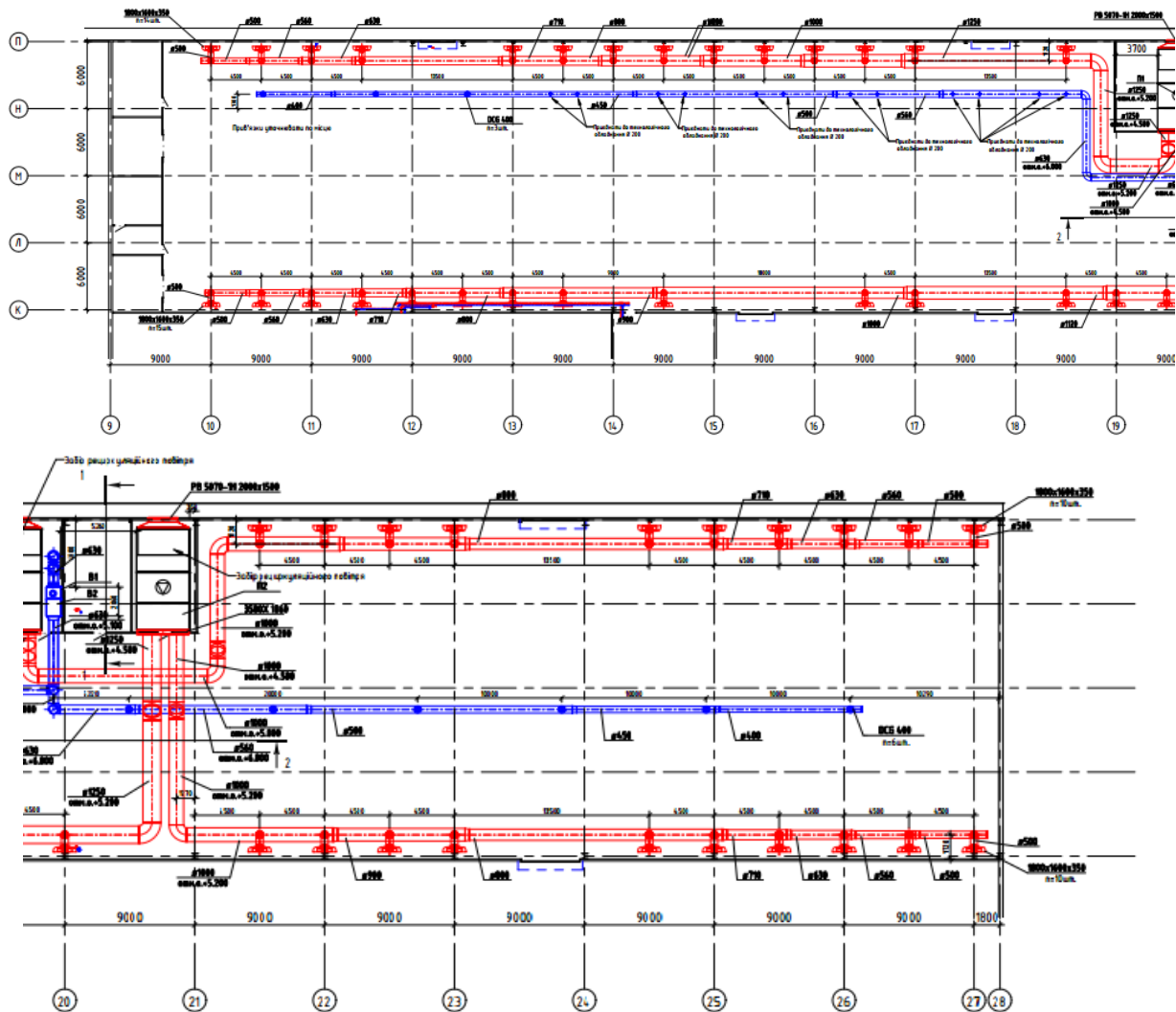


Рисунок 3.1 – План системи вентиляції

Було створено принципову схему вентиляції та кондиціонування (рис. 3.2), представлені основні секції припливних систем П1 та П2. Відображено витяжні системи В1 та В2. Також відображено повітряно-опалювальні агрегати А1-А10.

На основі цих даних було створено технічне завдання для системи автоматизації. Виходячи цього технічного завдання буде проведена автоматизація систем П1, П2, В1, В2 та А1(10), що приведені на рисунки 3.2, згідно діючих норм та стандартів. Функціональні схеми автоматизації приведено на рисунку 3.3, відображено аналогові та дискретні входи (виходи). На основі кількості сигналів аналогових та дискретних, які необхідні для автоматизації, буде підбиратися контролер з модулями.

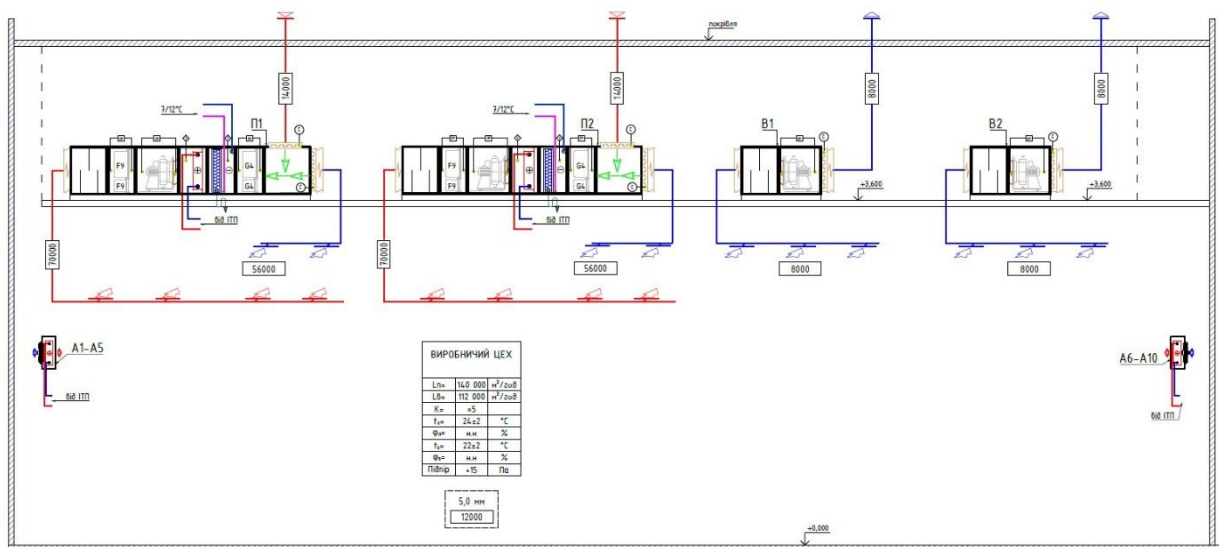


Рисунок 3.2 – Системи вентиляції П1, П2, В1, В2, А1(10)

3.2 Технічне завдання для системи автоматизації

Вентиляція в приміщенні складається з двох припливних установок (П1 і П2) і двох витяжних вентиляторів (В1 і В2).

Припливні установки П1 і П2 є ідентичними і складаються з наступних секцій: рециркуляційної секції; секції водяного повітроохолоджувача; секції калорифера; вентиляційної секції; і секцій з фільтрами. Також в приміщенні, знаходяться десять тепловентиляторів (А1-А10) чергового опалення.

Надалі алгоритм роботи буде розглянуто на прикладі припливної установки П1. Алгоритм роботи установки П2 є аналогічним.

3.2.1 Підтримка надлишкового тиску в приміщенні

Підтримка надлишкового тиску проводиться первинне рециркуляційною камерою, якщо камера доходить до граничних відсотків відкриття, і при цьому не забезпечується потрібний тиск у приміщенні, то застосовується регулювання витяжними вентиляторами, як другий ступінь. За допомогою рециркуляційної камери, проводиться підтримка надлишкового тиску в приміщенні, для цього роблять підмішування зовнішнього повітря з рециркуляційним. Заслінка зовнішнього повітря, регулюється в межах 10-50% відкриття, заслінка рециркуляції знаходиться завжди в протифазі до зовнішньої заслінки. Після запуску система включається алгоритм регулювання тиску повітря в приміщенні. Система порівнює реальний тиск повітря в приміщенні з уставкою, і змінює положення заслінок камери рециркуляції.

Вимірюється тиск в приміщенні за допомогою датчиків тиску PDi1 – PDi9, рівномірно розподілених по всій довжині приміщення. Підтримується тиск, виходячи з середнього значення всіх датчиків. Якщо один з датчиків показує тиск нижче 5 Па, то регулювання тиску починається щодо нього, а не щодо середнього значення тиску в приміщенні.

Рециркуляційні камери установок П1 і П2 жорстко заблоковані, вони обидві впливають на регулювання тиску своїми заслінками, тому що кожна установка однаково впливає на тиск в усьому приміщенні.

За допомогою витяжних вентиляторів В1 і В2 проводиться видалення шкідливих частинок від обладнання цеху. Також ці вентилятори є другим ступенем підтримки надлишкового тиску, якщо установки П1 і П2 не здатні впоратися з цим завданням.

Вентилятори працюють на 50% від номінальних обертів. Якщо припливні заслінки зовнішнього повітря камер рециркуляції установок П1 і П2 дійшли до свого мінімуму закриття (10% – мінімальний підмішування зовнішнього повітря), а тиск все ще перевищує уставку, то витяжні вентилятори починають підвищувати обороти, до тих пір, поки тиск не дійде до уставки. Якщо припливні заслінки

зовнішнього повітря установок П1 і П2, дійшли до свого максимуму відкриття (50% – максимальний підмішування зовнішнього повітря), а тиск нижче уставки, то витяжні вентилятори починають знижувати оберти, поки тиск не зрівняється з уставкою.

3.2.2 Підтримка температури в приміщенні

За замовчуванням працює каскадна схема регулювання температури приміщення через температуру припливного повітря. Тобто контролер порівнює виміряну температуру приміщення з уставкою, і при наявності розбіжності зрушує уставку температури припливного повітря так, щоб в результаті досягти заданої температури в приміщенні. Це виконує провідний ПД-регулятор. Провідний же ПД-регулятор отримує від ведучого обчислену уставку припливного повітря, порівнює її з вимірною температурою припливного повітря, і регулює потужність нагріву або охолодження за необхідністю.

Вимірюється температура приміщення за допомогою датчиків температури ТЕ6 – ТЕ14, рівномірно розподілених по всій довжині приміщення. Визначення температури приміщення відбувається за середнім значенням показань всіх датчиків.

Якщо є потреба в нагріві, проводиться регулювання температури припливного повітря установки П1 за допомогою насоса і триходового клапана вузла змішування калорифера.

При виході триходового клапана калорифера в мінімальне положення регулювання нагріванням припиняється, і система буде знаходитися в режимі «Перехід», тобто не гріти і не охолоджувати повітря, поки знову буде потрібно нагрів або охолодження припливного повітря.

Якщо ж є потреба в охолодженні, то після режиму «Перехід», система за допомогою триходового клапана вузла змішування водяного повітроохолоджувача управляє його потужністю. При виході клапана в максимальне положення регулювання припиняється, і система буде знаходитися в режимі максимального

охолодження, а якщо потреба в холоді буде зменшуватися, то система буде закривати триходовий клапан повітроохолоджувача аж до повного закриття, і тоді повернеться в режим «перехід».

За допомогою тепловентиляторів проводиться підтримання температури в приміщенні цеху, коли установки П1 і П2 вимкнені (чергове опалення). Температура підтримується на рівні $+ (5 - 7) ^\circ\text{C}$.

В момент включення чергового опалення, кожен з датчиків температури (TE6–TE14), починає контролювати температуру повітря в зоні роботи двох тепловентиляторів. Підтримка заданої температури в зоні дії датчика виробляється за допомогою включення і відключення електродвигунів цих двох тепловентиляторів. Циркуляція води через тепловентилятори забезпечується постійно при температурі зовнішнього повітря нижче $+ 10 ^\circ\text{C}$ (відповідальність контролера ІТП), тепловіддача тепловентиляторів забезпечується включенням електродвигунів вентиляторів.

3.2.3 Захисні, загальні та допоміжні функції

При першому запуску контролера система автоматизації мікроклімату приміщення (у подальшому система) знаходиться в режимі «Виключено».

При надходженні команди на запуск, кнопкою «Пуск» на передній двері шафи управління, або з виносного екрану на двері шафи управління віртуальної кнопкою «Пуск», система почне працювати, виконуються алгоритми, закладені в контролер.

Зупинити систему можна кнопками «Стоп» на передній двері шафи управління, або з виносного екрану на двері шафи управління, віртуальної кнопкою Стоп.

Якщо запуск виконується при температурі зовнішнього повітря нижче $+5 ^\circ\text{C}$, то система перед запуском вентиляторів припливної установки П1 виконує прогрів калорифера (повним відкриттям триходового клапана і працюючим насосом). Причому, якщо після прогріву температура зворотного теплоносія не піднялася

вище заданої, то формується аварія «Недогрів», установка П1 не включає, і буде прогрівати теплообмінник до тих пір, поки не встановиться нормальне теплопостачання. Після цього установка П1 запускається. Якщо визначився режим «Літо», то попередніми прогрів не проводиться.

Режимі «Зима», при працюючій установці П1, система контролює температуру зворотного теплоносія, і, якщо вона опускається нижче мінімального значення, система вимикає установку П1 по аварії «Загроза заморозки калорифера по воді».

Також контролюється стану реле загрози заморозки калорифера (термостат), якщо температура повітря після калорифера знижується нижче $+ 8^{\circ}\text{C}$, реле спрацьовує, і установка зупиняється по аварії «Загроза заморозки калорифера по повітрю». Аналогічна аварія при тих же умовах формується по датчику температури припливного повітря.

Якщо система вимкнена, і визначено режим зима, то виконується захистівний алгоритм проти заморожування калорифера – підтримка заданої температури зворотного теплоносія калорифера (включеним насосом і регулювання триходовим клапаном калорифера).

Після відновлення нормального теплопостачання система попередньо прогріває калорифер П1, після чого припливна установка П1 виконує рестарт і відновлює свою роботу.

Вентилятори установки П1 працюють на номінальних оборотах. За допомогою частотних перетворювачів проводиться плавний пуск і зупин вентиляторів, а також контроль основних параметрів електродвигуна. Після запуску системи, вентилятори П1 запускаються з затримкою, так як необхідний час для відкриття заслінок рециркуляційної камери.

Забруднення фільтрів контролюється реле перепаду тиску. У разі надмірного забруднення, буде поданий застережливий сигнал, який можна буде побачити на дверях щита управління, у вигляді лампи що постійно світиться жовтим, або на виносному екрані, який знаходиться на дверях щита управління, у вигляді напису.

Витяжні вентилятори В1 и В2 керуються за допомогою частотних перетворювачів проводиться плавний пуск и зупинка, и контроль основних параметрів електродвигуна, а також передається завдання на зміну обертів.

Після запуску системи, витяжні вентилятори запускаються з затримки, так як необхідний час на відкриття витяжних заслінок.

При надходженні сигналу «Пожежа» (розімкнутий контакт пожежної сигналізації) з затримкою в 3-5 секунд відбувається повне знеструмлення шафи автоматики шляхом виключення ввідного автомата незалежним контактом. Як і повторних включення системи можливо тільки після зникнення сигналу Пожежа (замкнутий контакт пожежної сигналізації), а також після ручного зведення ввідного автомату.

Якщо при пропажі електропостачання шафи, система працювала, то після відновлення електропостачання система повторно запуситься в автоматичному режимі з затримкою на рестарт

3.3 Основні схеми автоматизації системи вентиляції

Було проведено автоматизацію систем згідно технічного завдання. Функціональна схема має наступній вигляд (рис. 3.3).

Данні функціональні схеми (рис. 3.3), призначені для пояснення процесів що відбуваються в системі. За допомогою цих схем є можливість точного підрахунку усіх сигналів, які необхідні для точного та правильного керування системою, від шафи управління. На основі цих сигналів, тобто кількості дискретних або аналогових, входів та виходів, відбувається підбір контролера з додатковими модулями. Після підбору контролера, з допоміжними модулями, та усіх керуючих приладів (частотних перетворювачів, електроприводів, датчиків, тощо). Необхідно накреслити принципову електричну схему, силової частини (рис. 3.4) та електричну принципову схему, сигнальної частини (рис. 3.5). За допомогою даних схем відбувається збірка щита керування, а також подальше його обслуговування.

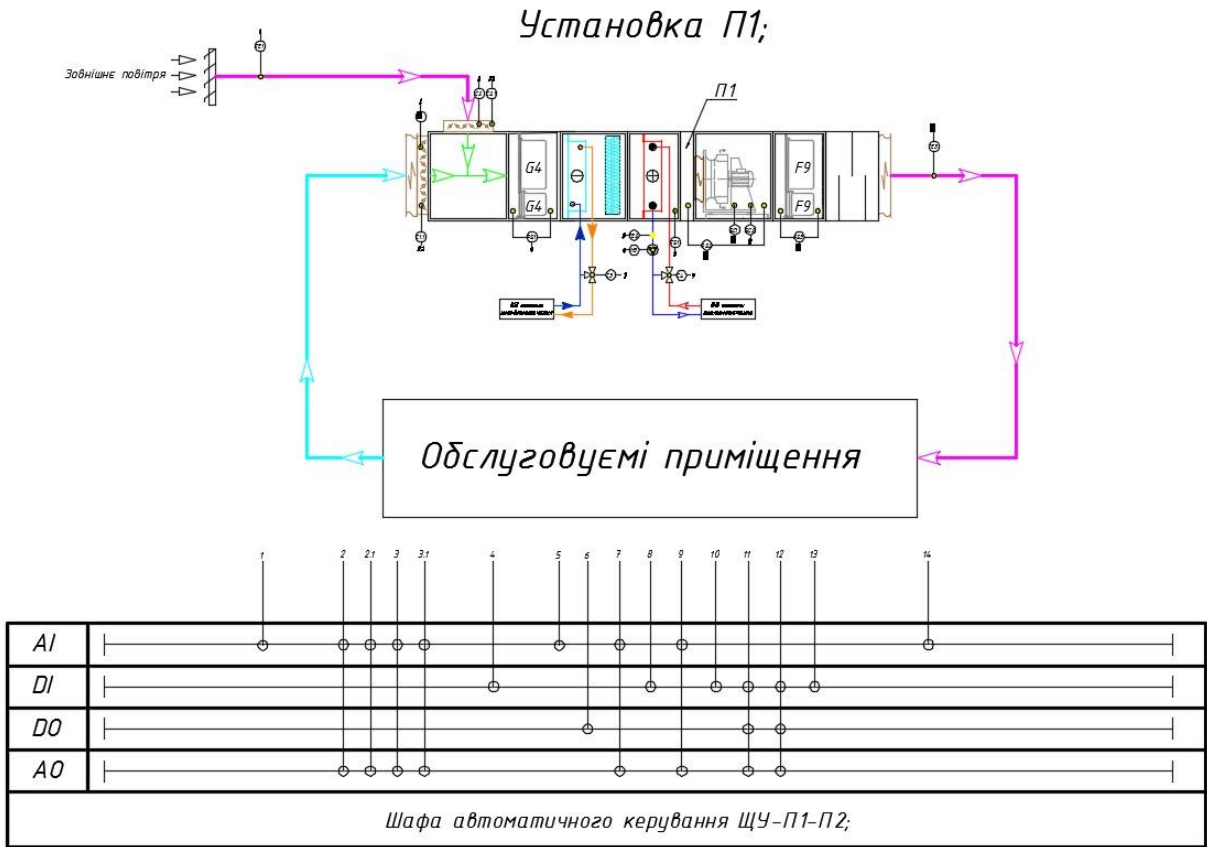


Рисунок 3.3 – Функціональна схема автоматизації

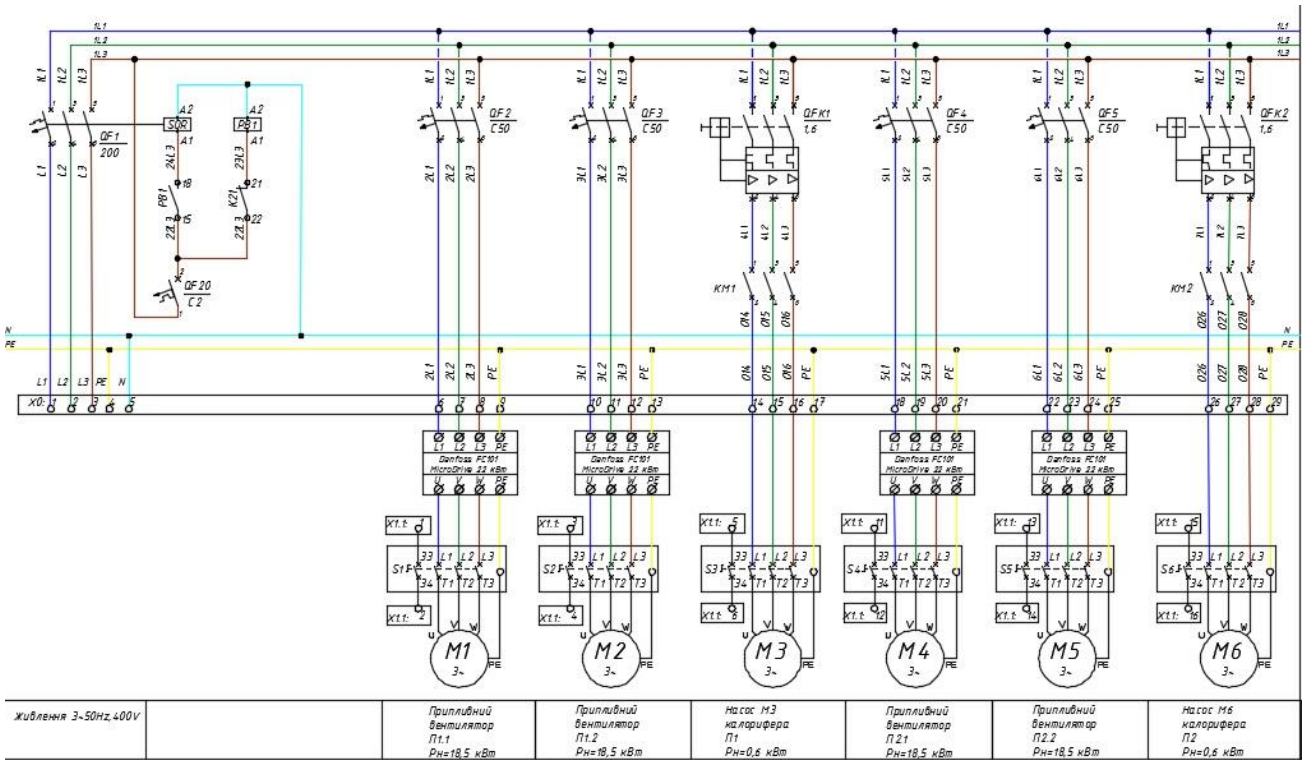


Рисунок 3.4 – Електрична принципова схема

Схема загального вигляду щита керування, необхідна для розуміння розміщення елементів. Усі з'єднання елементів шафи керування відбуваються за допомогою дроту «ПВЗ», прокладання дротів відбувається в перфорованих коробах, кріплення до монтажної панелі елементів здійснюється за допомогою DIN-рейки (рис. 3.7). Щит керування складеться з двох з'єднаних щитив розміри яких становлять 1800×800 мм. Ліва частина щита керування має силову складову, тобто ввідний автоматичний вимикач, автоматичні вимикачі виконавчих механізмів та контактори, що керують виконавчими механізмами. Права частина використовується для розміщення контролера з модулями розширення, та клемних рядів. Клемні ряди призначені для з'єднання сигналів від контролюючих елементів периферійної частини, з аналоговими або дискретними, входами контролера. А також для з'єднання вихідних сигналів контролера з виконавчими механізмами.

На дверях щита управління розміщений головний екран системи, на ньому відображається основні данні роботи системи, її параметри та стан системи (відображення аварії у разі їх виникнення). Візуальна індикація стану системи за допомогою ламп.

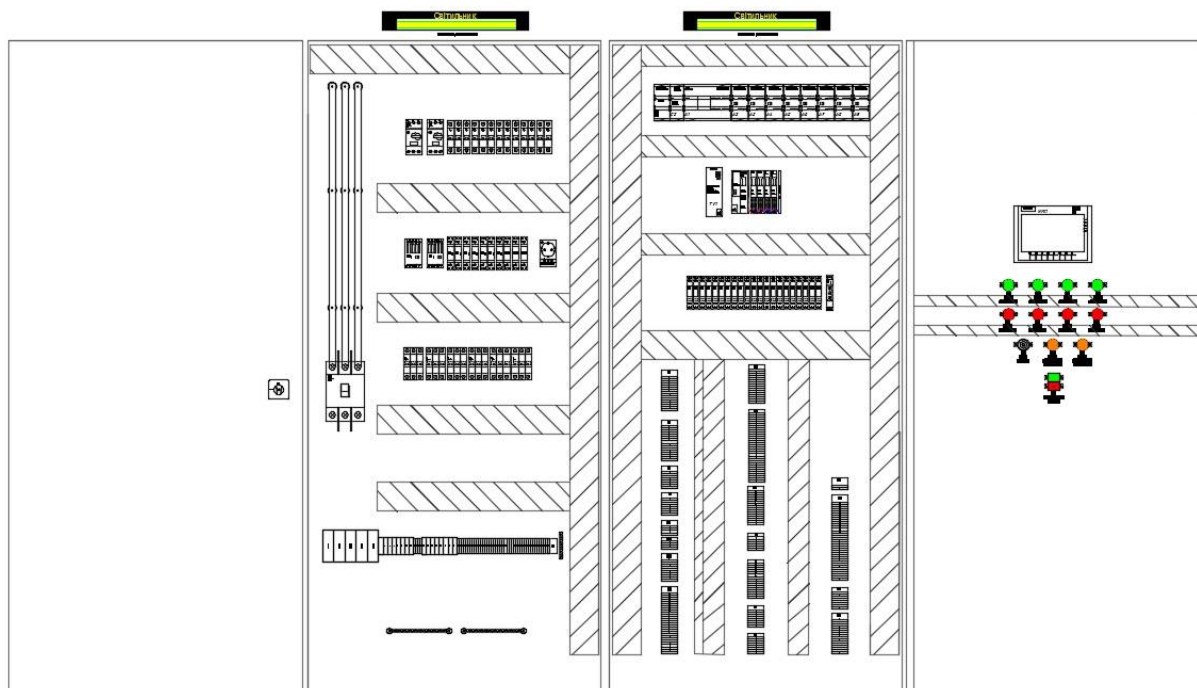


Рисунок 3.7 – Схема щита керування

3.4 Висновки до третього розділу

У третьому розділі було описано технічне завдання на розробку системи, яка буде здатна задовольнити усім висунутим до неї вимогам. Було створено технічне завдання для системи автоматизації, описані основні функції, які необхідні для вирішення поставлених задач, здійснено автоматизацію створеної системи.

На його основі були розроблені основні схеми, за допомогою яких у подальшому буде створений щит керування, а також проведені кабелі живлення та управління до виконавчих та контролюючих механізмів.

Запропонована система автоматизації здатна підтримувати температуру та надлишковий тиск у будь-яку пору року. Це стає можливим завдяки секціям нагрівання та секціям охолодження. Надлишковий тиск створюється завдяки рециркуляційній камері. Якщо заслінки камери змішування вийшли в граничні положення, завдання на підтримки тиску переходить на витяжні вентилятори.

4 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ КАСКАДНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

4.1 Вибір контролера, опис середовища програмування

Для написання програмної частини необхідно визначитися з контролером, адже кожен контролер має своє програмне середовище, а також мову на якій буде написано програму. В даному випадку обрано контролер фірми Siemens, контролер серії S7 1200. Цей контролер має 14 дискретних входів, 10 дискретних транзисторних виходів та по 2 аналогових входів, виходів. Має здатність приєднати до нього 8 модулів, інтерфейсний модуль з розширення до 32 модулів та здатний виводити та приймати данні з панелі оператора.

В даному проекті було задіяно контролер та 13 модулів разом з панеллю оператора. Загальна кількість сигналів становить, 46 дискретних входів, 42 дискретних виходів, 26 аналогових входів та 18 аналогових виходів.

Тобто загальна кількість сигналів становить 132, тому для цього проекту було прийнято рішення використовувати саме цей контролер. Однак є можливість використовувати і інші контролери, наприклад можна було використати контролер фірми RAUT серії МахуСon Flexy-S2, даний контролер як і контролер S7 1200, являється вільно програмований.

Контролер МахуСon Flexy-S2 в даному випадку використовувати недоцільно, не зважаючи на його меншу вартість та безкоштовне середовище програмування RAUT Qubix, програмний язык Function Block Diagram. Приклад програмного середовища наведено на рисунку 4.1. Графічне представлення створюється в програмі, є можливість виводити дані та вносити завдання, також виводяться аварії та створюється графічне представлення для системи. Дане програмне середовище є простим в освоєнні, однак це призводить до обмеження функції.

Для втілення даного проекту слід використовувати контролер Siemens а саме S7 1200, програмне середовище TIA Portal 15v.

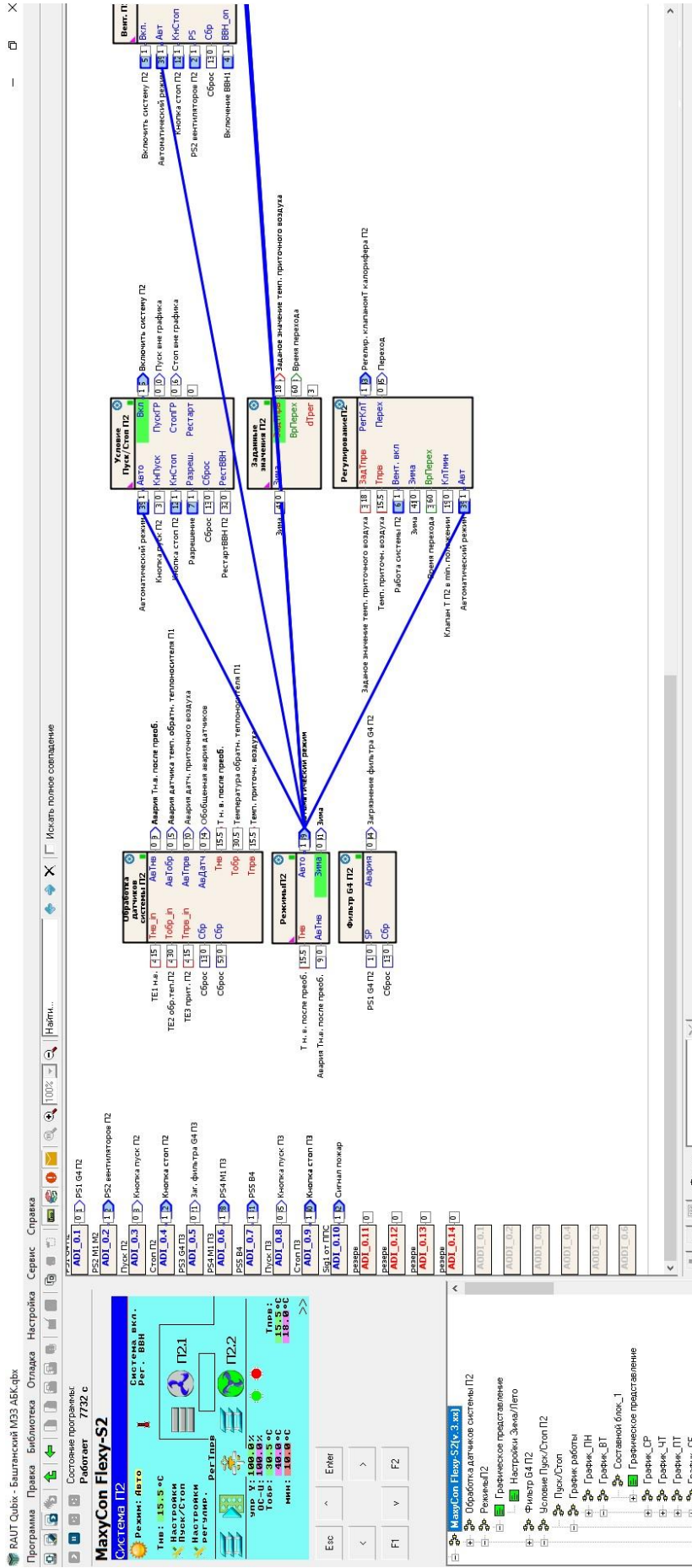


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд програмного середовища RAUT Qubix

Стандартними мовами є Function Block Diagram, Ladder Diagram, Statement List. Для написання програми будемо використовувати мову Function Block Diagram (рис. 4.2).

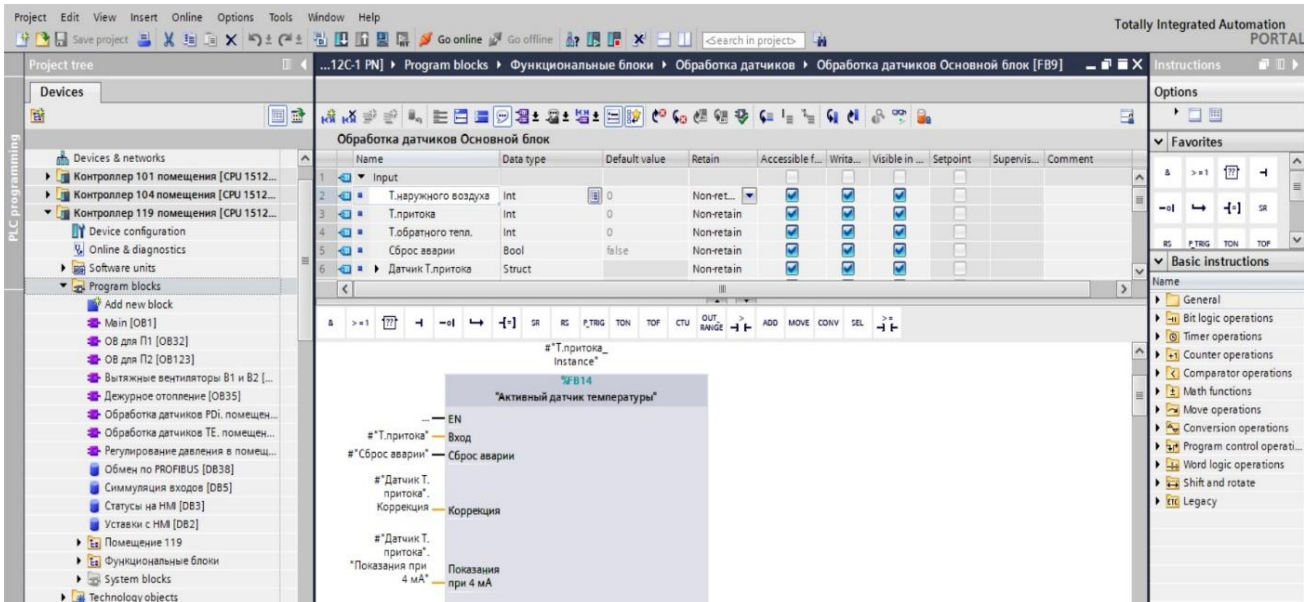


Рисунок 4.2 – Основна екранна форма програмного засобу

Програма має певну структуру, кожна з систем знаходиться в своєму організаційному блоці. Організаційні блоки для П1 та П2 в них знаходяться основні функціональні блоки, такі як «Обробка активних датчиків температури», блок «Режими зима/літо, та управління авто або ручний», блок «Система», блок «Фільтр притоку (витяжки)», блок «Вентиляторів», блок «Провідний ПД-регулятор», блок «Режим регулювання», блок «ВВН», блок «ВВО», блок «Камера змішування», а також блок «Аварії». За допомогою цих блоків відбувається контроль та управління усіма функціями системи П1 та П2.

Усі параметри, значення та графічні елементи виводяться на головний екран П1(П2), панелі оператора, та мають наступний вигляд (рис 4.3). За допомогою панелі оператора є можливість внесення нових значень для підтримки температури, тиску, або для налагодження системи. Також на усіх системних екранах відображаються аварії, їхній час появи та коротка назва аварії.

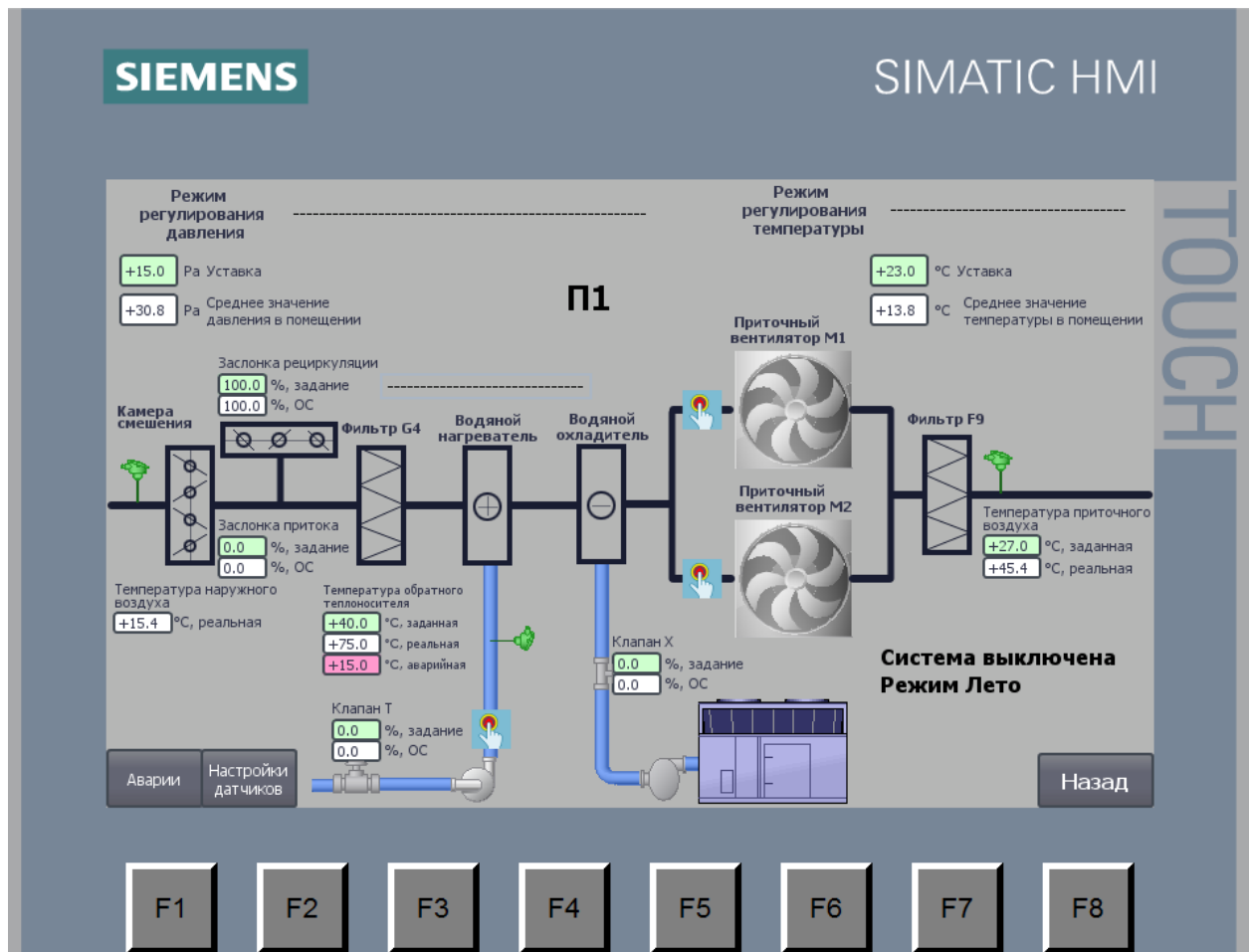


Рисунок 4.3 – Основной вид главного экрана П1(П2)

При натисканні на графічні елементи відбувається перехід на екран налаштування цього елементу. Так наприклад при натисканні на графічне зображення заслінок камери змішування, буде здійснено перехід на екран налаштування заслінок (рис. 4.4).

Організаційний блок витяжних вентиляторів В1 та В2 складається з чотирьох функціональних блоків, блоки «Витяжний вентилятор В1(В2)» та блоки «Дискретна заслінка В1(В2)». Основний екран витяжних вентиляторів зображений на рисунку 4.5, при натисканні на графічні елементи буде здійснюватися перехід до екрану налаштування.

Організаційні блоки «Чергового опалення», «Регулювання тиску», «Обробка датчиків температури в приміщенні» та «Обробка датчиків тиску в приміщенні», мають схожі функціональні блоки, а також свої екрани на які виводиться основні параметри та вносяться корегування.



Рисунок 4.4 – Экран наладки заслонок системы П1(П2)

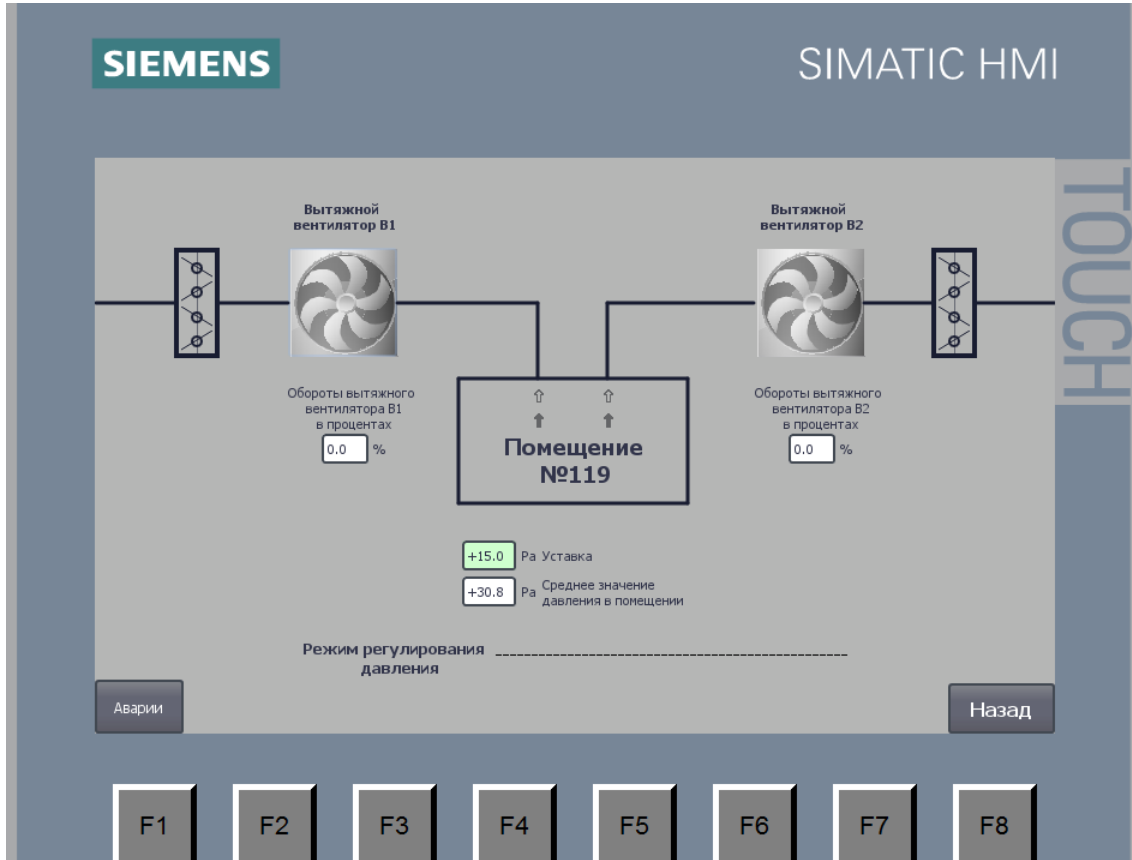


Рисунок 4.5 – Основной экран вытяжных вентиляторов

Усі організаційні блоки пов'язані між собою, так наприклад за допомогою блоку «Регулювання тиску», знаходиться виконавчий механізм за допомогою якого буде проводитися регулювання тиску (рис. 4.6).

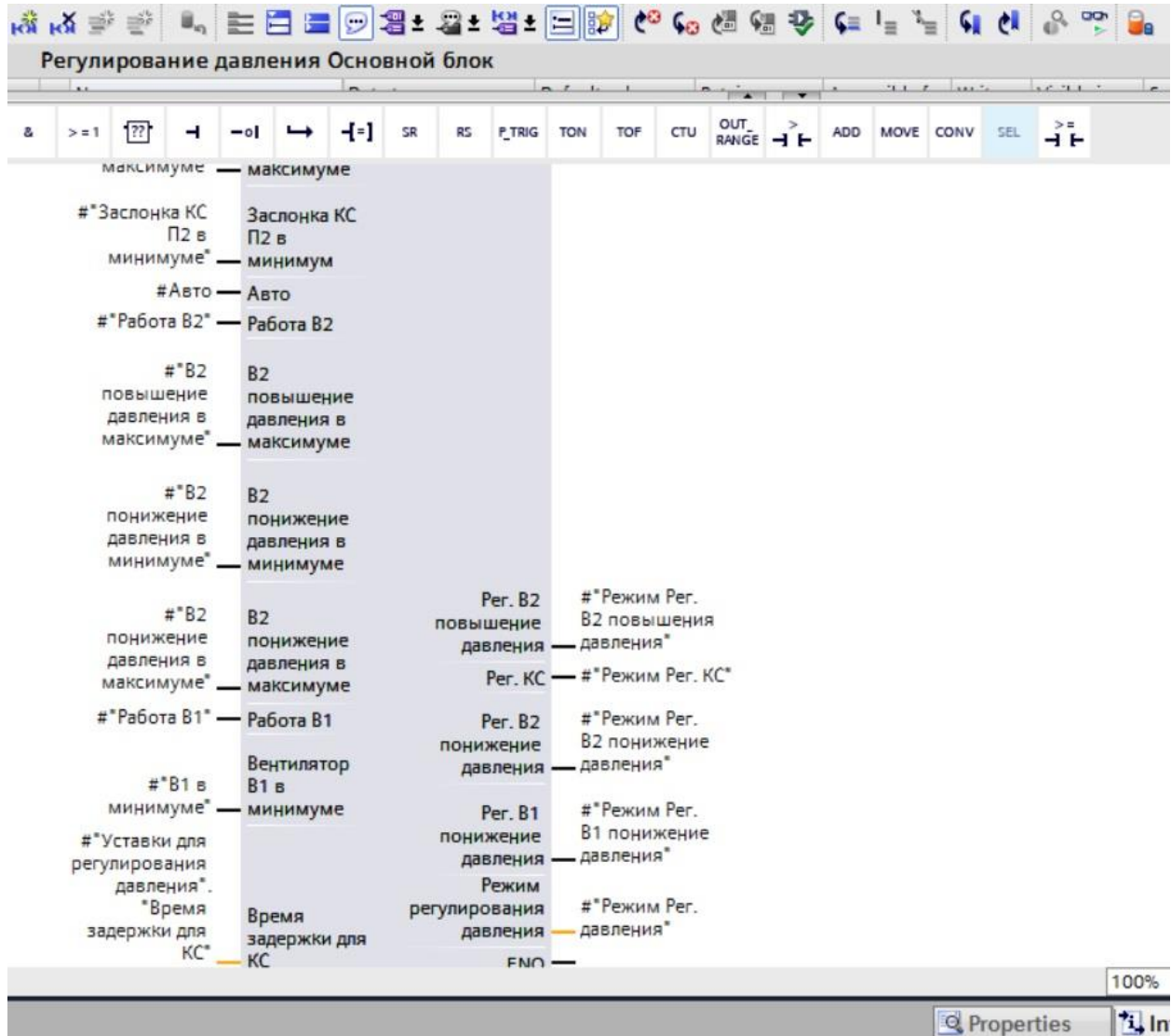


Рисунок 4.6 – Екранна форма налаштування тиску

Після того як визначається чим саме буде регулюватися тиск в приміщенні, сигнал дозволу на роботу певного механізму переходить в його організаційний блок. Цей сигнал формується лише в тому випадку якщо немає аварії цього механізму, тобто якщо виникла аварія В1 то регулювання тиску за допомогою нього буде заблоковано, якщо аварія виникла під час того як проводилося регулювання саме ним, то це завдання буде перекладено на інший виконавчий механізм.

4.2 Каскадне регулювання та програмна реалізація

Для регулювання температури в приміщенні за допомогою каскадного регулятора, було написано додатковий функціональний блок (рис. 4.7 – 4.10), та додатковий екран налаштувань для панелі оператора.

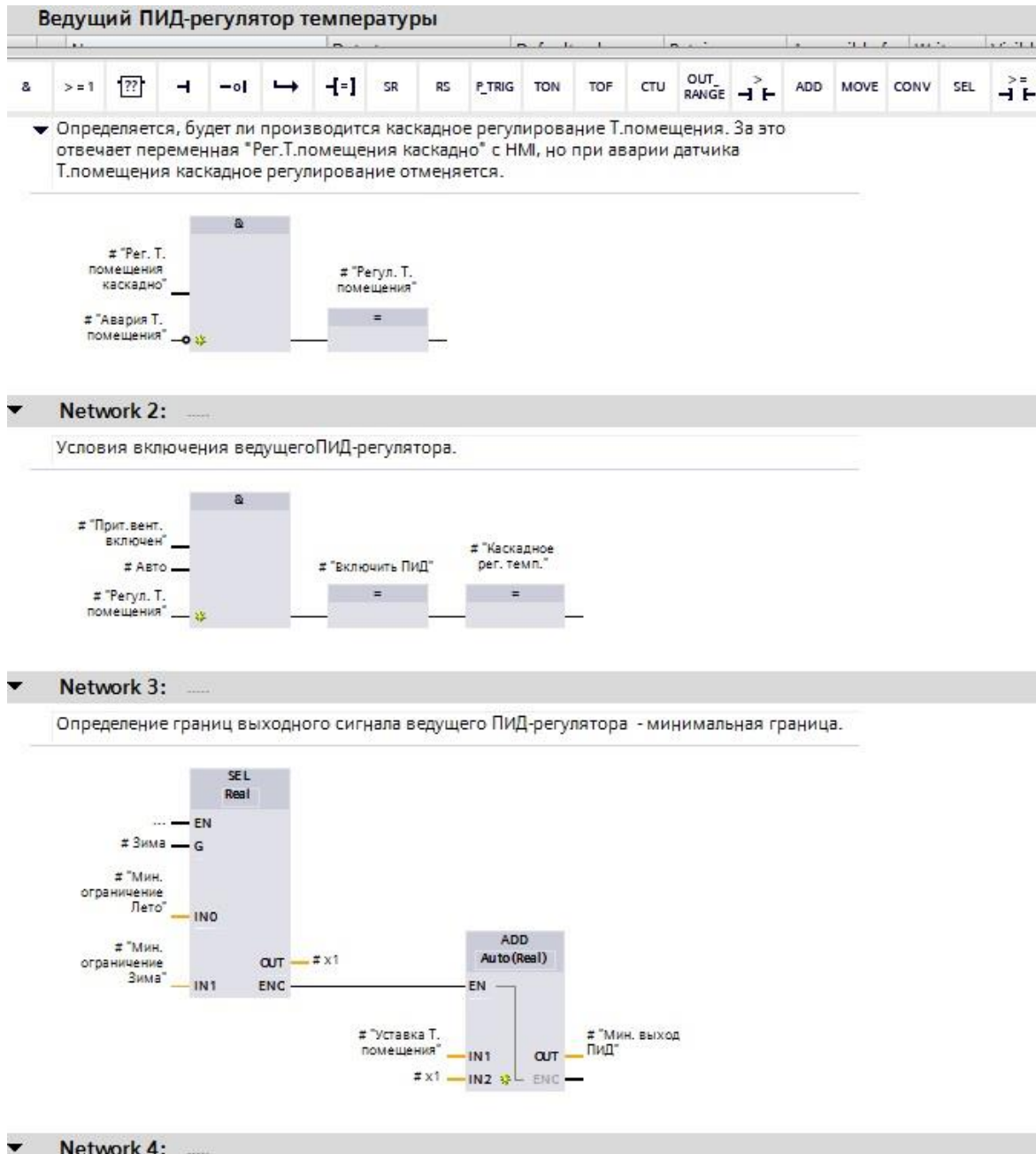


Рисунок 4.7 – Провідний ПИД-регулятор (Network 1-3)

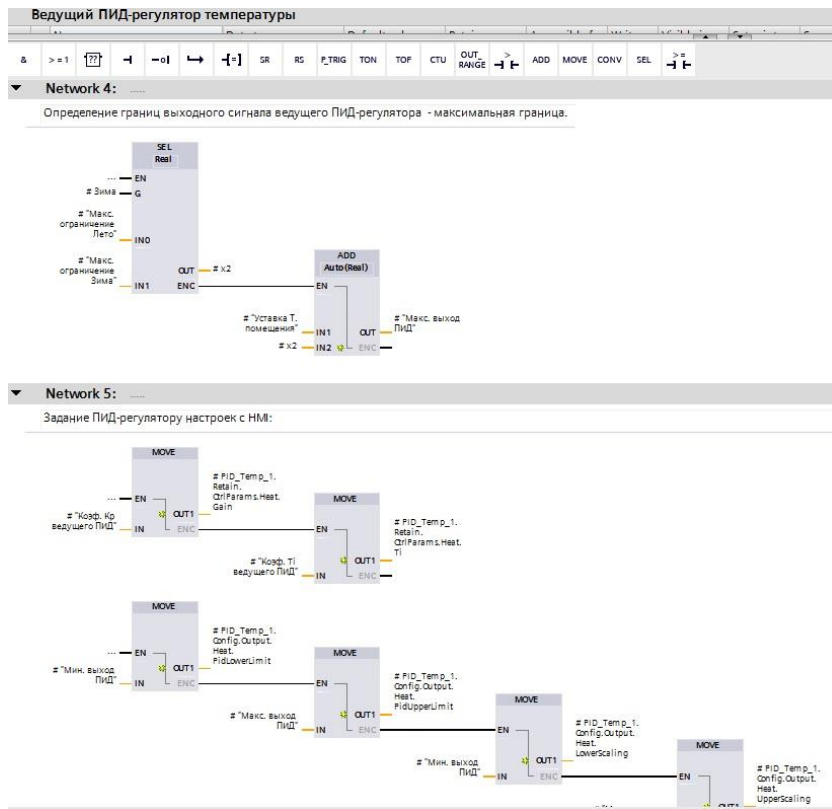


Рисунок 4.8 – Провідний ПИД-регулятор (Network 4-5)

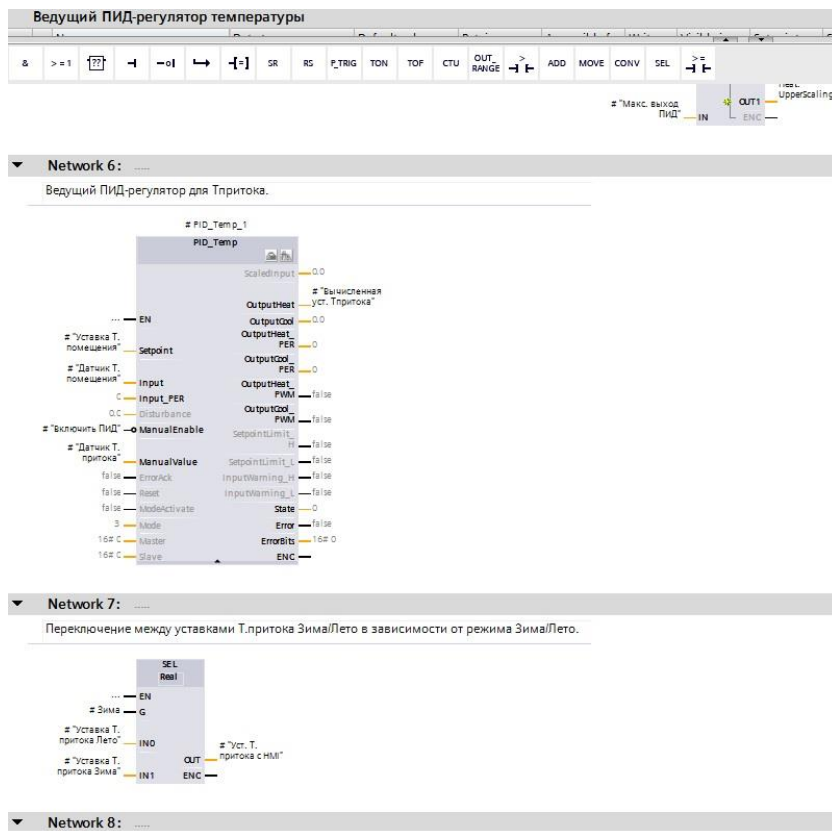


Рисунок 4.9 – Провідний ПИД-регулятор (Network 6-7)

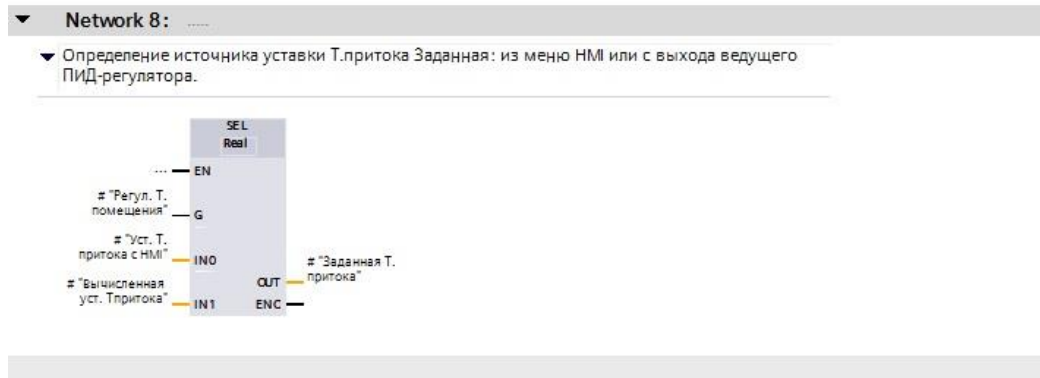


Рисунок 4.10 – Провідний ПІД-регулятор (Network 8)

За допомогою алгоритму що прописано в Network1, відбувається дозвіл на включення каскадного регулятора. Умови для його ввімкнення наступні, повинен бути дозвіл на його роботу з панелі оператора та не повинно бути аварії датчику приміщення, в нашому випадку аварія датчику приміщення формується у разі виходу зі строю відразу дев'яти датчиків.

У Network2, формуються умови для включення провідного ПІД регулятора, перша умова, повинен бути дозвіл з алгоритму Network1, друга умова повинен бути обраний автоматичний режим, що встановлюється в панелі оператора, третя умова це включення припливного вентилятора.

Network3, формуються умови для мінімальної границі, до якої провідний ПІД-регулятор, здатний зміщувати завдання провідного регулятора. Значення для режиму зима та літо задаються з екрану налаштувань на операторській панелі.

Network4, копіює Network3, однак знаходить максимальну границю зміщення.

Network5, вносить налаштування до провідного ПІД-регулятора.

Network6, провідний ПІД-регулятор, формує завдання для провідного регулятора, виходячи з встановленого завдання температури приміщення та його розбіжності з реальною температурою в приміщенні.

Network7, у разі вимкнення каскадного регулятора або аварії датчика температури приміщення, для провідного регулятора будуть встановлені значення з панель оператора, для періодів року зима та літо, вони мають різні значення.

Network8, в ньому формуються фінальне значення для провідного регулятора, або фінальне значення провідного регулятора, або завдання з панелі оператора.

На рисунку 4.11, ми бачимо основні налаштування провідного регулятора. Якщо каскадне регулювання буде вимкнено то завдання для веденого регулятора встановиться 26°C або 18°C, все залежить від пори року. Перехід з режиму «зима» в режим «літо», здійснюється автоматично по датчику температури зовнішнього повітря. У разі аварії датчика температури зовнішнього повітря, система автоматично встановить режим «зима», для захисту водяного калорифера від розмерзання.



Рисунок 4.11 – Экран для налаштування провідного ПІД-регулятора

4.3 Моделювання роботи системи

На рисунку 4.12 представлено початкові значення температури припливного повітря, та температури приміщення. На білому фоні виводяться реальні показання датчиків, а на зеленому фоні виводяться задані значення.

Ми бачимо що середнє значення температури в приміщення 13.8°C , однак завдання встановлено на рівні 23°C . Тому завдання для припливного повітря будуть збільшуватися, до поки не дійдуть до верхньої границі зміщення, або температура в приміщенні не почне дорівнювати 23°C . Триходовий клапан почав відкриватися, тобто кількість води що надходить до калорифера починає збільшуватися, що призведе до зміни температури припливного повітря. В певний момент система зможе увійти в баланс, провідний регулятор змістить завдання веденому регулятору, а той у свою чергу почне впливати на виконавчі механізми, щоб досягнути завдання що надходить.

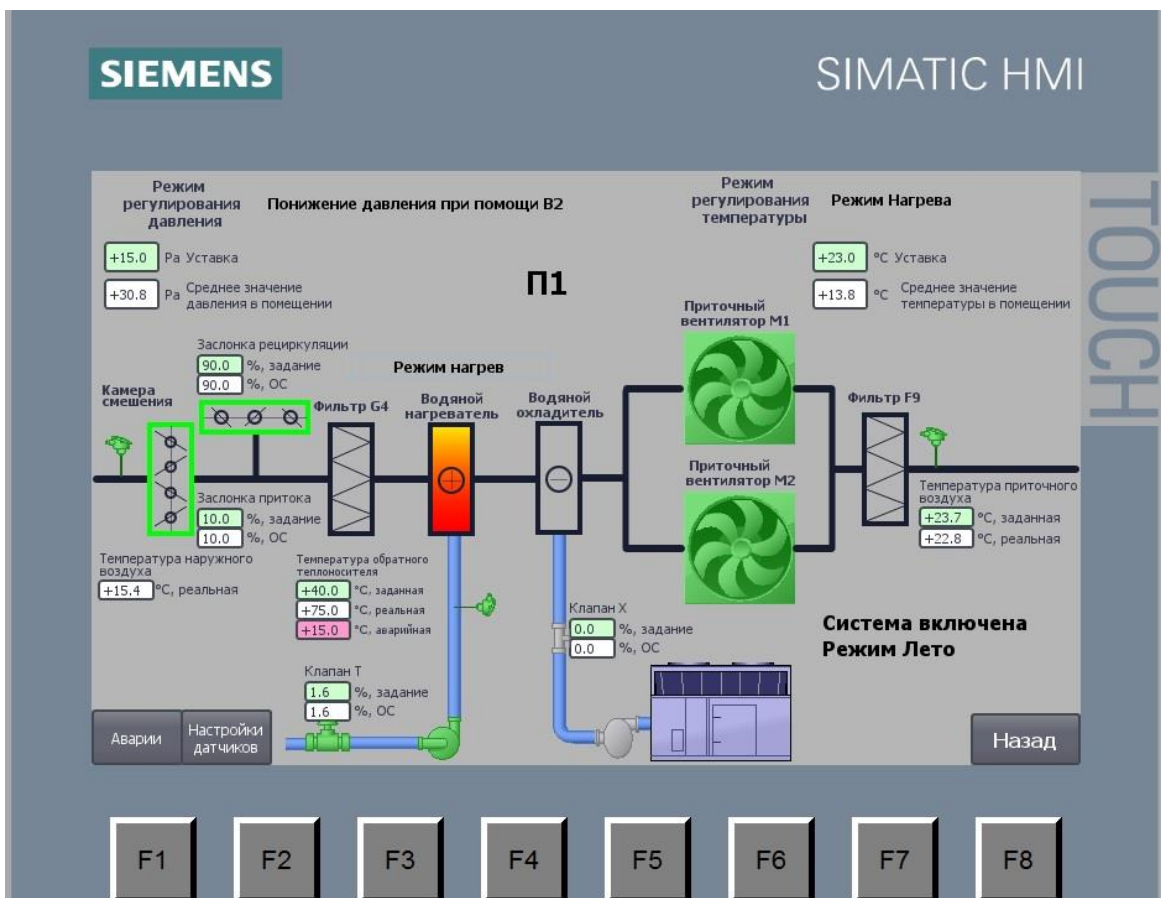


Рисунок 4.12 – Вікно моделювання роботи системи (початкові значення)

На рисунку 4.13, видно що провідний регулятор досяг максимальної границі зміщення, а саме на 4°C від завдання. Клапан продовжуватиме відкриватися, так як є різниця між завдання та реальними показаннями.

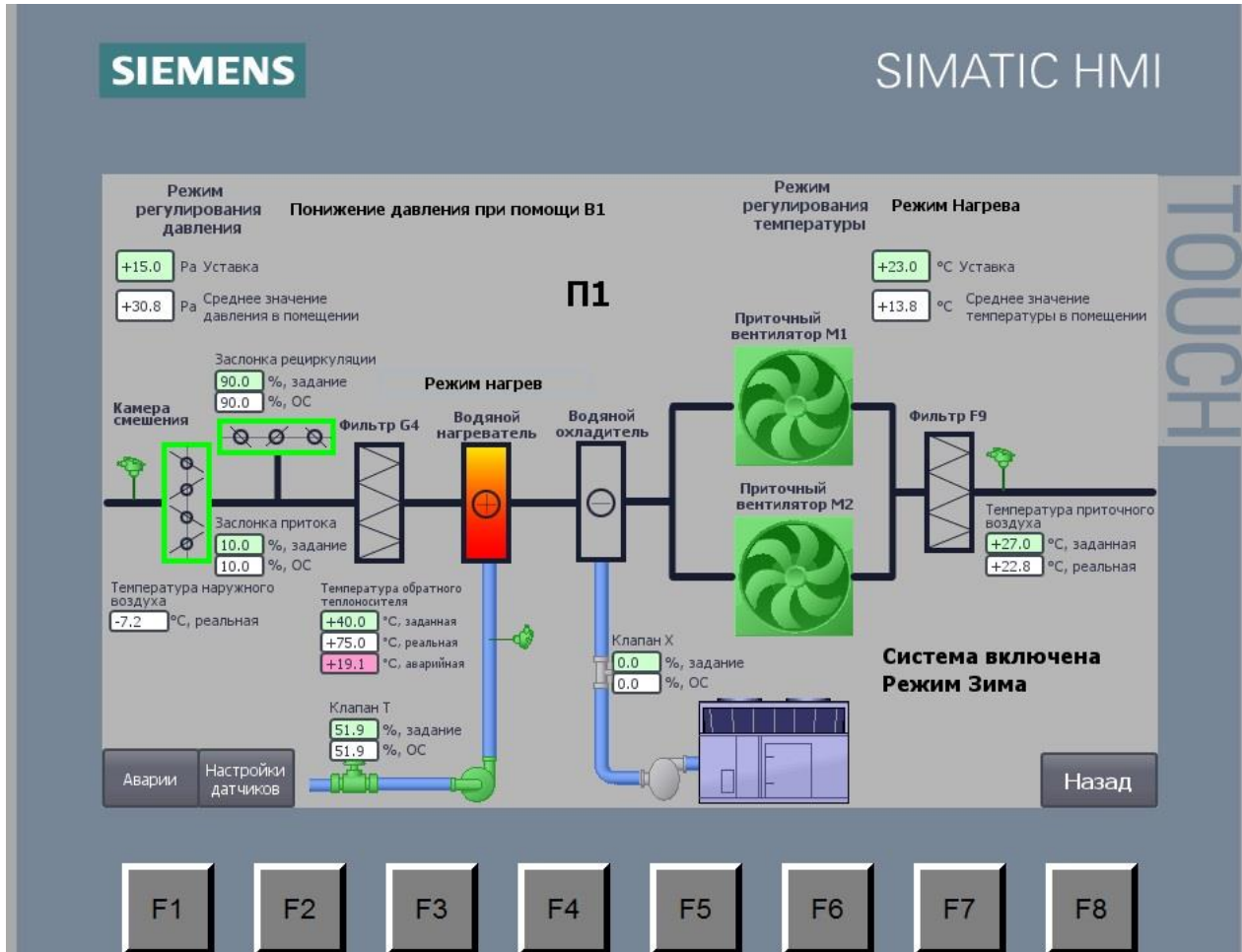


Рисунок 4.13 – Вікно моделювання роботи системи (досягнення граничного зміщення)

На рисунку 4.14, бачимо, що при досягненні встановленої температури приміщення, провідний регулятор змінив завдання веденому. Система вийшла в баланс, клапан зупинив своє регулювання оскільки температура притоку порівнялася з завданням.

В момент вимкнення каскадного регулювання, провідний регулятор припиняє передавати завдання до веденого регулятора, натомість завдання надходить з панелі оператора. Оскільки температура менше ніж $+5^{\circ}\text{C}$, система

здійснила перехід в режим зима, то для припливного повітря встановилось завдання в $+26^{\circ}\text{C}$.

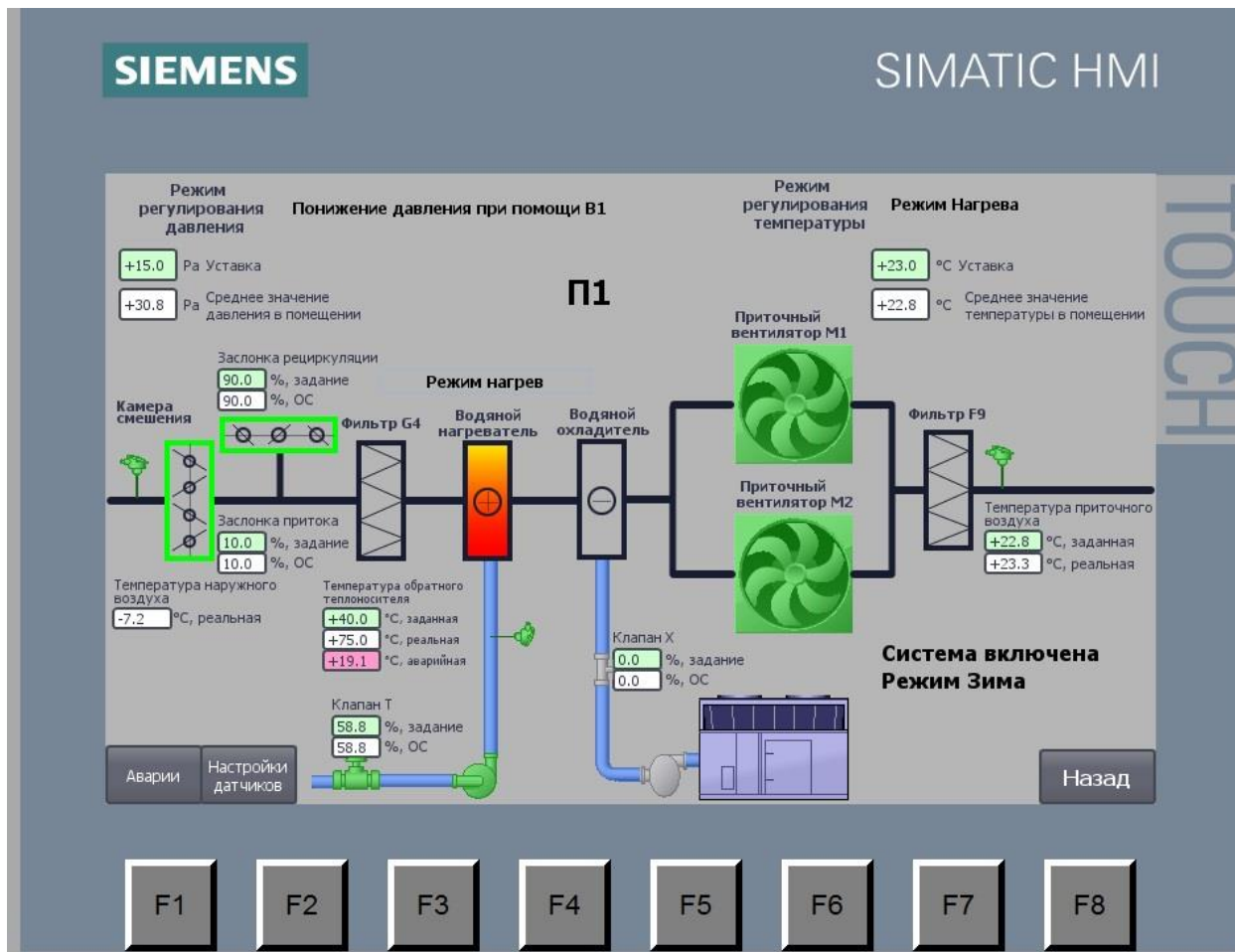


Рисунок 4.14 – Вікно моделювання роботи системи (досягнення завдання)

Вимкнення каскадного регулювання (рис 4.15) призведе до того що температура в приміщенні не відповідатиме завданню, тобто на виході з припливної установка температура буде підтримуватися на рівні 26°C , однак реальна температура в приміщенні може суттєво відрізнятись, оскільки можуть бути великі тепловтрати, або навпаки великі тепловиділення. Таким чином стає зрозуміло що реальна температура у виробничому приміщенні, не буде відповідати температурі завдання, а це може впливати на технологічні процеси, і як наслідок на якість кінцевого продукту. Каскадне регулювання здатне підвищити коректність та точність підтримки мікроклімату у виробничих приміщеннях. Без каскадного

регулювання система не здатна корегувати параметри повітряного середовища в приміщенні.

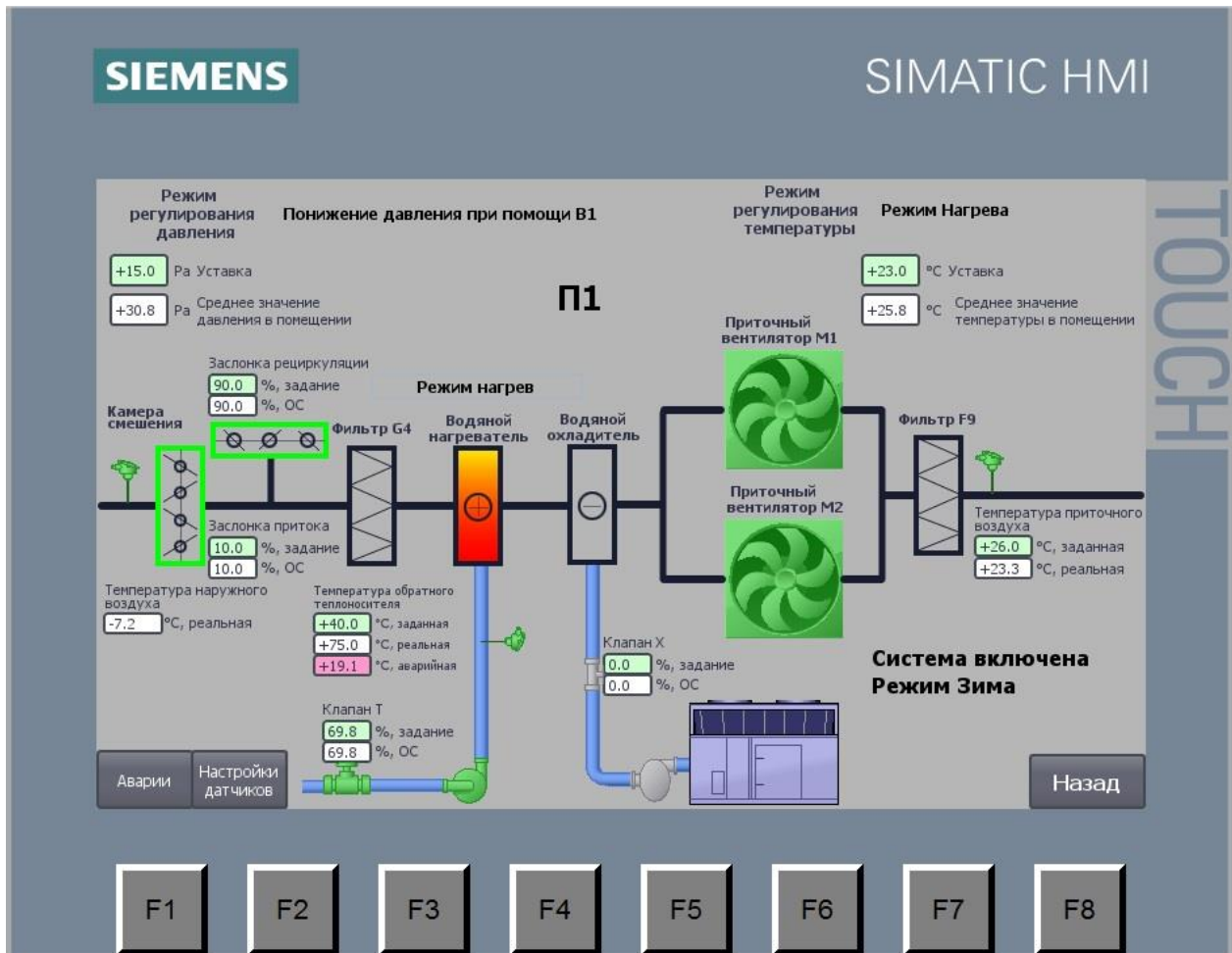


Рисунок 4.15 – Вікно моделювання роботи системи (вимкнення каскадного регулювання)

На рисунку 4.16 ми бачимо що реальна температура в приміщенні більша ніж завдання, через те що каскадне регулювання було вимкнено, а температура припливу була 26°C. Оскільки моделювання не здатне відтворювати тепловтрати то температура в приміщенні підвищилася майже до температури припливу. Після того як було активовано каскадне регулювання температура завдання припливного регулятора відразу зменшилась до 19°C, дійшла до мінімальної границі зміщення. Триходовий клапан почав закриватися до тих пір поки температура в приміщенні не зрівняється з завданням.

Система здатна в автоматичному режимі підтримувати температуру в приміщенні, маючи повітрянагрівач та повітроохолоджувач, завдяки цьому та тому що реалізовано каскадне регулювання, температура в приміщенні буде підтримуватися на рівні завдання не зважаючи на пору року.

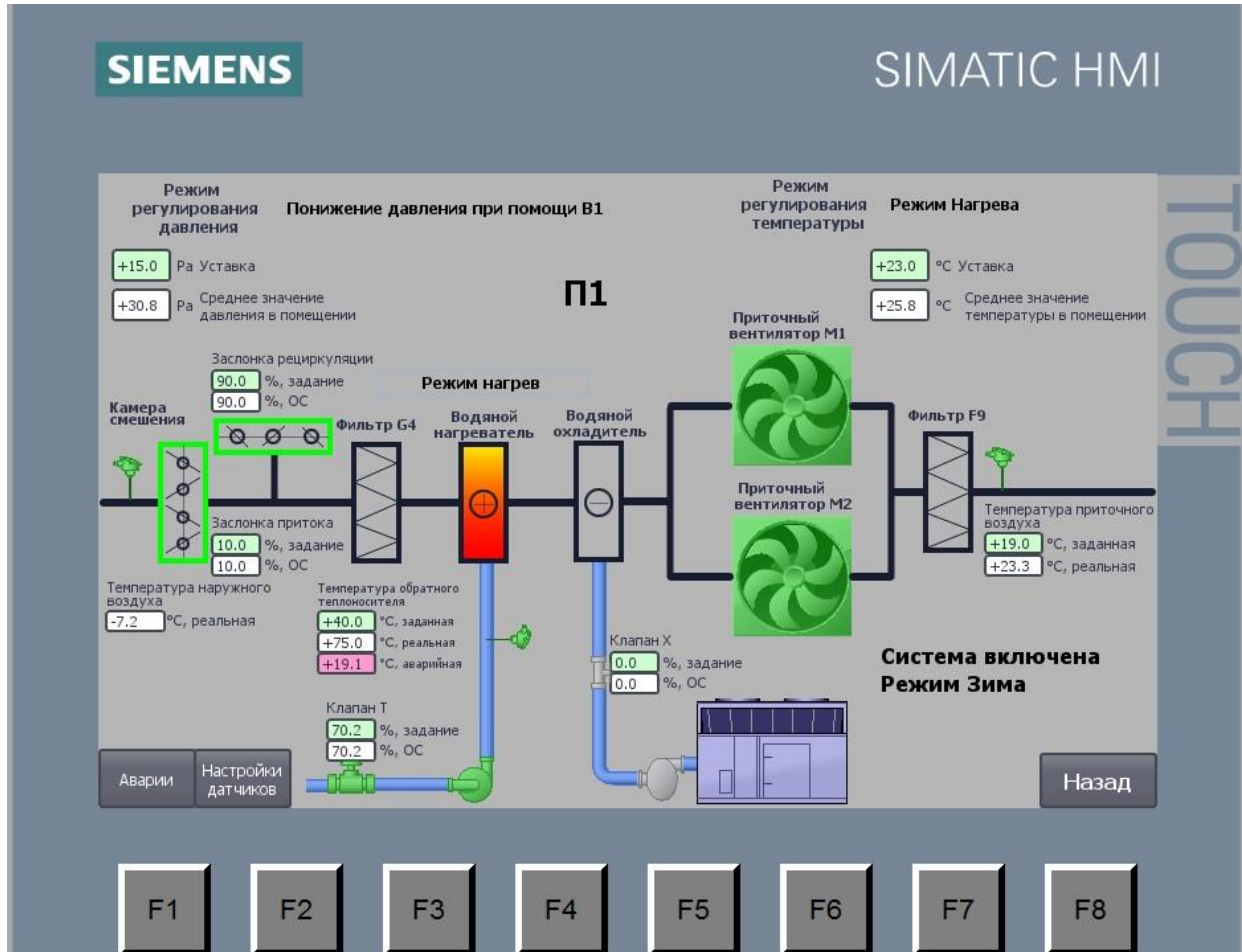


Рисунок 4.16 – Моделювання роботи системи
(включення каскадного регулювання)

4.4 Висновки до четвертого розділу

У даному розділі було обрано контролер, на базі якого буде проводитися автоматизація. Зважаючи на складність системи та кількість сигналів було обрано контролер фірми Siemens, а саме S7 1200 та програмне середовище TIA Portal 15v. Контролер даної серії здатен повністю задовільнити усім вимогам, які сформульовані у технічному завданні.

На основі технічного завдання було створено програму, в якій було застосовано метод каскадного регулювання. Керування виконавчими механізмами залишилось за веденим ПІД-регулятором, тобто відштовхуючись від завдання припливного повітря. Однак завдання для нього формує провідний ПІД-регулятор, відштовхуючись від завдання та реальних значень.

У даній програмі є можливість вимкнення каскадного регулювання, це зроблено для збільшення відмовостійкості. У випадку, якщо датчики контролю параметрів приміщення вийшли з ладу, система здатна продовжувати регулювання, однак з дещо більшою похибкою.

Проведено моделювання роботи системи, за результатами якого було виявлено перевагу методу каскадного регулювання над класичними методами регулювання. З'ясовано, що при вимкненні каскадного регулювання, реальні значення параметрів мікроклімату в приміщенні суттєво відрізнятимуться від параметрів на виході з системи.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Перша допомога при ураженні струмом

Попередньо необхідно знеструмити усе обладнання або провід, які стали причиною ураження людини струмом. Для цього можуть бути застосовані всі засоби: вимкнути рубильник, вивернути або вимкнути пробки на електричному щитку, припинити подачу живлення роз'єднанням найближчого штепсельного роз'єму.

У разі якщо виникла неможливість припинення подачі електричного струму штатними засобами, необхідно перерубати кабелі живлення, використовуючи будь-які ріжучі предмети обов'язково з ізольованими рукоятками.

Якщо ж і це зробити немає можливості, потерпілого необхідно відтягнути від електричної установки або скинути з нього провід за допомогою будь-якого струмопровідного предмету. При цьому важливо захистити себе від впливу електричного струму, надівши на руки гумові рукавички або обмотавши їх сухою тканиною. На ноги бажано одягнути гумове взуття, у разі його відсутності підкласти під ноги гумовий килимок, суху дошку або згорнуту сухий одяг. Відтягувати потерпілого слід за краї одягу, уникаючи контакту з відкритими ділянками його тіла [24].

Відразу ж, протягом 10-20 секунд, необхідно визначити ступінь ураження людини електричним струмом. Поклавши потерпілого на спину і розстебнувши одяг, що утруднює дихання, потрібно перевірити наявність у нього пульсу на шиї в районі сонної артерії або на променевої артерії в області зап'ястя, переконатися у присутності дихання з підйому і опускання грудної клітини, перевірити кровообіг мозку по наявності рефлекторної реакції звуження зіниці ока при попаданні на нього яскравого світла.

Якщо потерпілий перебуває у свідомості, однак тривалий час піддавався впливу електричного струму або ж отямився після непритомності, йому потрібно забезпечити спокій з подальшим спостереженням за ним на протязі 3-4 годин, але

все ж таки краще викликати бригаду швидкої медичної допомоги. Можна дати йому теплий чай, 20 крапель валеріанової настоянки і тепло вкрити ковдрою.

У разі погіршення стану потерпілого, при появі серцевої недостатності, частому переривчастому диханні, зблідненні шкірних покривів, необхідно без зволікання приступати до виконання штучного дихання і масажу серця.

Заборонено припиняти виконання реанімаційних заходів до прибуття лікаря, їх необхідно продовжувати і в тому випадку, коли у постраждалого геть відсутні всі ознаки життя [24].

5.2 Пожежна безпека

Вогонь, що вийшов із-під контролю, здатний викликати значні руйнівні та смертоносні наслідки. До таких проявів вогняної стихії належать пожежі.

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується у часі і просторі.

Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є усунення умов виникнення пожежі та мінімізація її наслідків. Об'єкти повинні мати системи пожежної безпеки, спрямовані на запобігання пожежі, дії на людей та матеріальні цінності небезпечних факторів пожежі, в тому числі їх вторинних проявів. До таких факторів належать: полум'я та іскри, підвищена температура навколишнього середовища, токсичні продукти горіння й термічного розкладу матеріалів і речовин, дим, знижена концентрація кисню [24].

Вторинними проявами небезпечних факторів пожежі вважаються: уламки, частини зруйнованих апаратів, агрегатів, установок, конструкцій; радіоактивні та токсичні речовини і матеріали, викинуті зі зруйнованих апаратів та установок; електричний струм, пов'язаний з переходом напруги на струмопровідні елементи будівельних конструкцій, апаратів, агрегатів внаслідок пошкодження ізоляції під дією високих температур; небезпечні фактори вибухів, пов'язаних з пожежами; вогнегасні речовини.

Системи пожежної безпеки – це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збитків від неї.

Пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту і системою організаційно-технічних заходів [24].

Системи пожежної безпеки мають запобігти виникненню пожежі і впливу на людей небезпечних факторів пожежі на необхідному рівні. Потрібний рівень пожежної безпеки людей за допомогою зазначених систем не повинен бути меншим за 0,999999 відвернення впливу на кожну людину, а допустимий рівень пожежної небезпеки для людей не може перевищувати 10% впливу небезпечних факторів пожежі, що перевищують гранично допустимі значення на рік у розрахунку на кожну людину.

Об'єкти, пожежі на яких можуть призвести до загибелі або масового ураження людей небезпечними факторами пожежі та їх вторинними проявами, а також до значного пошкодження матеріальних цінностей, повинні мати системи пожежної безпеки, що забезпечують мінімально можливу імовірність виникнення пожежі. Конкретні значення такої імовірності визначаються проектувальниками та технологами.

Метою пожежної безпеки об'єкта є попередження виникнення пожежі на визначеному чинними нормативами рівні, а у випадку виникнення пожежі обмеження її розповсюдження, своєчасне виявлення, гасіння пожежі, захист людей і матеріальних цінностей [25].

Основними вихідними даними при розробці комплексу технічних і організаційних рішень щодо забезпечення потрібного рівня пожежної безпеки в кожному конкретному випадку є чинна законодавча і нормативно-технічна база з питань пожежної безпеки, вибухо- і пожежонебезпечні властивості матеріалів і речовин, що застосовуються у виробничому циклі, кількість вибухо- і пожежонебезпечних матеріалів і речовин і особливості виробництва. На основі цих вихідних даних визначаються такі критерії вибухо- і пожежонебезпеки об'єкта, як категорії приміщень і будівель за вибуховою і пожежною небезпекою, а також

класи вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон. Саме залежно від категорії приміщень та будівель і класу зон за вибуховою і пожежною небезпекою, відповідно до вимог чинних нормативів, розробляються технічні і організаційні заходи і засоби забезпечення вибухо-пожежної безпеки об'єкта [25].

ВИСНОВКИ

У результаті виконання атестаційної роботи виконано огляд та аналіз сучасного стану проблеми підтримки мікроклімату виробничих приміщень. Було виявлено вплив параметрів мікроклімату на технологічні процеси, розглянуто класифікації систем вентиляції, їх основні види та параметри які вони здатні підтримувати, проаналізовано схеми центральних кондиціонерів, виявлено, що системи кондиціонування та вентиляції з рециркуляцією або з камерою змішування дозволяють заощаджувати енергію, яка використовується для підтримки температури у виробничих приміщеннях.

Для досягнення мети атестаційної роботи запропоновано метод каскадного регулювання призводить до підвищення точності підтримки мікроклімату. Перевагою запропонованого методу є його універсальність, завдяки такому підходу можна точно корегувати не тільки температуру, але і тиск, вологість, забрудненість повітря, тощо. Так як сучасні технологічні умови, стають все більш складними, це призводить до підвищення вимог якості підтримки мікроклімату, тому метод каскадного регулювання як найкраще підходить для вирішення цієї проблеми.

Було проаналізовано сучасні методи регулювання. Якщо параметри повітря будуть регулюватися відносно показань датчиків, які розміщені у приміщенні, то система не буде здатна задовільнити значення що біли встановлені, так як вона дуже інерційна, і при досягненні завдання вона не зупиниться відразу, а буде продовжувати регулювання, однак за це час регулятор системи скорегує параметри так, що вони впадуть нижче ніж завдання. Такий процес не зупинити, тобто система ніколи не зможе стабільно підтримувати задані значення.

Застосування методу каскадного регулювання економічно доцільно, так як до кінцевої вартості системи додається лише вартість датчика, який буде розміщено у приміщенні, та затрати на його встановлення. Але за допомогою цього методу система здатна підтримувати необхідні параметри мікроклімату на заданому рівні з великою точністю, тобто швидко реагувати на зміну параметрів в приміщенні. За

допомогою цього кількість теплоносія або холодоносія, що надходить до системи вентиляції та кондиціонування, буде саме та яка не обхідна для усунення розбіжності, тобто система не використовує зайву енергію.

Запропонований спосіб каскадного регулювання дозволяє більш стабільно підтримувати задану температуру і склад повітря у виробничих приміщеннях. Такий спосіб регулювання дозволяє скоротити час досягнення заданих значень температури та підвищити оперативність реагування на відхилення температури у приміщенні від заданої, не збільшуючи потужності системи кондиціонування та вентиляції. Завдяки декільком датчикам температури, які знаходяться у виробничому приміщенні, система здатна з більшою точністю підтримувати задані параметри повітря, а також продовжувати регулювання у випадку відмови частини датчиків.

Якщо виробниче приміщення має велику площу, а розміщене технологічне обладнання має різну величину впливу на мікрокліматичні умови, застосування декількох датчиків у приміщенні дає змогу ще більше підвищити точність регулювання.

За результатами дослідної експлуатації методу каскадного регулювання у системі вентиляції та кондиціонування встановлено, що скорочення часу досягнення заданих значень параметрів у виробничому приміщенні об'ємом 89150 м³ сягає порядку 42 хвилин.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки з «Розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітні програми: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І.Ш. Невлюдов, В.В. Косенко, В.В. Євсєєв. Харків: ХНУРЕ, 2019. 55 с.
2. ДСТУ 3008-2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення: Введ. 2015-22-06. К.: Вид-во стандартів, 2016. 26 с.
3. Самарин О. Д. Основы обеспечения микроклимата зданий. М.: Евроклимат 2017. 208 с.
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Рид Групп., 2017. 256 с.
5. Алексеев С.В., Шандора Л.И. Обеспечение микроклимата в локальных рабочих объемах прецизионного производства. М.: ЦНИИ Электроника, 2017. 894 с.
6. Орлов К. С. Материалы и изделия для санитарно-технических устройств и систем обеспечения микроклимата. М.: ИНФРА-М, 2017. 192 с.
7. Нимич Г.В., Михайлов В.А., Бондарь Е.С. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха.; под общ. ред М. Павлова. М.: Аванпост-Прим. 2011, 626 с.
8. Ананьев В.А., Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Изд. 5-е. М.: Евроклимат, 2010. 416 с.
9. Краснов Ю.С., Борисоглебская А.П., Антипов А.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям, наладке. М.: Термокул, 2013. 373 с.

10. Мухин, О.А. Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: учебное пособие для вузов.; М.: Альянс, 2015. 304 с.
11. Самойлов В. С. Вентиляция и кондиционирование.; под общ. ред В.С. Левадный. М.: Аделант, 2009. 240 с.
12. Селевцов, Л.И. Автоматизация технологических процессов.; Издание 3-е. Вологда: Инфра-Инженерия, 2014. 352с.
13. Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.І. Филипенко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019. 366 с.
14. Котзаогланиан П. Пособие для ремонтника. Практическое руководство по ремонту холодильных установок с конденсаторами воздушного охлаждения.; Перевод с фр. Сапожникова В. Б. М.: Остров, 2011. 339 с.
15. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления.; пер. с англ. Копылова Б.И. М.: Лаборатория базовых знаний. 2012. 832с.
16. Невлюдов І. Ш. Людино-машинний інтерфейс в технічних засобах автоматизації: Навчальний посібник / І. Ш. Невлюдов, О. І. Филипенко, Б. О. Шостак. – Харків : «ХТМТ», 2019. 244 с.
17. Шляйхер М. Техника автоматического регулирования для практиков.; пер. с нем. JUMO GmBH.; М.: 2006, 121 с.
18. Дастин, Э. Тестирование программного обеспечения. Внедрение, управление и автоматизация.; пер. с англ. Павлов М.; М.: Лори, 2013. 567 с.
19. Каскадне регулювання URL: <https://kipiavp.ru/info/kaskadnoe-regulirovanie.html> (дата звернення: 15.04.2020).
20. Программирование Simatic в TIA Portal Часть 1. :Курс TIA-PRO1 / TIA-PRO1 - System course with a new software package of TIAPortalV13 (TIA-PRO1). 753 с. URL: <https://www.sitrain-learning.siemens.com/RU/ru/rw54448/TIA-PRO1-System-course-with-a-new-software-package-of-TIAPortalV13> (дата звернення: 21.11.2020).
21. Миронов А.О. Технологія каскадного регулювання у системі кондиціонування та вентиляції виробничого приміщення // Автоматизація та приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-

2020) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. Харків: ХНУРЕ, 2020. Вип. 1. С. 193-197.

22. Андрій Миронов, Володимир Безкоровайний. Каскадна технологія регулювання у системі кондиціонування та вентиляції виробничого приміщення // Виробництво & Мехатронні Системи 2020: матеріали IV-ої Міжнародної конференції, Харків, 22-23 жовтня 2020 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)]. Харків: [електронний друк], 2020. С. 124-127.

23. Андрій Миронов, Володимир Безкоровайний. Технологія каскадного регулювання у системі кондиціонування та вентиляції виробничого приміщення // Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Комп'ютерні науки, інформаційні технології та системи управління» CSYSC-2020, 01 – 02 грудня 2020 р., Івано-Франківськ, Україна.

24. Дзюндзюк Б. В., Айвазов В. А., Стиценко В. А. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» у випускних роботах ОКР «бакалавр» усіх форм навчання.; Х.: ХНУРЕ, 2012. 28 с.

25. Дзюндзюк Б. В., Іванов В. Г. Охрана труда. Сборник задач. Х.: НВП центр ХНУРЕ, 2006. 242 с.