

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОБОТОТЕХНІКИ І МЕХАТРОНІКИ

Кваліфікаційна робота

бакалавра

на тему: «Автоматизована система управління процесами
кондиціювання та вентиляції кондитерської фабрики»
«Automated control system for air conditioning and ventilation processes
in a confectionery factory»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2Ас спеціальність
174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані
технології та робототехніка»

Пітеров О.О.

Керівник _____ к.т.н., доц. Єдинович М.Б.

Рецензент _____

Хмельницький – 2025 рік

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОБОТОТЕХНІКИ І МЕХАТРОНІКИ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: «Автоматизована система управління процесами
кондиціювання та вентиляції кондитерської фабрики»
«Automated control system for air conditioning and ventilation processes
in a confectionery factory»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2Ас спеціальність
174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані
технології та робототехніка»

Пітеров О.О.

Керівник _____ к.т.н., доц. Єдинович М.Б.

Рецензент _____

Хмельницький – 2025 рік

Херсонський національний технічний університет

Факультет

Інженерії та транспорту

Кафедра

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

Ступінь вищої освіти

бакалавр

Спеціальність

174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри автоматизації,
робототехніки і мехатроніки
Селіверстов І.А.

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Пітерову Олексію Олексійовичу

1. Тема проекту: «Автоматизована система управління процесами
кондиціонування та вентиляції кондитерської фабрики»

«Automated control system for air conditioning and ventilation processes in a
confectionery factory»

керівник проекту: к.т.н., доцент Єдинович М.Б.

затверджені наказом вищого навчального закладу від «27» 01 2025р. №130-с

2. Строк подання студентом проекту «13» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту: Регламенти вимог виробників до певних параметрів
повітряного середовища (температури, відносної вологи, швидкості повітря)
під час технологічних процесів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. Аналітичний огляд центральних систем кондиціонування та вентиляції повітря.

2. Синтез САР.

3. Основні рішення з автоматизації об'єкта кондиціонування та вентиляції

4. Перелік графічного матеріалу:

1. Функціональна схема автоматизації-1 арк. А1;

2. Структурна схема АСР-1 арк. А4

3. Моделювання АСР-1 арк. А4.

4. Структурна схема автоматизації 1 арк. А4

6. Дата видачі завдання « 04 » березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів курсового проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Підбір і огляд літератури	04.03.25.- 27.03.25.	
2	Аналіз об'єкту управління. Постановка задачі.	28.03.25.- 03.04.25	
3	Розробка функціональної схеми автоматизації	04.04.25.- 30.04.25	
4	Розрахунок метрологічних характеристик і надійності АСК	30.04.25.- 06.05.25	
5	Розробка програмного забезпечення	06.05.25.- 30.05.25	
6	Оформлення ПЗ	30.05.25-05.06.25	
7	Завершення оформлення проекту	05.06.25-13.06.25	

Студент

Пітеров О.О.

(підпис)

Керівник проекту

Єдинович М.Б.

(підпис)

Ном ер рядк	Формат	Позначення	Найменування	Кіль- кість	Шифр до- кумент	Примі- тка
1	A4		Завдання	1		
			на проектування			
2	A4	ХНТУ 174.КРБ25.024 РФ	Реферат	2	РФ	
3	A4	ХНТУ 174.КРБ25.024 ПЗ	Пояснювальна	69	ПЗ	
			записка			
5	A1	Креслення	Функціональна схема	1		
			автоматизації			
6	A4	Демонстраційне	Структурна схема АСР	1		
		креслення				
7	A4	Демонстраційне	Моделювання АСР	1		
		креслення				
	A4	Демонстраційне	Структурна схема	1		
		креслення	автоматизації			

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ВР									
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Відомість об'єму роботи					Лім.	Аркуш	Аркушів		
Розроб.		Пітеров О.О.											4	71
Перевір.		Єдинович М.Б.								ХНТУ, гр. 2Ас				
Реценз.														
Н. Контр.		Поліщук В.М.												
Затверд.		Селівестров І.А.												

РЕФЕРАТ

Курсова робота містить: 71 сторінки, 25 рисунків, 2 таблиць 18 літературних джерел. Графічна частина – 1 аркуш формату А1, 3 аркуші формату А4.

Метою даного проекту є розробка автоматизованої системи управління процесами вентиляції і кондиціонування кондитерської фабрики. Під час роботи проаналізували існуючі схеми кондиціонування та вентиляції повітря виробничих приміщень.

Розробили функціональну схему кондиціонування та вентиляції повітря.

Розробили можливу функціональну схему застосування контролеру та схему його підключення. Розробили каскадну АСУ та контролю параметрів системи кондиціонування та вентиляції повітря.

В роботі передбачено використання сучасних і точних засобів автоматизації. Система виконана на базі мікропроцесорного контролера «Aeroclim 9s» виробництва “Раут-Автоматік” (Україна). На контролері реалізовано процес регулювання по всім необхідним параметрам системи кондиціонування.

В проекті в достатньому обсязі був наведений опис об’єкта управління (центрального кондиціонера) та основні рішення з його автоматизації.

Система автоматизації є надійною, ефективною та багатофункціональною і розроблена з використанням найсучасніших технічних засобів автоматизації.

СИСТЕМА П1,П2,П3; КЕРУЮЧИЙ КОНТРОЛЕР; АВТОМАТИЗОВАНА
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ;СИСТЕМА РЕКУПЕРАЦІЇ ПОВІТТЯ.

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		6

ABSTRACT

The course work contains: 71 pages, 25 figures, 2 tables and 18 literary sources. The graphic part is 1 sheet of A1 format 3 sheets of A4 format.

The aim of this project is to develop an automated control system for ventilation and air conditioning processes in a confectionery factory.

During the work, the existing schemes of air conditioning and ventilation of production premises were analyzed.

A functional scheme of air conditioning and ventilation was developed.

We have developed a possible functional scheme for using the controller and the ego connection scheme. We have developed a cascade control system and control parameters of the air conditioning and ventilation system.

The work envisages the use of modern and clear means of automation. The system is based on the «Aeroclim 9s» microprocessor controller manufactured by Raut-Avtomatik. The controller implements the process of regulating all the necessary parameters of the air conditioning system.

The project provides a sufficient description of the control object (central air conditioner) and the main solutions for its automation.

The automation system is reliable, effective and multifunctional and is developed using the most modern technical means of automation.

SYSTEM P1, P2, P3; MANAGING CONTROLLER; AUTOMATED
MANAGEMENT SYSTEM; AIR RECOVERY SYSTEM.

					<i>XHTY 174.KPБ.25.024 ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	10
ВСТУП.....	11
1.АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЦЕНТРАЛЬНИХ СИСТЕМ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ	12
1.1 Значення кондиціювання повітря	12
1.1.1 Загальні відомості про центральні системи кондиціювання повітря	13
1.1.2 Секція підігріву	19
1.1.3 Секція фільтрації	20
1.1.4 Секція шумозаглушення	22
1.1.5 Вентиляторна секція	23
1.1.6 Повітряний клапан	24
1.2 Характеристика центрального кондиціонера як об'єкта керування...	25
2. СИНТЕЗ АСР	28
2.1 Одноконтурна АСР температури.....	28
2.2 Каскадна АСР температури.....	29
2.3 Описання моделі об'єкту	31
2.4 Розрахунок ПІ-регулятора	32
2.5 Аналіз розробленої АСР	37
3. ОСНОВНІ РІШЕННЯ З АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ	40
3.1 Автоматичне регулювання та контроль	40
3.2 Робота систем у режимах “Зима”-“Літо” та “Робітник”-“Черговий”. 41	
3.2.1 Система П1, П2	41

3.2.2 Система ПЗ	44
3.3 Технологічна сигналізація та захист.....	48
3.4 Щити	52
3.5 Контролер Aeroclim 9s	53
3.5.1 Загальні данні про контролери Aeroclim 9s	53
3.5.2 Технічні характеристики	53
3.5.3 Габаритні розміри та спосіб установки	54
3.5.4 Опис контролеру	55
3.5.5 Схема електричних з'єднань.....	57
3.5.6 Елементи управління та відображення	59
3.5.7 Набір функцій і меню	60
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66
ДОДАТОК А	68
ДОДАТОК Б	69
ДОДАТОК В	70
ДОДАТОК Г	71

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АСР – автоматична система регулювання;

АФХ – амплітудно-фазова характеристика;

АЧХ - амплітудно-частотна характеристика;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ПІ – пропорційно-інтегральний закон;

РАФХ – розширена амплітудно-фазова характеристика;

СКП – система кондиціювання повітря;

ВПН - водяний повітрянагрівач

ЕПН - електричний повітрянагрівач

ВПО - водяний повітроохолоджувач

ККБ - компресорно-конденсаторний блок

ПЗ - паровий зволожувач

					<i>ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ВСТУП

Здоров'я, працездатність людини значною мірою визначаються умовами мікроклімату та повітряного середовища у приміщеннях, де він проводить значну частину свого часу.

Якщо говорити про фізіологічний вплив на людину навколишнього повітря, то слід нагадати, що людина через добу споживає приблизно 3 кг їжі та 15 кг повітря. І що це за повітря, коли його свіжість і чистота, душно, спекотно чи холодно людині у приміщенні, залежить від інженерних систем, спеціально призначених для забезпечення повітряного комфорту.

Серед таких систем можна виділити: систему вентиляції, систему опалення (чи комбіновану опалювально-вентиляційну систему) та систему кондиціонування повітря (СКП). Повітряне опалення, поєднане з вентиляцією, створює в приміщенні досить задовільний мікроклімат та забезпечує сприятливі умови повітряного середовища. СКП є системою вищого порядку (з широкими можливостями). Принципова перевага полягає в тому, що крім виконання завдань вентиляції та опалення, СКП дає можливість створити мікроклімат (комфортний рівень температур) у спекотний період року завдяки використанню у своєму складі фреонової холодильної машини.

Крім того, система дозволяє підтримувати в приміщенні задані кондиції повітря незалежно від рівня та коливань метеорологічних параметрів зовнішнього (атмосферного) повітря, а також змінних надходжень до приміщення тепла та вологи.

Система автоматизованого управління розроблена з використанням засобів автоматизації – контролера «Aeroclim 9s», виробництва “Раут-Автоматік” (Україна), електроприводів повітряних засувки та шарових клапанів з електроприводами БЕЛІМО (Швейцарія), термостатів захисту від заморожування та реле перепаду тиску S+S Regeltechnik (Німеччина).

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		11

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЦЕНТРАЛЬНИХ СИСТЕМ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ.

1.1. Значення кондиціювання повітря

Ефективність виробництва у промисловому секторі залежить від багатьох чинників, як-то технологічний рівень устаткування, кваліфікація персоналу, організація виробничих процесів, якість матеріалів, системи управління та інших. Одним із важливих факторів, що безпосередньо впливає на якість продукції та умови праці, є промислова вентиляційна система.

Промислова вентиляція, якщо вона якісно спроектована та правильно працює, виконує такі завдання:

- підтримує оптимальні робочі температури повітря та вологість, що може впливати на виробничі процеси.
- видаляє шкідливі гази, пил та інші забруднення, що може впливати на безпеку персоналу та пошкодження обладнання
- раціонально використовує енергоресурси

Важливими системами для забезпечення ефективності виробництва можна назвати: систему вентиляції, систему опалення (чи комбіновану опалювально-вентиляційну систему) та систему кондиціювання повітря (СКП).

Слід зазначити, що системи кондиціювання за призначенням поділяються на комфортні та технологічні .

Комфортні СКП призначені для створення та автоматичної підтримки температури, відносної вологості, чистоти та швидкості руху повітря відповідно до оптимальних санітарно-гігієнічних вимог.

Технологічні СКП призначені для забезпечення параметрів повітря, що максимально відповідає вимогам технологічного процесу.

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		12

1.1.1 Загальні відомості про центральні системи кондиціонування повітря.

Центральні СКП (рис. 1.1) набули найбільшого поширення. Ці системи призначені для обслуговування кількох приміщень або приміщення великих розмірів (ткацькі та прядильні цехи, кіноконцертні зали, закриті ковзанки та ін.) часто обслуговуються кількома центральними СКП. Обладнаються центральні СКП, як правило, неавтономними кондиціонерами секційного або блочно-секційного виконання.

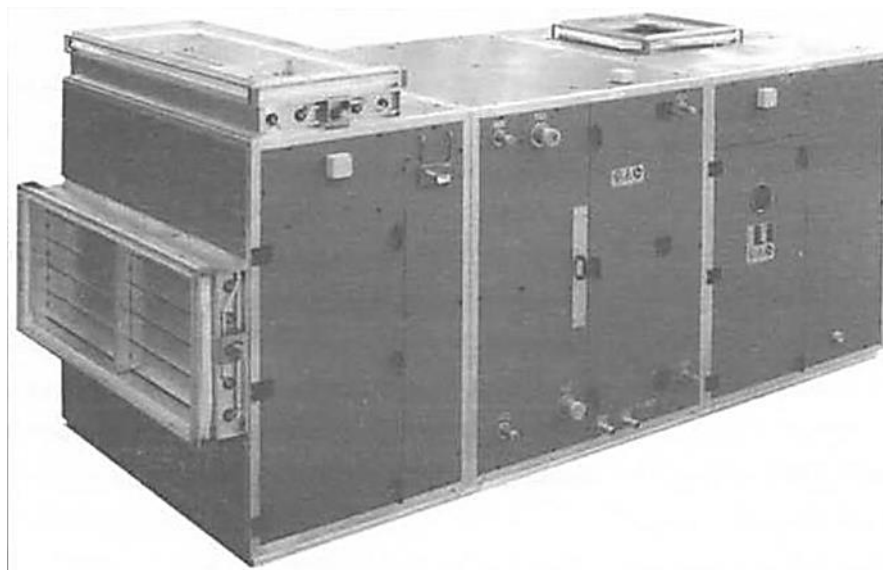


Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд центрального кондиціонера

Оброблений в кондиціонерах повітря підводиться в приміщення, що обслуговуються металевими або пластиковими повітроводами переважно круглого перерізу. Для транспортування значної кількості повітря влаштовуються підземні залізобетонні або цегляні канали великих поперечних перерізів. При цьому всередині каналів прокладаються ізольовані металеві або інші тонкостінні повітропроводи для усунення несприятливого впливу теплової інерції.

ності масивних каналів на регулювання температури повітря, що подається в приміщення, що обслуговуються.

Широке поширення центральних СКП обумовлено низкою істотних переваг, властивих цим системам, порівняно з місцевими СКП. Основні з цих переваг полягають у наступному:

- Поліпшуються умови експлуатації СКП у зв'язку з зосередженням обладнання, що вимагає систематичного обслуговування та ремонту, в одному місці або в обмеженій кількості місць;
- можливий належний захист від передачі механічного та аеродинамічного шуму та вібрацій в приміщення, що обслуговуються;
- забезпечується можливість ефективної підтримки заданих параметрів повітря в приміщеннях.

Разом із суттєвими перевагами, пов'язаними з можливістю ефективної підтримки заданої температури, вологості, швидкості обміну повітря у великих приміщеннях, центральні кондиціонери, водночас мають певні недоліки, основними з яких є необхідність проведення складних монтажних-будівельних робіт, прокладання по будівлі комунікацій (повітропроводів, трубопроводів).

Прямоточні центральні кондиціонери обробляють лише зовнішнє повітря, кондиціонери з рециркуляцією обробляють суміш зовнішнього та рециркуляційного повітря.



Рисунок 1.2 - Класифікація центральних кондиціонерів

Перша рециркуляція є підмішуванням рециркуляційного повітря до зовнішнього перед теплообмінником першого підігріву, який значно зменшує споживання тепла на перший підігрів.

Друга рециркуляція є підмішуванням рециркуляційного повітря до зовнішнього повітря, яке пройшло обробку в повітроохолоджувачі перед вентилятором. При цьому відпадає необхідність включення в роботу теплообмінника другого підігріву в період похилого віку.

Кондиціонер з теплоутилізацією – це прямоточний кондиціонер з центральним теплоутилізатором, в якому немає змішування потоків зовнішнього та рециркуляційного повітря, а теплопередача від повітря, що видаляється, до зовнішнього відбувається в спеціальному теплообміннику.

Певні труднощі зустрічаються при влаштуванні СКП у існуючих будинках. В окремих випадках, у зв'язку з необхідністю прокладання розгалужених повітроводів порівняно великих розмірів, пристрій центральних СКП неможливий і замість них застосовують місцеві СКП.

Центральні СКП мають досить широку сферу застосування — промислові будинки всіх видів та громадські будинки з приміщеннями великих обсягів. Центральні ВКВ, призначені для цілорічного та цілодобового підтримання заданих параметрів повітря в приміщеннях, що не мають системи опалення, слід проектувати не менше ніж з двома кондиціонерами.

Кондиціонери повинні мати таку продуктивність, щоб при виході з ладу одного з них продуктивність інших була не менше 50% розрахункової повітрям, а по теплу - достатньою для підтримки в приміщеннях заданих розрахункових температур в холодний період року.

Центральні СКП можуть бути прямоточними (без рециркуляції) або з рециркуляцією (з першою та другою рециркуляціями).

Рециркуляція застосовується у випадках, коли необхідна кількість припливного повітря перевищує мінімально необхідне.

У цих умовах у теплий період року використання рециркуляції (замість збільшення кількості зовнішнього повітря) сприяє зниженню витрати холоду (у

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		15

ряді випадків та тепла). У холодний період рециркуляція за аналогічних умов дозволяє знизити теплоспоживання.

Однак слід мати на увазі і необхідно спеціально обумовити, що сама по собі рециркуляція одного і того ж внутрішнього повітря приміщення з однаковими параметрами, коли внутрішнє повітря забирають з приміщення і повертають у нього ж, не може ніколи дати будь-яку економію тепла і холоду. Більше того, переміщення одного і того ж повітря завжди буде пов'язане з додатковими витратами електроенергії на його переміщення. Тому необхідно особливо враховувати умови можливості застосування рециркуляції, до яких належать такі:

1. Відсутність шкідливих або пожежонебезпечних речовин.
2. Ентальпія повітря, що видаляється (в теплий період року) повинна бути нижче ентальпії зовнішнього. У зв'язку з цим у системах кондиціонування, що базуються на використанні ізоентальпійного охолодження, рециркуляцію не застосовують. У холодний період року ентальпія повітря, що видаляється, повинна бути вище ентальпії зовнішнього.
3. Відповідність архітектурно-планувальним та техніко-економічним вимогам.

Центральні СКП мають багато різних модифікацій.

Вибір системи залежить від призначення приміщень, конструктивних особливостей будівлі, її орієнтації країн світу, розмірів приміщень та експлуатаційних вимог.

Центральні однозональні СКП рекомендується застосовувати для обслуговування одного приміщення, максимальна площа якого $F_{\text{макс}}$ (площа однієї зони) визначається вимогами до точності підтримання температури, а саме: при $t = \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $F_{\text{макс}} = 600 \text{ м}^2$, при $t = \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $F_{\text{макс}} = 1000 \text{ м}^2 - 2000 \text{ м}^2$. Такі системи можна застосовувати для обслуговування групи окремих приміщень із загальним регулюванням за умови, що в цих приміщеннях допускаються різні відхилення від заданих параметрів повітря. Такі ВКВ необхідно, як правило, комплектувати пристроями для використання відкидної теплоти.

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		16

Комфортні СКП призначені для створення та автоматичної підтримки температури, відносної вологості, чистоти та швидкості руху повітря відповідно до оптимальних санітарно-гігієнічних вимог.

На рис.1.3 наведено принципову схему центральної однозональної прямооточної СКП, що працює повністю на зовнішньому повітрі. Прямоточні системи застосовуються тільки в тих випадках, коли рециркуляція повітря неприпустима з санітарно-гігієнічних міркувань.

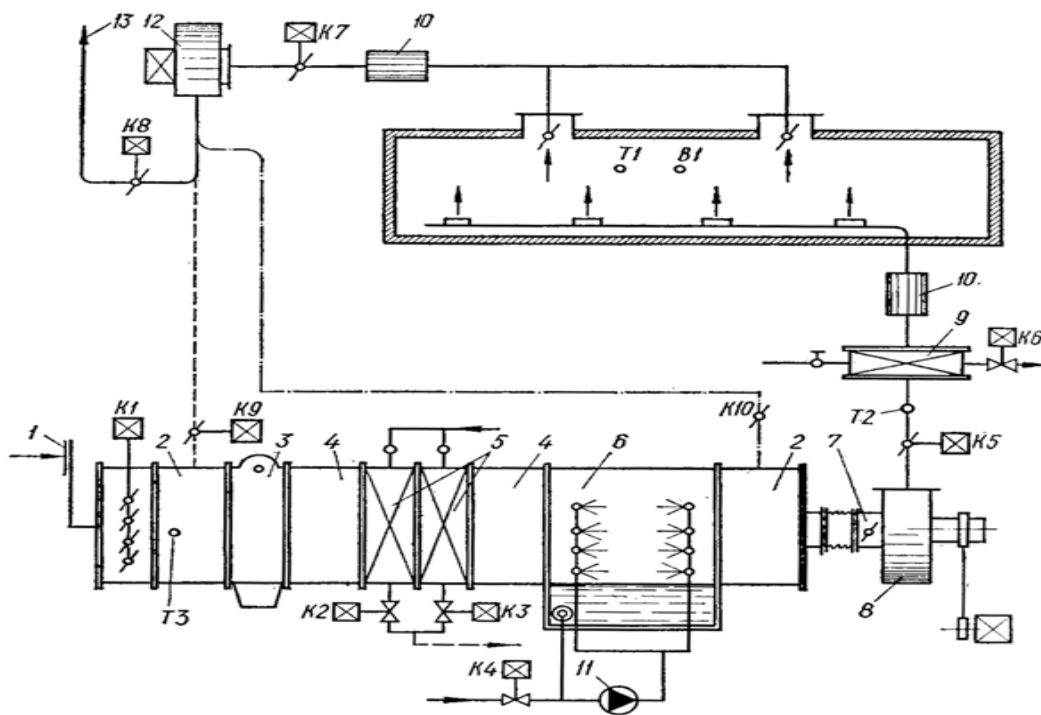


Рисунок 1.3 - Принципова схема центральної однозональної прямооточної СКП.

1 – повітрозабірник; 2 – змішувальна камера; 3 – фільтр; 4 – камера обслуговування; 5 – секції калориферів першого підігріву, 6 – зрошувальна камера, 7 – направляючий апарат, 8 – припливний вентилятор, 9 – секції калориферів другого підігріву, 10 – шумоглушники, 11 – насос, 12 – витяжний вентилятор, 13 – повітропровід. К - клапан, Т – терморегулятор, В – волого регулятор.

У теплий період року зовнішнє повітря за рахунок розрідження, створюваного припливним вентилятором 8, надходить в кондиціонер через приймальний клапан К1, очищається у фільтрі 3, охолоджується в зрошувальній

камері 6, підігрівається в секціях калориферів другого підігріву 9 (у разі необхідності) і нагнітається. Замість зрошувальної камери кондиціонер може бути обладнаний поверхневим зрошуваним охолоджувачем повітря. Теплове навантаження секцій другого підігріву практично не залежить від температури зовнішнього повітря, тому для них готують теплоносій із постійними параметрами, що покращує умови регулювання. У кондиціонерах особливо великої продуктивності в результаті процесів змішування, нагріву та охолодження відбувається значне розшарування повітря за температурою. Найбільш рівномірні параметри має повітря після перемішування у вентиляторі. Тому кондиціонери, в яких вологість регулюється методом точки роси (тобто шляхом підтримки заданої температури повітря за зрошувальною камерою), слід збирати таким чином, щоб секції калориферів другого або місцевого підігріву 9 встановлювалися на стороні нагнітання. До форсунок зрошувальної камери 6 насосом 11 підводиться холодна вода зовнішнього джерела. Її температура регулюється клапаном К4, який керується терморегулятором Т2. Між робочими секціями кондиціонера встановлюються камери обслуговування 4 і повітряні (змішувальні) камери 2. Останні встановлюються тільки при пристрої рециркуляції повітря. Повітря з приміщення, що обслуговується, видаляється витяжною системою з вентилятором 12. Необхідність установки на повітроводах глушників аеродинамічного шуму 10 та їх розміри визначаються розрахунком.

У холодний період року зовнішнє повітря підігрівається в секціях калориферів першого підігріву 5, зволожується в зрошувальній камері 6, що працює в цей період на воді рециркуляційної, і догрівається в секціях другого підігріву 9.

Використання в центральному кондиціонері рециркуляції дозволяє істотно зменшити витрати теплової енергії, які пов'язані з підігрівом повітря в холодну пору року.

Саме з цих міркувань проектом передбачено використання центрального кондиціонера із рециркуляцією виробництва фірми CLIVET (Італія).

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		18

Корпус кондиціонера виконаний на базі каркасу з алюмінієвих профілів, до яких приєднані постійні та знімні (для доступу до агрегатів) панелі.

Панелі складаються із зовнішнього та внутрішнього оцинкованих листів, між якими знаходиться мінераловатна теплоізоляційна прокладка.

З метою полегшення підходу до вузлів обладнання передбачені дверцята та знімні панелі з боку обслуговування.

Розміри секцій уніфіковані та залежать від витрати та швидкості повітря, що охолоджується в кондиціонері. Вибір того чи іншого компонування (технологічної лінії обробки повітря) залежить від багатьох факторів, насамперед від призначення та режиму використання приміщень, конструктивних особливостей приміщень, санітарно-гігієнічних, будівельно-монтажних, експлуатаційних, економічних вимог.

Нижче наведено детальну інформацію про секції, які використовуються в установці.

1.1.2 Секція підігріву.

Секція є водним теплообмінником, виготовленим з мідних трубок (8 рядів) з алюмінієвими ребрами. Як робоче середовище використовується вода. Колектори виготовлені з мідних трубок. Вхідні та вихідні патрубки колектора мають зовнішнє різьблення. Колектори обладнані додатковими патрубками для спуску води та відведення повітря.

Кожух теплообмінника має спеціальні транспортні утримувачі, які полегшують його демонтаж та транспортування.

Ребра трубок теплообмінника виконано пластинчастими ребрами з кроком 4.0 мм. Це забезпечує високу теплопередачу за низького аеродинамічного опору теплообмінника. На рис. 1.4. наведена конструкція теплообмінника.

					<i>ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ</i>	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

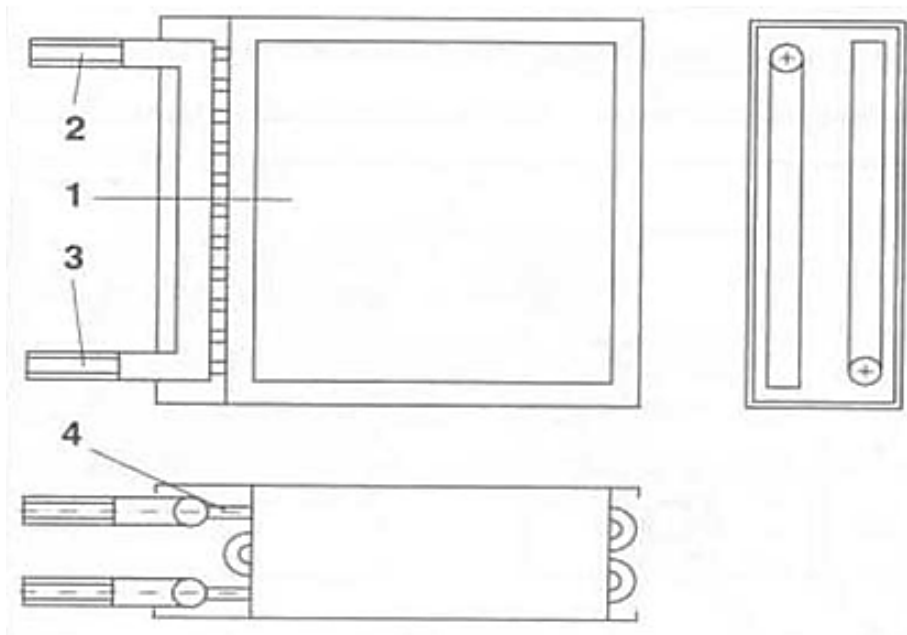


Рисунок. 1.4. Конструкція теплообмінника

1 – сталевий кожух;

2,3 – вхідний та вихідний патрубки колектора з різьбленням;

4 - мідні трубки з алюмінієвим пластинчастим ребра.

Секція характеризується такими параметрами:

- максимальна температура робочого середовища: +150 °С;
- максимальний робочий тиск води: 1,6 МПа;
- гідравлічний опір: 5-25 кПа;

Проведено гідравлічне випробування на заводі тиском: 2,4 МПа.

1.1.3 Секція фільтрації

Через необхідність забезпечення фільтрації підвищеної якості компонування центрального кондиціонера можуть бути включені дві секції - первинної і вторинної фільтрації.

Проектом передбачено встановлення однієї секції – первинної фільтрації. Повітряний фільтр є обладнанням для очищення припливного (а в ряді випадків і витяжного) повітря. Конструктивне рішення фільтра визначається характером

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ

Арк.

20

пилу та бажаною чистотою повітря. За розмірами елементів, які ефективно вловлюються, у європейських стандартах фільтри поділяють на три класи:

- фільтри грубої очистки;
- фільтри тонкого очищення;
- фільтри особливо тонкого очищення.

Фільтри грубої очистки затримують частини від 10 мкм і більше, при тонкій - 1 мкм і більше, при особливо тонкій - до 0.1 мкм.

Залежно від ефективності очищення у кожному класі виділяють кілька типів фільтрів. У секцію первинної фільтрації вмонтовані кошикові фільтри EU3 (рис.1.5.)

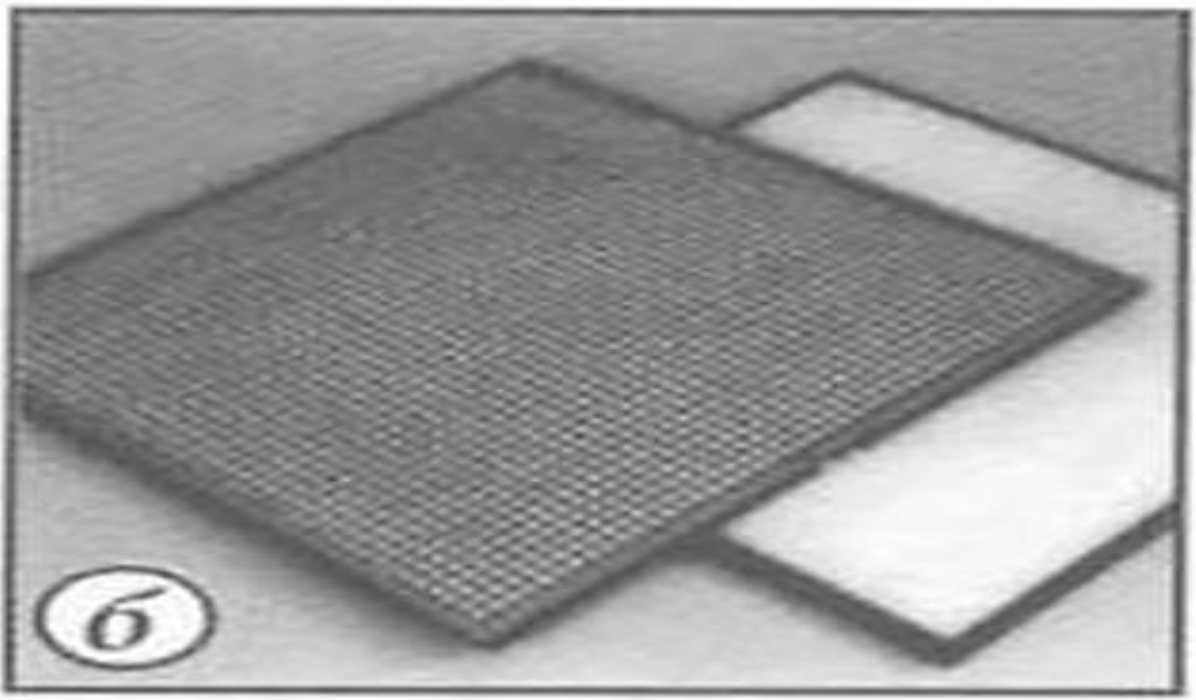


Рисунок 1.5 - Кошиковий фільтр EU3

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ

Арк.

21

Кошиковий фільтр зібраний з декількох фільтруючих елементів зі стандартними розмірами. Фільтруючі елементи закріплені в рамках за допомогою пружинних захватів, що забезпечують герметичність, а також швидку та легку їх зміну.

Тканина, що фільтрує, виконана з супертонких синтетичних волокон, не гігроскопічних, стійких до більшості органічних розчинників. Фільтри можуть працювати за температури до 60 °С.

Середнє значення ефективності фільтру, що вказує на відсоток затриманого пилу, для фільтрів класу EU3 становить 80-90%.

З метою поточного контролю забруднення фільтрів використані реле перепаду тиску DBL-205F виробництва S+S Regeltechnik (Німеччина) з діапазоном 20-200 Па. (рис.1.6)



Рисунок. 1.6. Реле перепаду тиску DBL-205F

При досягненні кінцевого припустимого перепаду тиску (200 Па) реле сигналізує у необхідності зміни фільтра.

1.1.4 Секція шумозаглушення

Секція призначена для зменшення рівня шуму, що утворюється центральним кондиціонером, а саме вентиляторами, насосами, потоками робочих середовищ, розподільники повітря тощо.

Низький рівень шуму є одним із основних критеріїв комфорту, від якого значною мірою залежить самопочуття людини.

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		22

Джерелом шуму вентиляторів є коливальні явища, які супроводжують їхню роботу. Коливальні процеси аеродинамічного походження викликають аеродинамічний шум, а механічні коливання елементів конструкцій викликають шум, який поширюється по конструкціях будівлі та повітропроводів.

У повітропроводи, приєднані до патрубку вентилятора, що нагнітає і всмоктує, потрапляє аеродинамічний шум, в навколишній простір потрапляє переважно механічний шум приводу, хоча аеродинамічний шум має також істотне значення.

Усередині секції шумоприглушення закріплені звукопоглинаючі пластини, які виготовлені з кількох пластів мінеральної вати спеціально підібраної щільності. Зовнішня поверхня мінеральної вати посилена скловолокнистим шаром.

Звуковбирний матеріал має протиабразивну обробку для зменшення втрати напору через тертя.

Ця секція характеризується такими параметрами:

- довжина 900 мм;
- ефективність поглинання шуму в діапазоні 500-4000 Гц;
- допустима за умовами шумогенерації швидкість повітря в секції шумоприглушення – 4-12 м/с.

1.1.5 Вентиляторна секція

Вентиляторна секція призначена для відібрання повітря до центрального кондиціонера та його подання до приміщень (рис.1.7).

У центральному кондиціонері застосовано радіальний вентилятор середнього тиску. Вентилятори характеризуються великим ККД і дозволяє регулювати продуктивність зміною кількості обертів. Вентилятор має наступні конструктивні особливості:

- Колесо вентилятора обертається електродвигуном через ремінну передачу.
- Шків закріплені на валах двигунів та вентиляторів за допомогою затискної втулки, завдяки чому демонтаж здійснюється швидко та легко.

					<i>ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ</i>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

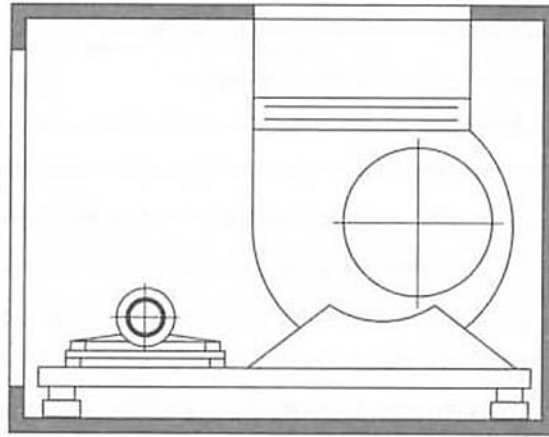


Рисунок 1.7 - Вентиляторна секція центрального кондиціонера

- Вентилятор із двигуном та ремінною передачею розташований на загальній рамі всередині секції, утворюючи вентиляторну групу.
- Вся група монтується на гумових амортизаторах на санчатах і пересувається на них всередині корпусу. Амортизатори демпфують коливання та запобігають передачі шуму.

Продуктивність вентиляторної секції відповідає потужності центрального кондиціонера. Вентиляторна секція характеризується такими параметрами:

- максимальна температура роботи вентилятора: 85 °С;
- максимальна температура роботи двигуна: 40 °С;
- діапазон експлуатаційних температур: -30 °С ...+80 °С;
- напір вентилятора: 1500 Па.

1.1.6 Повітряний клапан

Регулювання кількості повітря (зовнішнього та рециркуляційного), що подається до центрального кондиціонера, здійснюється повітряними клапанами (рис.8.)



Рисунок 1.8 - Повітряний клапан на вході до кондиціонера

Конструкція клапана багато стулкова, з паралельно встановленими лопатками. Регулювання здійснюється за допомогою електроприводу БЕЛІМО, що встановлений на клапані (рис. 1.9).



BELIMO

Рисунок 1. 9 - Електропривод повітряної засувки виробництва **Belimo**

Привід легко встановлюється на вал засувки за допомогою спеціального хомута. Клапани зовнішнього та рециркуляційного повітря працюють у заблокованому режимі.

1.2 Характеристика центрального кондиціонера як об'єкта керування

У сучасних центральних кондиціонерах передбачені контури регулювання температури та вологості припливного або внутрішнього повітря приміщень, які включають до свого складу датчики, контролери та виконавчі механізми. Застосовуються контролери як вільно програмовані, так і з жорсткою програмою.

У кожному випадку обов'язково забезпечується доступ до зміни уставок, наприклад заданої температури в приміщенні.

Система керування кондиціонером дозволяє автоматично або вручну керувати роботою окремих апаратів залежно від температури зовнішнього повітря, змінюючи при цьому режими Зима/Літо.

Одночасно забезпечується контроль за станом забруднення фільтрів та за роботою вентиляторів – за перепадом тиску на дифманометрах, які приєднані до штуцерів до та після вказаного обладнання.

При використанні електричних повітрянагрівачів їхня робота контролюється за допомогою попереджувальних термостатів.

При використанні водних повітрянагрівачів передбачено їх захист від заморожування. Скидання аварійного сигналу заморожування після усунення причини аварійної ситуації зазвичай відбувається вручну.

Системи керування центральними кондиціонерами у наш час будуються на багатофункціональних мікропроцесорних контролерах, які можуть забезпечувати таймерне управління, самодіагностику системи порушень у роботі, індикацію статусу та запам'ятовування аварійних ситуацій.

Основні характеристики центрального кондиціонера, застосованого у цьому проекті, наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики центрального кондиціонера

№	Характеристика	Значення
1	Модель кондиціонеру:	Clivet, CV4
2	Расход повітря, м ³ /ч:	5500
3	Розміри стандартної секції, мм:	900*900
4	Швидкість повітря в кондиціонері, м/с:	2.5
5	За класом:	рециркуляція
6	Напір вентиляторів, Па:	1500
7	За часом роботи:	Цілий рік
8	Крок ребер теплообмінника, мм:	4
9	Максимальна температура робочого середовища, °C:	150

10	Максимальний робочий тиск води, МПа:	1.6
11	Гідравлічний опір, кПа:	20
13	Тип використаних фільтрів:	EU3
14	Максимальна температура на фільтрах, °C:	60
15	Середнє значення ефективності фільтра, %:	80-90
16	Діапазон ефективного поглинання шуму, Гц;	500-4000
17	Максимальна температура роботи вентилятора, °C:	85
18	Максимальна температура роботи двигуна вентилятора, °C:	40
19	Діапазон експлуатаційних температур, °C:	-30 ...+80

РОЗДІЛ 2.

СИНТЕЗ АСР.

Завданням регулювання є підтримання необхідної комфортної температури повітря. Регулювання температури виконується шляхом зміни положення клапана повітронагрівача зворотної лінії теплоносія.

Повітронагрівач може бути двох типів:

- водний;
- електричний.

Водний повітронагрівач є теплообмінником, виготовленим з мідних трубок (8 рядів) з алюмінієвими ребрами. Як робоче середовище використовується вода. Колектори виготовлені з мідних трубок. Вхідні та вихідні патрубки колектора мають зовнішнє різьблення. Колектори обладнані додатковими патрубками для спуску води та відведення повітря.

Ребра трубок теплообмінника виконано пластинчастими ребрами з кроком 4.0 мм. Це забезпечує високу теплопередачу за низького аеродинамічного опору теплообмінника.

Електричні нагрівачі виконані у формі прямокутного паралелепіпеда із встановленими в корпусі нагрівальними елементами у вигляді спіралі або ТЕНів.

Як було зазначено вище, у цьому проекті передбачено встановлення водних повітронагрівачів.

2.1. Одноконтурна АСР температури

Ділянкою регулювання є теплообмінник (повітронагрівач). Необхідно підтримувати задану температуру повітря $t_p = t_p^*$. Схема ділянки регулювання зображено на рис. 2.1.

Вхідний та вихідний величинами ділянки регулювання є відповідно температури повітря до та після теплообмінника. Регулюючою дією є витрата теплоносія (води) D_v .

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		28

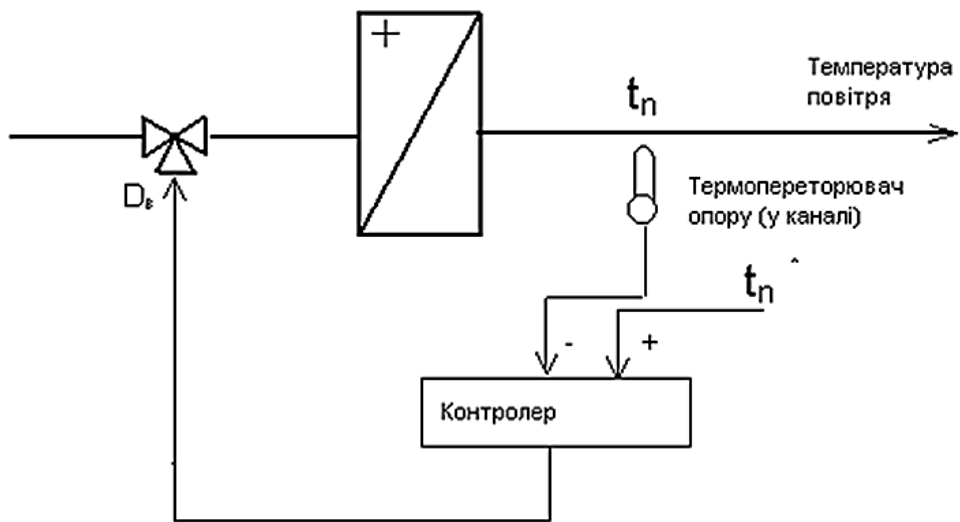


Рисунок 2.1 - Одноконтурна АСР температури

Така схема регулювання застосовується досить часто, оскільки забезпечує достатню якість регулювання та швидкодію та менші витрати на придбання та монтаж порівняно з каскадною схемою.

2.2. Каскадна АСР температури

$W_k(s)$ - функція, що передає коригувального регулятора;

$W_c(s)$ - передавальна функція стабілізуючого регулятора;

$W_{in}(s)$ - Передавальна функція інерційної частини об'єкта управління;

$W_{об}(s)$ - Основною відмінністю каскадної АСР температури від одноконтурної є те, що об'єкт $W_{об}$ розділений на дві частини – швидкісну $W_{шв}$ та інерційну $W_{ін}$ (мал.11).

$W_{ен}(s)$ - передавальна функція випереджаючої частини об'єкта управління $W_{об}(s)$;

Г.3.3 – головний зворотний зв'язок;;

М.3.3. – місцевий зворотний зв'язок.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ

Арк.

29

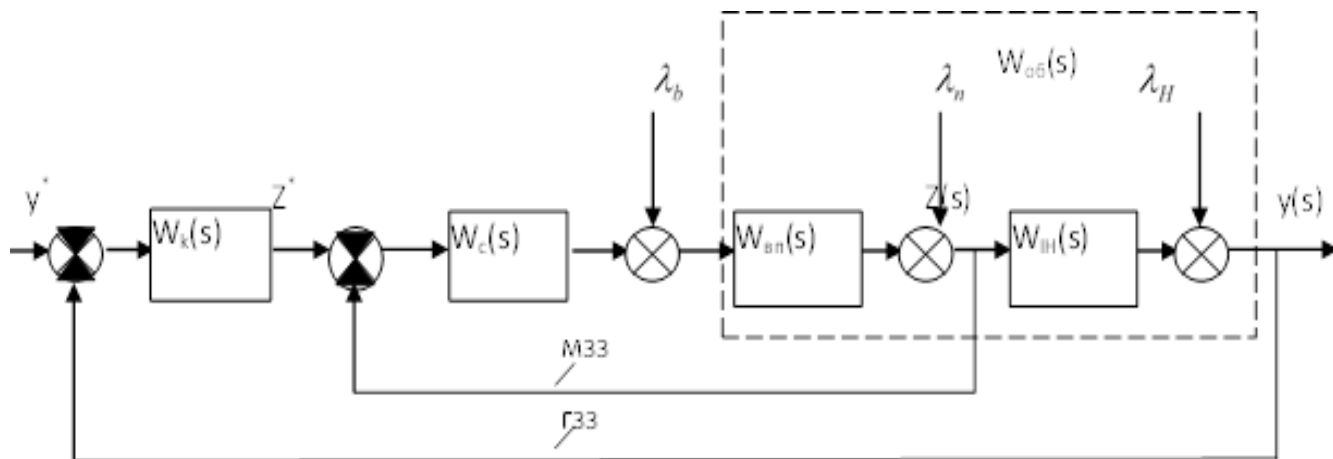


Рисунок 2.2 - Каскадна АСР температури

Параметром проміжної точки об'єкта є параметр Z . Постійний час швидкісного об'єкта становить десятки секунд, інерційного – сотні секунд. Внаслідок цього проміжний параметр Z (температура в каналі) значно швидше реагує на збурення з боку РВ, ніж регульований параметр y (температура в приміщенні). Канал передачі дії проміжного параметра Z є додатковим інформаційним, так як параметр Z вимірюється. Система має два регулятори – стабілізуючий (внутрішній, допоміжний) $W_{ст}$ та коригуючий $W_{кор}$. Коригуючий регулятор стабілізує на завданні регульований параметр y тому він і називається головним. Цей регулятор змінює, тобто коригує завдання регулятора, що стабілізує. Таким чином, коригуючий та стабілізуючий регулятори з'єднані каскадно. Стабілізуючий регулятор підтримує завдання проміжний параметр Z . Зворотний зв'язок для головного регулятора називається головним г.з.з., а для допоміжного – місцевим м.з.з.

Порівняно з одноконтурною системою, каскадна АСР є інерційнішою (внаслідок встановлення датчика у великому виробничому приміщенні), і оскільки до регулювання температури не пред'являються великі вимоги, одноконтурна АСР є більш поширеною.

Таким чином, у рамках даного проекту буде розроблена одноконтурна АСР, тобто система регулювання температури в каналі.

2.3. Описання моделі об'єкту

Об'єктом регулювання є теплообмінник (нагрівач повітря). Необхідно підтримувати задану температуру повітря у каналі $t_p = t_p^*$. Вхідною та вихідною величинами ділянки регулювання являються відповідно температури зовнішнього повітря та температура повітря після теплообмінника у каналі. Регулюючою дією являється витрата теплоносія (води) D_v .

Об'єкт уявляє собою послідовне з'єднання аперіодичної ланки першого порядку та ланки транспортного запізнення. Даний об'єкт є об'єктом з самовирівнюванням.

$$W_{об}(p) = \frac{K_{об}}{T_{об} \cdot p + 1} \cdot e^{-\tau_{об} \cdot p} \quad (2.1)$$

Коефіцієнт передачі об'єкта: $K_{об} = 0.5 \text{ } ^\circ\text{C} / \% \text{PO}$.

Стала часу: $T_{об} = 50 \text{ с}$.

Транспортне запізнення: $\tau_{об} = 30 \text{ с}$.

$$W_{об}(p) = \frac{0.5}{50 \cdot p + 1} \cdot e^{-30 \cdot p} \quad (2.2.)$$

Структурна схема об'єкту управління має наступний вигляд (рис.2.3.):

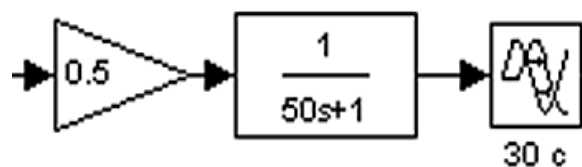


Рисунок. 2.3. Структурна схема об'єкту управління

Перехідна характеристика об'єкта (реакція об'єкта на одиничну ступеневу дію) наведена нижче (рис.2.4):

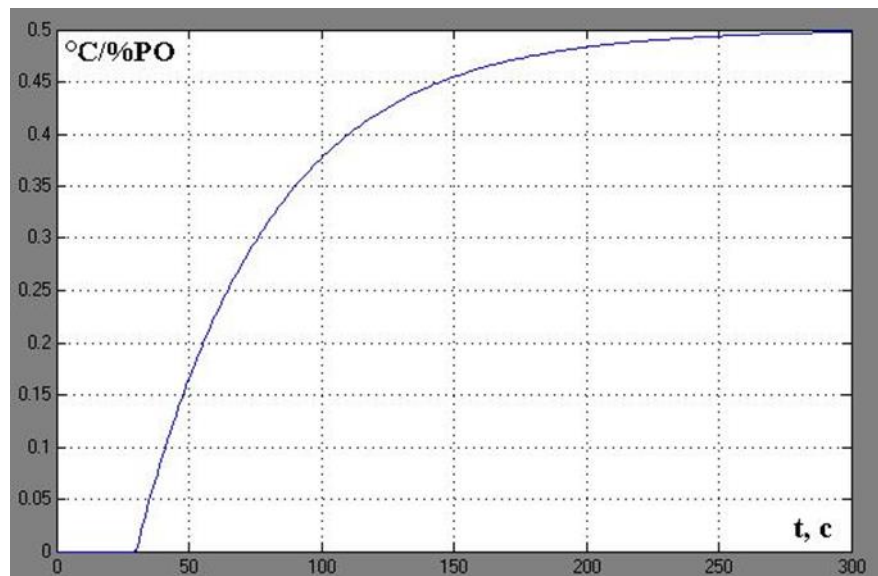


Рисунок 2.4 - Перехідна характеристика об'єкту управління.

2.4. Розрахунок ПІ-регулятора

Розрахуємо коефіцієнти налагодження ПІ-регулятора для одноконтурної АСР методом РАФХ (розширених амплітудо-фазових характеристик). Структурна схема одноконтурної АСР наведена на рис.2.5

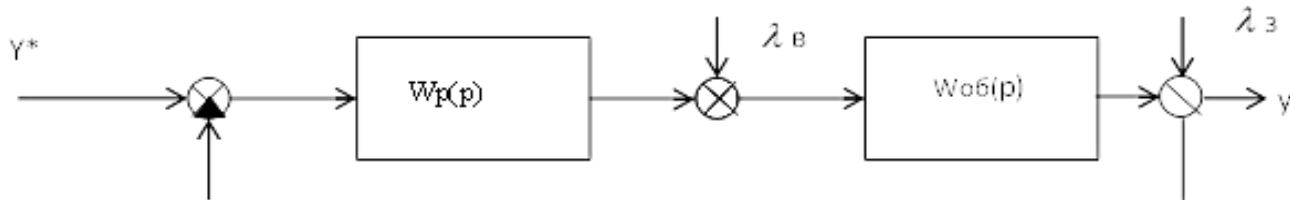


Рисунок. 2.5. Структурна схема одноконтурної АСР

λ_v – внутрішні збурення (збурення з боку РО);

λ_z – зовнішні збурення;

$W_{об}(p)$ – передавальна функція об'єкта.

Передавальна функція регулятора має наступний вигляд:

$$W_p(s) = Kp \left(1 + \frac{1}{Ti \cdot p} \right) \quad (2.3)$$

де Kp – коефіцієнт передачі, од. вх./од. вих.;

Ti – стала інтегрування, с.

Розрахунок настроювань регулятора методом РАФХ будемо робити за допомогою програми ППІ MATLAB. Рис. 2.6.

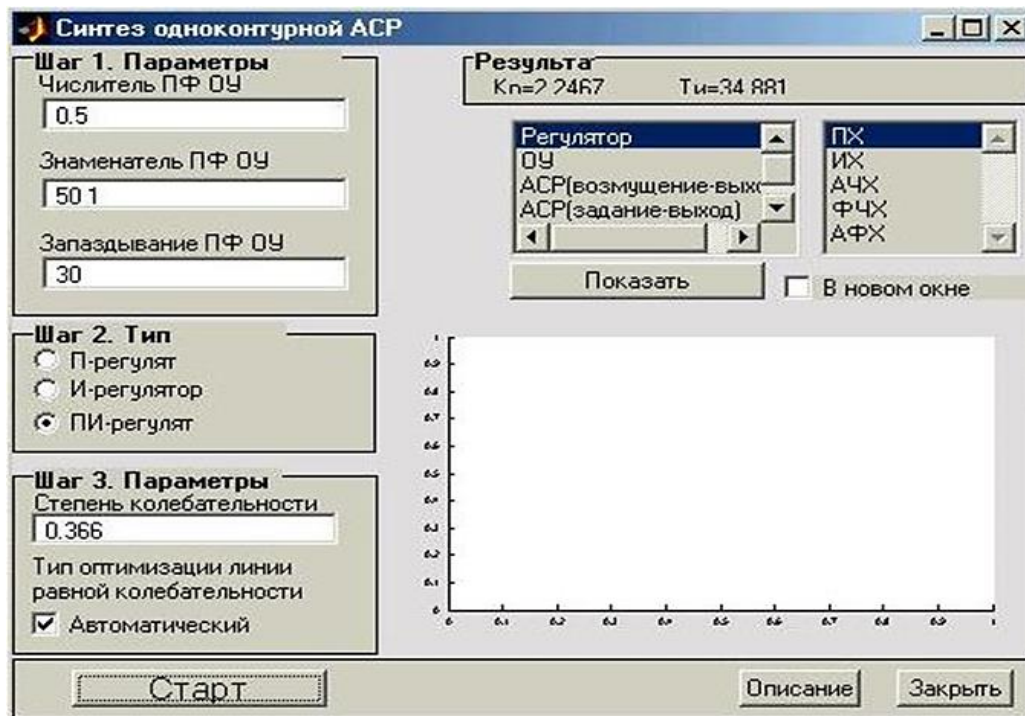


Рисунок 2.6 - Интерфейс програми

Розширену АФХ лінійної динамічної системи одержують шляхом підстановки в її передавальну функцію значення комплексної змінної $p = \omega (i-m)$, де ω - частота, m – ступінь коливальності.

Ступенем коливальності називають абсолютну величину відношення дійсної складової кореня характеристичного рівняння замкненої системи до його уявної частини для кореня з найменшим значенням цього відношення.

Цей непрямий критерій якості регулювання в найпростішій коливальній системі другого порядку однозначно пов'язаний із прямим критерієм - ступенем згасання коливань:

$$\psi = (y_n - y_{n+2}) / y_n ; \quad (2.4)$$

де y_n і y_{n+2} - відповідно n -а і $(n+2)$ -а амплітуди перехідного процесу. Обираємо ступінь загасання 0.9, так як він відповідає обраному методу розрахунку - 20%-е перерегулювання. Ступеню згасання $\psi=0,9$ відповідає ступінь коливальності $m = 0,366$.

Метод РАФХ забезпечує прийнятну точність оптимізації настроювання одноконтурних автоматичних систем з типовими законами регулювання, у тому числі і з пропорційно-інтегральним (ПІ). Суть методу полягає в наступному.

Передавальна функція замкненої одноконтурної системи має вигляд:

$$W_{zc}(p) = \frac{W_{об}(p)}{1 + Wp(p) \cdot W_{об}(p)}, \quad (2.5)$$

де $W_{об}(p)$ і $Wp(p)$ - передавальні функції відповідно об'єкта керування і регулятора.

Звідси характеристичне рівняння замкненої системи буде мати вигляд:

$$1 + Wp(p) \cdot W_{об}(p) = 0 \quad (2.6)$$

Виразимо розширені АФХ об'єкта керування і регулятора через їх дійсні та уявні частини:

$$\left. \begin{aligned} W_{об}(m, \omega) &= P_{об}(m, \omega) + iQ_{об}(m, \omega); \\ Wp(m, \omega) &= Pp(m, \omega) + iQp(m, \omega). \end{aligned} \right\} \quad (2.7)$$

Підставляючи в (2.6) значення (2.7), одержимо рівняння границі заданого ступеня коливальності :

$$1 + [P_{об}(m, \omega) + iQ_{об}(m, \omega)] \cdot [Pp(m, \omega) + iQp(m, \omega)] = 0. \quad (2.8)$$

Розглянемо метод стосовно розрахунку ПІ-регулятора.

Відзначимо, що другий параметр настроювання ПІ-регулятора Tu застосовується також у формі коефіцієнта передачі по інтегралу:

$$Ku = \frac{K_{\Pi}}{Tu}. \quad (2.9)$$

Розширена АФХ регулятора виходить з (4.3) з урахуванням співвідношення (4.9) підстановкою $p = \omega(i - m)$:

$$\left. \begin{aligned} Pp(m, \omega) &= K_{\Pi} - \frac{Ku \cdot m}{\omega(m^2 + 1)}; \\ Qp(m, \omega) &= -\frac{Ku}{\omega(m^2 + 1)}. \end{aligned} \right\} \quad (2.10)$$

З рівняння (2.8) підстановкою значень складових розширеної АФХ регулятора з виразів (2.10) можна одержати розрахункові формули для визначення пари настроювань регулятора в координатах

$$K_{\Pi} \text{ і } Ku = K_{\Pi} / Tu$$

через складові розширеної АФХ об'єкта керування:

$$\left. \begin{aligned} K_{II} &= -\frac{m \cdot Q_{o\bar{o}}(m, \omega) + P_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}; \\ K_{II} &= -\omega(m^2 + 1) \cdot \frac{Q_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}, \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

де $A_{o\bar{o}}(m, \omega)$ - розширена амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) об'єкта керування,

$$A_{o\bar{o}}(m, \omega) = \sqrt{P_{o\bar{o}}^2(m, \omega) + Q_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}. \quad (2.12)$$

З отриманих пар значень K_{II} і K_{II} , що забезпечують $m = const$, оптимальну пару параметрів настроювання ПІ-регулятора обирають за допомогою інтегрального квадратичного критерію. Щодо розрахунку на ЕОМ значення інтеграла записується у виді кінцевої суми:

$$I_2 = \frac{1}{\pi} \sum_{\omega=\Delta\omega}^{\omega_{cp}} \frac{A_{zc}(\omega)}{\omega^2} \Delta\omega, \quad (2.13)$$

де ω_{cp} - частота зрізу;

$A_{zc}(\omega)$ - АЧХ замкненої системи по каналі «внутрішнє збурення - регульована величина»;

$\Delta\omega$ - інтервал квантування частоти.

Оптимальні настроювання ПІ-регулятора відповідають мінімуму інтеграла. Порядок розрахунку складових $P_{o\bar{o}}(m, \omega)$ і $Q_{o\bar{o}}(m, \omega)$ аналогічний розрахунку звичайної АФХ об'єкта керування.

Під частотою зрізу розуміють частоту, при якій значення АЧХ таке, що їм можна зневажити:

$$A_{zc}(\omega_{порівн}) \leq (0.05 - 0.10) \cdot A_{zc}(\omega_{рез}) \quad (2.14)$$

Як уже відзначалося раніше, для 20 % перерегулювання ступінь загасання коливань $\psi = 0,9$, цьому значенню відповідає ступінь коливальної стійкості $m = 0,366$, рис. 2.7.

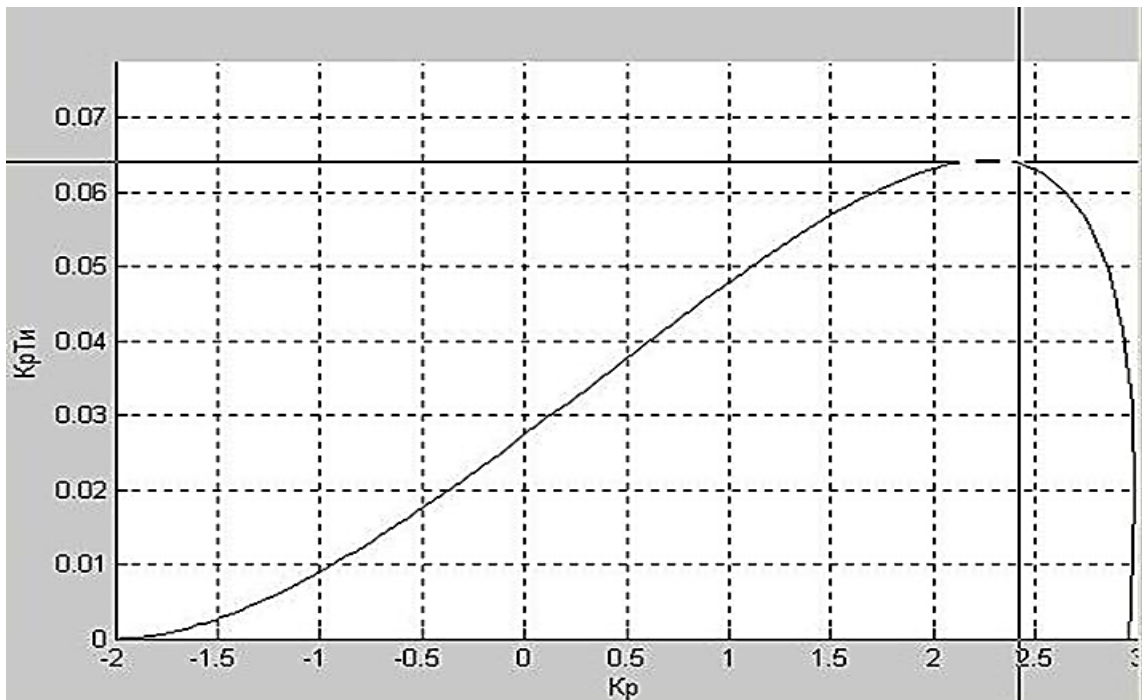


Рисунок 2.7 - Лінія рівного ступеню коливальності

Таким чином, була побудована лінія рівного ступеню коливання та з отриманої родини пар значень і була обрана оптимальна пара параметрів настроювання ПІ-регулятора (оптимальні значення знаходяться справа від точки максимуму). В результаті автоматичного обчислення була отримана та сама пара параметрів:

$$K_n = 2.25 \% \text{PO} / ^\circ\text{C} \quad (2.15)$$

$$T_u = 34.88 \text{ с} \quad (2.16)$$

2.5. Аналіз розробленої АСР

На рис.2.8 зображений перехідний процес у замкненій системі при нанесенні одиничного збурення з боку задавача.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ

Арк.

36

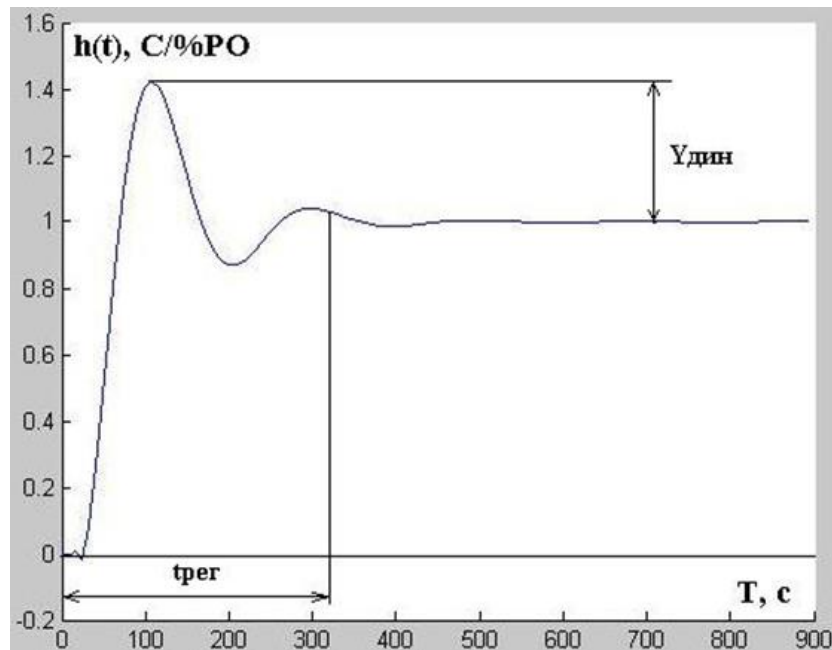


Рисунок 2.8 - Перехідний процес у замкненій системі при нанесенні одиничного збурення з боку задавача

На рис. 2.9 зображений перехідний процес у замкненій системі при нанесенні одиничного збурення з боку регулюючого органу.

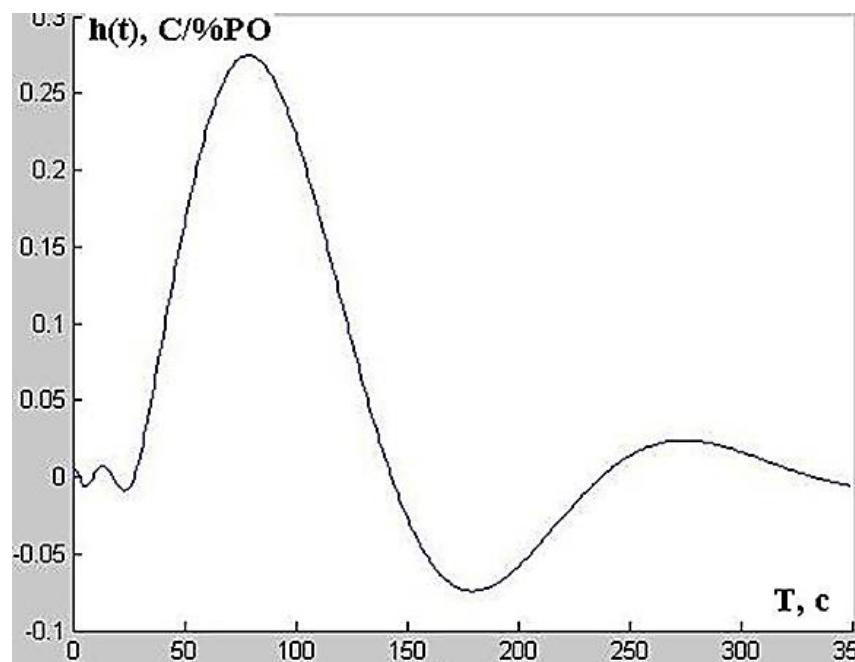


Рисунок. 2.9. Перехідний процес у замкненій системі при нанесенні одиничного збурення з боку регулюючого органу.

Критерії якості для перехідного процесу по каналу «завдання-вихід»:

- динамічний викид $y_{дин} = y_{max} - y_0 = 1.41 - 1 = 0.41^{\circ}C/\%PO$;
- час регулювання $\tau_p = 325c$;
- перерегулювання $\eta = \frac{y_2}{y_1} \cdot 100\% = \frac{0.09}{0.41} \cdot 100\% = 22\%$;
- ступінь згасання коливань: $\Psi = \frac{y_1 - y_3}{y_1} = \frac{0.41 - 0.04}{0.41} = 0.90$.

Критерії якості для перехідного процесу по каналу «внутрішнє збурення-вихід»:

- динамічний викид $y_{дин} = y_{max} - y_0 = 0.275 - 0 = 0.275^{\circ}C/\%PO$;
- час регулювання $\tau_p = 325c$;
- перерегулювання $\eta = \frac{y_2}{y_1} \cdot 100\% = \frac{0.075}{0.275} \cdot 100\% = 27\%$;
- ступінь згасання коливань: $\Psi = \frac{y_1 - y_3}{y_1} = \frac{0.275 - 0.025}{0.275} = 0.90$.

Проведемо дослідження сталості системи. Для цього побудуємо АФХ розімкненої системи.

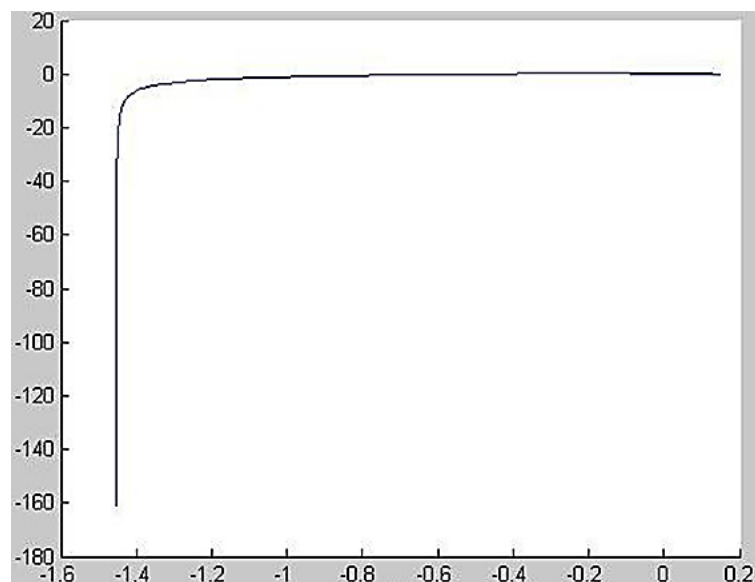


Рисунок. 2.10. АФХ розімкненої системи

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ

Арк.

38

Таким чином, як видно з рис. 2.10, оскільки АФХ розімкненої системи не охоплює крапку з координатами $(-1, i0)$, то дана розімкнена система є сталою, тому буде сталою і відповідна замкнена система.

АФХ замкненої системи зображена на рис. 2.11.

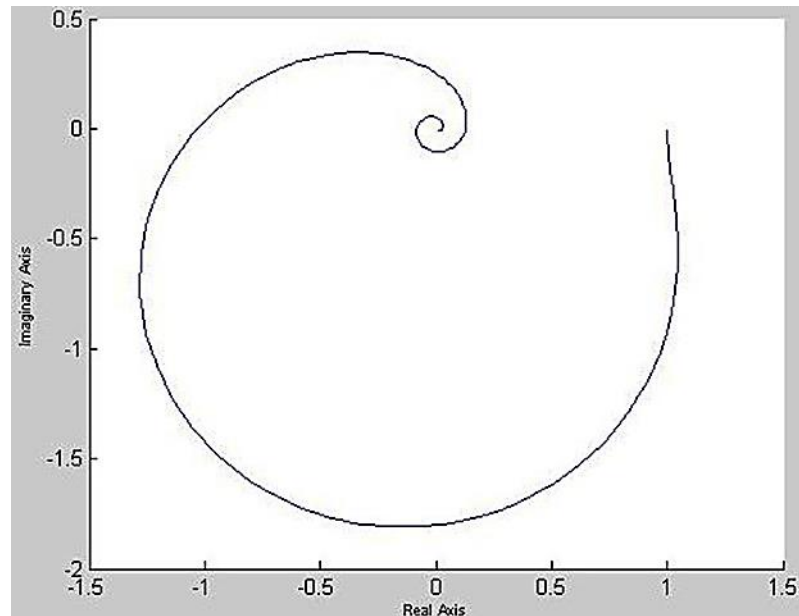


Рисунок 2.11 - АФХ замкненої системи

РОЗДІЛ 3.

ОСНОВНІ РІШЕННЯ З АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ

3.1. Автоматичне регулювання та контроль.

Для регулювання температури використовуються сучасні спеціалізовані багатофункціональні мікропроцесорні контролери для систем вентиляції та кондиціонування виробництва “Раут-Автоматік” (Україна). контролер «Aeroclim 9s».

Системи побудовані з використанням уніфікованих сигналів: (0-5) ма, (0-20) ма, (0-10) ст.

Уніфікація інформаційних сигналів має такі переваги щодо використання різнорідних сигналів:

- Можливість заміни приладів;
- Збільшення можливості централізованого контролю.

Проектом передбачено забезпечення контролю за станом забруднення фільтрів (поз. 2-1 для кондиціонера П1) та за роботою вентиляторів (поз. 5-1 для П1, поз. 11-1 для П2, пере. тиску DBL-205 виробництва «S+S Regeltechnik» Німеччина, які приєднані до штуцерів до та після вказаного обладнання.

Передбачено захист водних повітрянагрівачів від заморожування холодним повітрям. У повітропроводах встановлюються термостати захисту від заморожування ТС-3 виробництва «ІМІТ» Іспанія (поз. 4-1 для П1 поз. 10-1 для П2 поз. 17-1 для П3). Скидання аварійного сигналу заморожування після усунення причин аварійної ситуації відбувається вручну.

Для системи П3 додатково передбачен термостат зовнішнього повітря (поз. 14-1). Для вимірювання температур використовуються термоперетворювачі опору ТСМ1-2-50М виробництва АТЗТ "ТЕРА", Чернігів. Для кожного кондиціонера передбачено вимірювання температур у трьох місцях – на всмоктуванні зовнішнього повітря, температури зворотного теплоносія, температури у каналі перед приміщенням. На схемі автоматизації функціональної термоперетворювачі опору позначені відповідно:

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

- для П1: поз. 1-1, 3-1, 6-1;
- для П2: поз. 7-1, 9-1, 12-1;
- для П3: поз. 13-1, 16-1, 19-1.

Засувки зовнішнього та рециркуляційного повітря використовуються засувки виробництва «MADEL» Іспанія. Засувки зовнішнього та рециркуляційного повітря блоковані (див. розділ 3.2.). Приводи повітряних засувок використовуються електроприводи зі стандартним аналоговим сигналом 0..10 В, напругою живлення 24 В і зусиллям 4 Нм виробництва «BELIMO» Швейцарія. У разі потреби приводом можна керувати вручну. Зупинка відбувається автоматично при досягненні кінцевих положень.

У зворотній лінії теплоносія встановлені кульові латунні клапани, що регулюють електроприводами.

Лінійність характеристики досягається за допомогою встановлення спеціального коригуючого диска.

Для кондиціонерів П1 та П2 використовуються приводи типу 3-point, для П3 – привід з аналоговим виходом 0..10 В. Існує можливість керування клапанами вручну, як і повітряними засувками.

3.2. Робота систем у режимах “Зима”-“Літо” та “Робітник”-“Черговий”

3.2.1. Система П1, П2

Автоматизована система здійснює управління припливними та витяжними вентиляторами, засувками зовнішнього та рециркуляційного повітря, клапанами повітрянагрівачів установок П1, П2.

Система працює у кількох режимах - "Зима-Літо", "Робітник-Черговий". Вибір режиму "Зима-Літо" здійснюється перемикачем "РЕЖИМ: 3 Л", розташованим на дверях щита (загальний для двох установок). Вибір режиму "Робочий-Черговий" здійснюється перемикачем "РЕЖИМ: РАБ ДІЖ", розташованим на дверях щита (загальний для двох установок).

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Пуск та зупинка припливного вентилятора П1 (П2) здійснюється кнопками "П1. ПУСК" ("П2. ПУСК"), "П1. СТОП" ("П2. СТОП"), розташованими на дверях щита.

У режимах "Зима", "Робочий" система виконує такі функції:

- Вмикає/вимикає припливний вентилятор по командах обслуговуючого персоналу, які подаються за допомогою кнопок, розташованих на дверях щита;
- при подачі команди на включення припливного вентилятора, якщо температура зовнішнього повітря менша за $+3^{\circ}\text{C}$ і клапан повітрянагрівача був повністю відкритий менше 3-х хвилин, здійснює тимчасову затримку перед пуском припливного вентилятора;
- припливний вентилятор запуститься без затримки на прогрівання якщо клапан повітрянагрівача був повністю відкритий більше 3-х хвилин;
- при включеному припливному вентиляторі включає витяжний вентилятор В6 (В8 для встановлення П2);
- при включеному припливному вентиляторі та температурі зовнішнього повітря вище 0°C включає витяжний вентилятор В7 (В9 для встановлення П2);
- при включеному припливному вентиляторі та температурі зовнішнього повітря нижче 0°C вимикає витяжний вентилятор В7 (В9 для встановлення П2);
- при відключеному припливному вентиляторі вимикає витяжні вентилятори;
- при включеному припливному вентиляторі і температурі зовнішнього повітря більше 0°C , відкриває засувку зовнішнього повітря на 100%, повністю закриває засувку рециркуляційного повітря (засувки зовнішнього та рециркуляційного повітря працюють у заблокованому режимі; тобто при відкритті засувки зовнішнього повітря, закривається засувка; відкривається засувка рециркуляційного повітря); - при включеному припливному вентиляторі та температурі зовнішнього повітря менше 0°C , відкриває засувку зовнішнього повітря на 50%, закриває засувку рециркуляційного повітря на 50%;
- при відключеному припливному вентиляторі повністю закриває засувку зовнішнього повітря, відкриває засувку рециркуляційного повітря на 100%;
- при включеному припливному вентиляторі підтримує температуру повітря на заданому значенні шляхом впливу на клапан повітрянагрівача;

					<i>ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		42

– при відключеному припливному вентиляторі повністю відкриває клапан теплоносія через повітронагрівач.

У режимах "Зима", "Черговий" система виконує такі функції:

– Вмикає/вимикає припливний вентилятор за командами обслуговуючого персоналу, які подаються за допомогою кнопок, розташованих на дверях щита;

– при включеному припливному вентиляторі витяжні вентилятори не включаються;

– за будь-якого стану припливного вентилятора повністю закриває засувку зовнішнього повітря, відкриває засувку рециркуляційного повітря на 100%;

– при включеному припливному вентиляторі підтримує температуру повітря на заданому значенні шляхом впливу на клапан повітронагрівача;

– при відключеному припливному вентиляторі повністю відкриває клапан теплоносія через повітронагрівач.

– У режимах "Літо", "Робочий" система виконує такі функції:

– Вмикає/вимикає припливний вентилятор по командах обслуговуючого персоналу, які подаються за допомогою кнопок, розташованих на дверях щита;

– при включеному припливному вентиляторі включає витяжні вентилятори В6 В7 (В8 В9 для установки П2);

– при включеному припливному вентиляторі відкриває засувку зовнішнього повітря на 100%, повністю закриває засувку рециркуляційного повітря;

– при відключеному припливному вентиляторі повністю закриває засувку зовнішнього повітря, відкриває засувку рециркуляційного повітря на 100%;

– за будь-якого стану припливного вентилятора повністю закриває клапан теплоносія через повітронагрівач.

У режимах "Літо", "Черговий" система виконує такі функції:

- повністю закриває засувку зовнішнього повітря, відкриває засувку рециркуляційного повітря на 100%;

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

- повністю закриває клапан теплоносія через повітронагрівач. За допомогою кнопок, які розташовані на дверях щита, припливний вентилятор запустити неможливо.

У будь-яких режимах роботи система виконує такі функції:

- при включеному припливному вентиляторі виконує контроль його роботи (за реле перепаду тиску);
- проводить контроль роботи кожного увімкненого витяжного вентилятора (за контактом пускача);
- здійснює захист двигунів всіх вентиляторів від перегріву (термоконтакти двигунів);
- вимикає припливний вентилятор у разі виникнення його аварії чи аварії працюючого витяжного вентилятора;
- при включених вентиляторах проводить контроль стану фільтра;
- сигналізує про роботу установок і аварійні ситуації, що виникають (індикаторні лампи);
- здійснює захист повітронагрівача від заморожування;
- відключає всі вентилятори, що працюють, при виникненні пожежі.

Опис функцій, що виконуються системою, для установок П1 та П2 аналогічні.

3.2.2. Система ПЗ

Автоматизована система здійснює керування припливним вентилятором, засувками зовнішнього і рециркуляційного повітря, клапаном повітронагрівача.

Контролер працює в декількох режимах - "Зима-Літо", "Автоматичний-Ручний".

Вибір режиму "Зима-Літо", "Автоматичний-Ручний" здійснюється за допомогою кнопки, розташованої на лицьовій панелі контролера. Для забезпечення найбільш зручного режиму експлуатації можна встановити на контролері автоматичне визначення режиму "Зима-Літо" по температурі зовнішнього повітря.

Керування засувками зовнішнього і рециркуляційного повітря в режимах - "Зима-Літо", "Робочий-Черговий" здійснюється так само, як і для системи П1, П2.

У режимі роботи контролера - "Зима" система виконує наступні функції:

- вмикає/вимикає припливний вентилятор за командами обслуговуючого персоналу, що подаються за допомогою кнопок, розташованих на двері щита, або за допомогою кнопок, розташованих на лицьовій панелі контролера;
- при подаванні команди на вмикання припливного вентилятора, здійснює 3-х хвилинну затримку перед пуском вентилятора, необхідну для прогріву повітрянагрівача;
- при ввімкненому припливному вентиляторі підтримує температуру припливного повітря на заданому значенні шляхом впливу на клапан повітрянагрівача;
- при вимкненому приточном вентиляторі підтримує температуру зворотної води після повітрянагрівача на заданому значенні шляхом впливу на клапан повітрянагрівача;
- здійснює захист повітрянагрівача від заморожування.

У режимі роботи контролера - "Літо" система виконує наступні функції:

- вмикає/вимикає припливний вентилятор за командами обслуговуючого персоналу, що подаються за допомогою кнопок, розташованих на двері щита, або за допомогою кнопок, розташованих на лицьовій панелі контролера; -при ввімкненому припливному вентиляторі підтримує температуру припливного повітря на заданому значенні шляхом впливу на клапан повітрянагрівача;
- при вимкненому припливному вентиляторі цілком зачиняє клапан на потоку через повітрянагрівач.

При установці перемикачів режимів роботи засувок "РЕЖИМ: 3 Л" у положення "Л" і "РЕЖИМ: РАБ ДЕЖ" у положення "ДЕЖ" приточний вентилятор запустити неможливо.

У режимах роботи засувок зовнішнього і рециркуляційного повітря "Зима", "Робочий" система виконує наступні функції:

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		45

- при ввімкненому припливному вентиляторі і температурі зовнішнього повітря більше 0°C (визначається за термостатом зовнішнього повітря), відчиняє засувку зовнішнього повітря на 100%, цілком зачиняє засувку рециркуляційного повітря (засувки зовнішнього і рециркуляційного повітря працюють у заблокованому режимі;

- при ввімкненому припливному вентиляторі і температурі зовнішнього повітря менше 0°C, відчиняє засувку зовнішнього повітря на 50%, зачиняє засувку рециркуляційного повітря на 50%;

- при вимкненому припливному вентиляторі цілком зачиняє засувку зовнішнього повітря, відчиняє засувку рециркуляційного повітря на 100%.

У режимах роботи "Зима", "Черговий" система виконує наступні функції:

- при будь-якому стані припливного вентилятора цілком зачиняє засувку зовнішнього повітря, відчиняє засувку рециркуляційного повітря на 100%.

У режимах роботи "Літо", "Робочий" система виконує наступні функції:

- при ввімкненому припливному вентиляторі відчиняє засувку зовнішнього повітря на 100%, цілком зачиняє засувку рециркуляційного повітря;

- при вимкненому припливному вентиляторі цілком зачиняє засувку зовнішнього повітря, відчиняє засувку рециркуляційного повітря на 100%.

У режимах роботи "Літо", "Черговий" система виконує наступні функції:

- цілком зачиняє засувку зовнішнього повітря, відчиняє засувку рециркуляційного повітря на 100%.

Для забезпечення правильної роботи засувки зовнішнього і рециркуляційного повітря в різних режимах, необхідно установити на контролері "Кліматик":

- задане значення температури повітря в камері змішування (Тсмеш) – максимально можливе;

- мінімальне положення засувки зовнішнього повітря (Засл. мін) - 50%;

- задане значення температури зовнішнього повітря, при якій буде відбуватися реверсування засувки зовнішнього повітря (Треверса) - максимально можливе.

У будь-яких режимах роботи контролера і засувки система виконує наступні функції:

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		46

- при ввімкненому припливному вентиляторі робить контроль його роботи (по реле перепаду тиску);
- здійснює захист двигуна припливного вентилятору від перегріву (термоконтакти двигунів);
- вимикає припливний вентилятор у випадку виникнення його аварії;
- при ввімкненому припливному вентиляторі проводить контроль засміченості його фільтра;
- сигналізує про роботу установок і виникаючих аварійних ситуаціях (індикаторні лампи);
- відключає припливний вентилятор при виникненні пожежі.

3.3. Технологічна сигналізація та захист

Сигналізація призначена для оповіщення персоналу про порушення технологічних процесів, встановлених режимів роботи обладнання тощо. Для оповіщення персоналу проектом передбачено застосування сигнальних ламп, які розташовані на щитах автоматики. Під кожною лампою знаходиться підпис, що вказує на причину появи сигналу. Сигнали в систему технологічної сигналізації надходять від приладів, встановлених за місцем, що мають контактні позиційні пристрої.

На двері щита автоматики №1 розміщені наступні індикаторні лампи:

- "П1. РОБОТА" - сигналізує про роботу установки П1;
- "П1. АВАРІЯ" - сигналізує про несправність установки П1;
- "П2. РОБОТА" - сигналізує про роботу установки П2;
- "П2. АВАРІЯ" - сигналізує про несправність установки П2.

Кнопка "З'ЄМ АВАРІЇ" призначена для деблокування аварійних сигналів.

У системі автоматичного керування установками П1, П2 можливе виникнення наступних аварійних ситуацій:

- несправність одного чи обох припливних вентиляторів П1, П2 (обрив ременів, перегрів електродвигуна, несправність пускача);
- несправність одного з витяжних вентиляторів В6...В8 (перегрів електродвигуна, несправність пускового реле);

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

- засмічення фільтрів установок П1, П2;
- загроза заморожування повітрянагрівачів установок П1, П2.

При виникненні аварії припливного вентилятора П1 (П2) чи одного з витяжних вентиляторів В6, В7 (В8, В9), усі працюючі вентилятори установки П1 (П2) вимикаються, загоряється лампа "П1. АВАРІЯ" ("П2. АВАРІЯ"). Після з'ясування й усунення причини несправності необхідно деблокувати аварію шляхом натискання кнопки "З'ЄМ АВАРІЇ", розташованої на двері щита. При цьому гасне лампа "П1. АВАРІЯ" ("П2. АВАРІЯ"). Після деблокування аварії можна знову запустити припливний вентилятор П1 (П2). Якщо аварія не була деблокована, вентилятор запустити неможливо.

При виникненні аварії одного з витяжних вентиляторів через перегрів електродвигуна, деблокування можливо зробити тільки після охолодження електродвигуна (тобто після повернення термоконтактів електродвигуна в робоче положення).

У випадку засмічення фільтра установки П1 (П2) загоряється лампа "П1. АВАРІЯ" ("П2. АВАРІЯ"), припливний вентилятор П1 (П2) продовжує працювати (дана аварія може виникнути при працюючому приточному вентиляторі). Після вимикання вентилятора П1 (П2) і очищення фільтра необхідно деблокувати аварію шляхом натискання кнопки "З'ЄМ АВАРІЇ", розташованої на двері щита. При цьому гасне лампа "П1. АВАРІЯ" ("П2. АВАРІЯ").

Якщо при виключеному припливному вентиляторі П1 (П2) деблокувати аварію, не очистив фільтр, то при вмиканні вентилятора П1 (П2) аварія виникає знову. При вимкненому припливному вентиляторі П1 (П2) аварію деблокувати неможливо.

У випадку виникнення загрози заморожування повітрянагрівача установки П1 (П2) загоряється лампа "П1. АВАРІЯ" ("П2. АВАРІЯ"), припливний вентилятор вимикається (якщо він був ввімкнений), клапан відкривається на 100% проток теплоносія через повітрянагрівач. Після зникнення загрози заморожування необхідно натиснути кнопку "З'ЄМ АВАРІЇ", при цьому гасне лампа "П1. АВАРІЯ" ("П2. АВАРІЯ"), після чого можна

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		48

запустити припливний вентилятор П1 (П2). Якщо аварія не була деблокована, вентилятор запустити неможливо.

Деблокування аварії, що виникла через загрозу заморожування повітрянагрівача установки П1 (П2), кнопкою "З'ЄМ АВАРІЇ" можливо зробити тільки тоді, коли немає реальної погрози заморожування, тобто коли температура зворотної води стає вище t_C і температура повітря за повітрянагрівачем стає вище встановленої на термостаті захисту від заморожування.

Після зникнення реальної загрози заморожування в режимі "Літо" клапан повітрянагрівача закривається, у режимі "Зима" залишається відкритим.

Якщо відбувається відключення вентиляторів при пожежі, то загоряються обидві лампи аварій ("П1. АВАРІЯ", "П2. АВАРІЯ"), апустити припливні вентилятори можна після зникнення сигналу про пожежу.

У системі автоматичного керування припливною установкою ПЗ можливе виникнення наступних аварійних ситуацій:

- несправність припливного вентилятора ПЗ (обрив ременів, перегрів електродвигуна, несправність пускача);
- засмічення фільтра установки ПЗ;
- загроза заморожування повітрянагрівача установки ПЗ.

При виникненні аварії припливного вентилятора ПЗ, вентилятор вимикається, загоряється лампа "ПЗ АВАРІЯ ВЕНТ". Після з'ясування й усунення причини несправності необхідно деблокувати аварію шляхом натискання кнопки "ПЗ СТОП", розташованої на двері щита, або кнопки "СТОП" (вентилятора), розташованої на лицьовій панелі контролера. При цьому гасне лампа "ПЗ АВАРІЯ ВЕНТ". Після деблокування аварії можна знову запустити припливний вентилятор ПЗ. Якщо аварія не була деблокована, вентилятор запустити неможливо.

У випадку засмічення фільтра установки ПЗ, загоряється лампа "ПЗ ФІЛЬТР ЗАБРУДНЕН", припливний вентилятор ПЗ продовжує працювати (дана аварія може виникнути при працюючому припливному вентиляторі).

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		49

При вимиканні вентилятора ПЗ кнопкою "ПЗ СТОП", розташованої на двері щита, або кнопкою "СТОП" (вентилятора), розташованої на лицьовій панелі контролера, лампа "ПЗ ФІЛЬТР ЗАБРУДНЕН" гасне.

Якщо ввімкнути припливний вентилятор, не очистив фільтр, лампа "ПЗ ФІЛЬТР ЗАБРУДНЕН" загоряється знову. При ввімкненому припливному вентиляторі ПЗ аварію деблокувати неможливо.

У випадку виникнення загрози заморожування повітрянагрівача установки ПЗ загоряється лампа "ПЗ «ЗАГРОЗА ЗАМОРОЖУВАННЯ», припливний вентилятор вимикається (якщо він був ввімкнений), клапан відкривається на 100% проток через повітрянагрівач. Після зникнення загрози заморожування необхідно натиснути кнопку ПЗ «СТОП», розташовану на двері щита, або кнопку "СТОП" (вентилятора), розташовану на лицьовій панелі контролера. При цьому гасне лампа ПЗ «ЗАГРОЗА ЗАМОРОЖУВАННЯ», після чого можна запустити припливний вентилятор ПЗ. Якщо аварія не була деблокована, вентилятор запустити неможливо.

У режимах роботи засувки зовнішнього і рециркуляційного повітря "Літо", "Черговий" немає необхідності деблокувати аварію. Після зникнення реальної загрози заморожування аварія деблокируется сама.

Загроза заморожування аналізується в режимі роботи контролера "Зима", незалежно від режимів роботи засувки зовнішнього і рециркуляційного повітря - по температурі повітря за повітрянагрівачем установки ПЗ - термостат захисту від заморожування; температурі зворотньої води після повітрянагрівача установки ПЗ - термоперетворювач опору.

Деблокування аварії, що виникла через загрозу заморожування повітрянагрівача установки ПЗ, кнопкою "ПЗ СТОП", розташованої на двері щита, або кнопкою "СТОП" (вентилятора), розташованої на лицьовій панелі контролера, можливо зробити тільки тоді, коли немає реальної погрози заморожування, тобто коли температура зворотньої води стає вище n °C та температура повітря за повітрянагрівачем стає вище встановленої на термостаті захисту від заморожування.

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Після зникнення реальної загрози заморожування в режимі роботи контролера "Літо" клапан повітрянагрівача закривається, у режимі "Зима" починається підтримка температури зворотньої води шляхом впливу на клапан повітрянагрівача.

Якщо відбувається відключення припливного вентилятора ПЗ при пожежі, то загоряється лампа "ПЗ АВАРІЯ ВЕНТ". Для запуску припливного вентилятора після відключення при пожежі необхідно деблокувати аварію шляхом натискання кнопки "ПЗ СТОП", розташованої на двері щита, або кнопки "СТОП" (вентилятора), розташованої на лицьовій панелі контролера. Запустити припливний вентилятор ПЗ можна після зникнення сигналу про пожежу.

Так само, як і для контролеру «Кадет», у контролері «Aeroclim 9s» у випадку виникнення аварії відбувається її розшифровка на індикаторі контролера. Після деблокування аварії розшифровка зникає.

3.4. Щити

Проектом передбачена розробка двох щитів автоматики. Щити розташовані у спеціальному приміщенні. В якості щитів використовуються одиночні закриті шафові щити із задніми дверима.

Закриття шафових щитів дозволяє зменшити запиленість контактів та доступ до електроапаратури сторонніх людей. Введення в щит кабельних трас здійснюється через гермовводи.

Прилади розташовані на фасадній стороні щита з урахуванням ергономічних вимог.

Нижче наведені технічні характеристики щитів.

Щит № 1 (для центральних кондиціонерів П1 та П2):

- потужність щита, що споживається: не більш 16000 Вт;
- габаритні розміри щита: 1200x600x2200;
- клас захисту щита: IP54;
- контроль роботи та несправностей: індикаторні лампи.

Щит № 2 (для центрального кондиціонеру ПЗ):

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		51

- потужність щита, що споживається: не більш 3200 Вт;
- габаритні розміри щита: 800х600х2200;
- клас захисту щита: IP54;
- контроль роботи та несправностей: індикаторні лампи.

На щиті № 1 розташовані наступні прилади (по висоті):

- на висоті 1100 мм – кнопки поворотні двопозиційні перемикання режимів 1-SA1 (Зима-Літо) та 1-SA2 (Робочий-Черговий);
- на висоті 1360 мм – кнопки нажимні 1-SB1 (П1-Стоп), 1-SB2 (П1-Пуск), 1-SB3 (П2-Стоп), 1-SB1 (П2-Пуск);
- на висоті 1620 мм – сигнальні лампи 1-HL1 (П1-Робота), 1-HL2 (П1-Аварія), 1-HL3 (П2-Робота), 1-HL4 (П2-Аварія).
- на висоті 1000 мм – рейка зажимів;
- на висоті 800 мм – автомати:
 - автомат 1-SF1 - автомат живлення контролеру;
 - автомат 1-SF2 - автомат живлення схеми керування і сигналізації;
 - автомат 1-SF3- автомат живлення трансформатора для засувки і клапанів;
 - автомат 1-QF1 – автомат живлення припливного вентилятора П1;
 - автомат 1-QF2 - автомат живлення припливного вентилятора П2.

На щиті № 2 розташовані наступні прилади (по висоті):

- на висоті 1200 мм – кнопки поворотні двопозиційні перемикання режимів 2-SA1 (Зима-Літо) та 2-SA2 (Робочий-Черговий);
- на висоті 1400 мм – кнопки нажимні 2-SB1 (П3-Стоп), 2-SB2 (П3-Пуск);
- на висоті 1600 мм – сигнальні лампи 2-HL2 (П3-Аварія вентилятора), 2-HL3 (П3-Загроза замороження), 2-HL4 (П3-Засмічення фільтра);
- на висоті 1800 мм – сигнальна лампа 2-HL1 (П3-Робота);
- на висоті 1000 мм – рейка зажимів;
- на висоті 800 мм – автомати:

автомат 2-SF1 - автомат живлення контролеру;

автомат 2-SF2 - автомат живлення схеми керування і сигналізації;

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		52

автомат 2-SF3- автомат живлення трансформатора для засувки і клапанів;
автомат 2-QF1 – автомат живлення припливного вентилятора ПЗ.

3.5. Контролер «Aeroclim 9s»

3.5.1. Загальні дані про контролери.

Як було зазначено вище, в даному проекті застосований спеціалізований багатофункціональний мікропроцесорний контролер для систем вентиляції і кондиціонування «Aeroclim».

Контролери «Aeroclim» випускаються в декількох модифікаціях. В даному проекті використовується модифікація «Aeroclim 9s» виробництва “Раут-Автоматік” (Україна).

Керування:

- клапан – холод;
- клапан – тепло;
- засувки - до 3-х шт.;
- вентилятори - до 2-х шт.;
- насос - на теплоносії.

У контролері задаються наступні параметри:

- температура припливного повітря;
- температура повітря в приміщенні чи температура рециркуляційного повітря;
- температура в камері змішування;
- мінімальне положення засувки зовнішнього повітря (для забезпечення пропуску необхідної кількості свіжого повітря);
- температура зворотнього теплоносія (енергозощаджуючий режим).

3.5.2. Технічні характеристики

Нижче наведені основні технічні характеристики контролера:

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		53

- Напруга живлення ~24 В, 50 Гц, =24 В
- Споживана потужність, не більше 6 Вт
- Конфігурація Конфігуратор SCC, з меню контролера
- Входи аналогові Pt1000, Ni1000, (0-10) В, (4-20) мА 5 шт.
- Виходи: аналогові (0-10) В, 20 кОм 3 шт.
дискретні 6 А, ~220 В 6 шт.
- Інтерфейс RS-485 (протокол MODBUS-RTU або ЮНИВЕРС) 1 шт.
- TP/FT-10 (протокол LonWorks) 1 шт.
- Ethernet (протокол MODBUS-TCP) 1 шт.
- Тип дисплея графічний кольоровий
- Тип клавіатури сенсорна
- Корпус монтаж на DIN-рейку
- Ступінь захисту IP 20
- Підключення провід, перерізом не більше 1 мм².

3.5.3. Габаритні розміри та спосіб установки

Габаритні розміри контролера зображені на рис. 3.1 Контролер призначені для монтажу на DIN-рейку відповідно до DIN EN 50 022. Довжина проводів, з'єднуючих блок живлення і контролер, не повинна перевищувати 200 мм.



Рисунок 3.1 - Габаритні розміри контролера

3.5.4. Опис контролеру

Контролер «Aeroclim 9s» виробництва «Раут-Автоматік» (Україна).
призначений для регулювання температури в установках з рециркуляцією повітря,
водяними повітронагрівачем і повітроохолоджувачем.

Можлива функціональна схема застосування зображена на рис. 3.2.

- 1 - датчик температури зовнішнього повітря;
- 2 - датчик температури повітря в камері змішування;
- 3 - датчик температури зворотної води;
- 4 - датчик температури рециркуляційного повітря;
- 5 - термостат захисту від заморожування;
- 6 - сигналізатор перепаду тиску на фільтрі;
- 7 - сигналізатор перепаду тиску на припливному вентиляторі;
- 8 - сигналізатор перепаду тиску на рециркуляційному вентиляторі;
- 9 - засувка зовнішнього повітря;
- 10- засувка повітря, що викидається;
- 11- засувка рециркуляційного повітря;
- 12- циркуляційний насос;
- 13 - клапан повітронагрівача;
- 14- клапан повітроохолоджувача;
- 15- припливний вентилятор;
- 16- рециркуляційний вентилятор;
- 17- електронагрівач лопаток засувки.

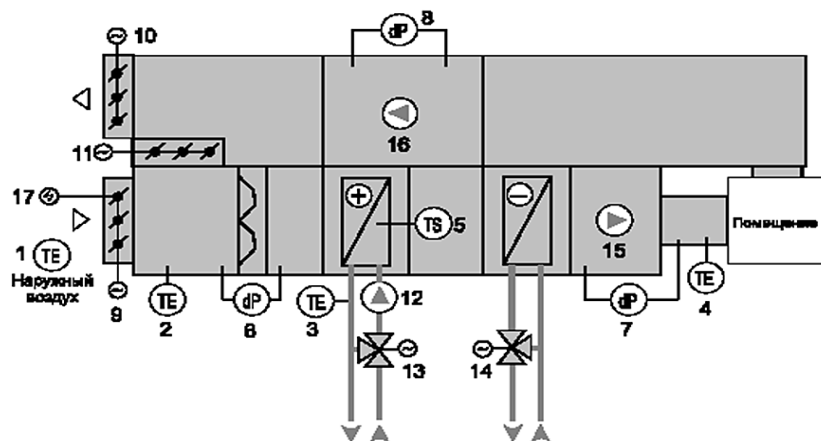


Рисунок 3.2. Можлива функціональна схема застосування контролеру

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ

Арк.

55

Контролер «Aeroclim 9s» виробництва «Раут-Автоматік» (Україна). призначений для управління припливно-витяжною установкою з одним повітронагрівачем (водяний або електричний повітронагрівач, далі - ВПН та ЕПН) або/і одним повітроохолоджувачем (водяний повітроохолоджувач або компресорно-конденсаторний блок, далі - ВПО і ККБ),

заслінками зовнішнього, рециркуляційного повітря, що викидається або роторним/перехресно-точним рекуператором. Також контролер може керувати прямоточною припливною вентиляційною установкою з паровим зволожувачем (далі ПЗ) та одним з повітронагрівачів.

Контролер здійснює управління установкою за одним із алгоритмів:

"Температура" - для регулювання температури повітря;

"Вологість" - для регулювання вологості та температури повітря.

При виборі алгоритму управління «Температура», контролер може керувати припливно-витяжною установкою з одним з варіантів повітронагрівача та повітроохолоджувача:

1. ВПН (клапан та насос) та ВПО (клапан та насос);
2. ВПО (клапан і насос) та ККБ-до 2-х секцій.
3. Трисекційний ЕПН з дискретним або аналоговим керуванням 1-ої секцією (секції різної потужності) та ВПО (клапан та насос);
4. Двосекційний ЕПН з дискретним або аналоговим управлінням 1-ої секцією та двосекційний ККБ;
5. Трисекційний ЕПН з дискретним або аналоговим управлінням 1-ої секцією (секції різної потужності) та односекційний ККБ;
6. Трисекційний ЕПН з дискретним або аналоговим управлінням 1-ої секцією (секції однакової потужності) та двосекційний ККБ. При виборі алгоритму управління «Вологість», контролер керує прямоточною установкою припливу з блоком парового зволожувача і одним з повітронагрівачів - ВПН (клапан та насос) або трисекційний ЕПН (секції різної потужності).

Контролер «Aeroclim 9s» виконує загальні функції:

1. Одноконтурне чи каскадне регулювання параметрів повітря.

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		56

2. Увімкнення/вимкнення вентиляторів зовнішніми кнопками або з вікна контролера.
3. Ручне управління виконавчими механізмами (далі ІМ) із меню контролера.
4. Автоматичний перезапуск вентиляторів після збою з електроживлення.
5. Вимкнення вентиляторів при виникненні аварії.
6. Вибір та налаштування вставок регульованих параметрів, захистів та блокувань.
7. Адаптивне автоматичне налаштування контурів регулювання.
8. Обмеження діапазонів значень, що задаються, регульованих параметрів.
9. Налаштування параметрів ІМ.
10. Налаштування економічних режимів роботи вентиляційної установки.
11. Технологічна та аварійна сигналізація.
12. Робота вентиляційної системи за встановленим графіком.
13. Ведення архіву подій (стан обладнання, аварійні ситуації).
14. Захист паролем налаштувань контролера.

3.5.5. Схема електричних з'єднань

Схема підключення контролера «Aeroclim 9s» виробництва “Раут-Автоматік” (Україна). показана на рис. 3.3. На схемі представлений варіант підключення при повному складі обладнання, однак можливий не повний варіант підключення.

При відсутності рециркуляційного вентилятора між клемми DI_2 (34) і +24V(40) встановлюється перемикач. Контролер може працювати також без клапана повітроохолоджувача і засувки повітря, що викидається, і рециркуляційного повітря. При цьому датчик температури повітря в камері змішування і приводи клапанів і засувки не підключаються до контролера, а привід засувки зовнішнього повітря (у даному випадку він повинний бути на 220В) підключається в заблокованому режимі з вентилятором. При використанні всіх повітряних засувки контролер керує тільки засувкою зовнішнього повітря. Засувка рециркуляційного повітря за допомогою зворотного зв'язку

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		57

підключається у протифазі до засувки зовнішнього повітря. Засувка повітря, що викидається за допомогою зворотнього зв'язку підключається у протифазі до засувки рециркуляційного повітря. Таким чином, усі три засувки працюють у заблокованому режимі. Вихід на керування електронагрівом лопаток засувки зовнішнього повітря використовується за необхідністю.

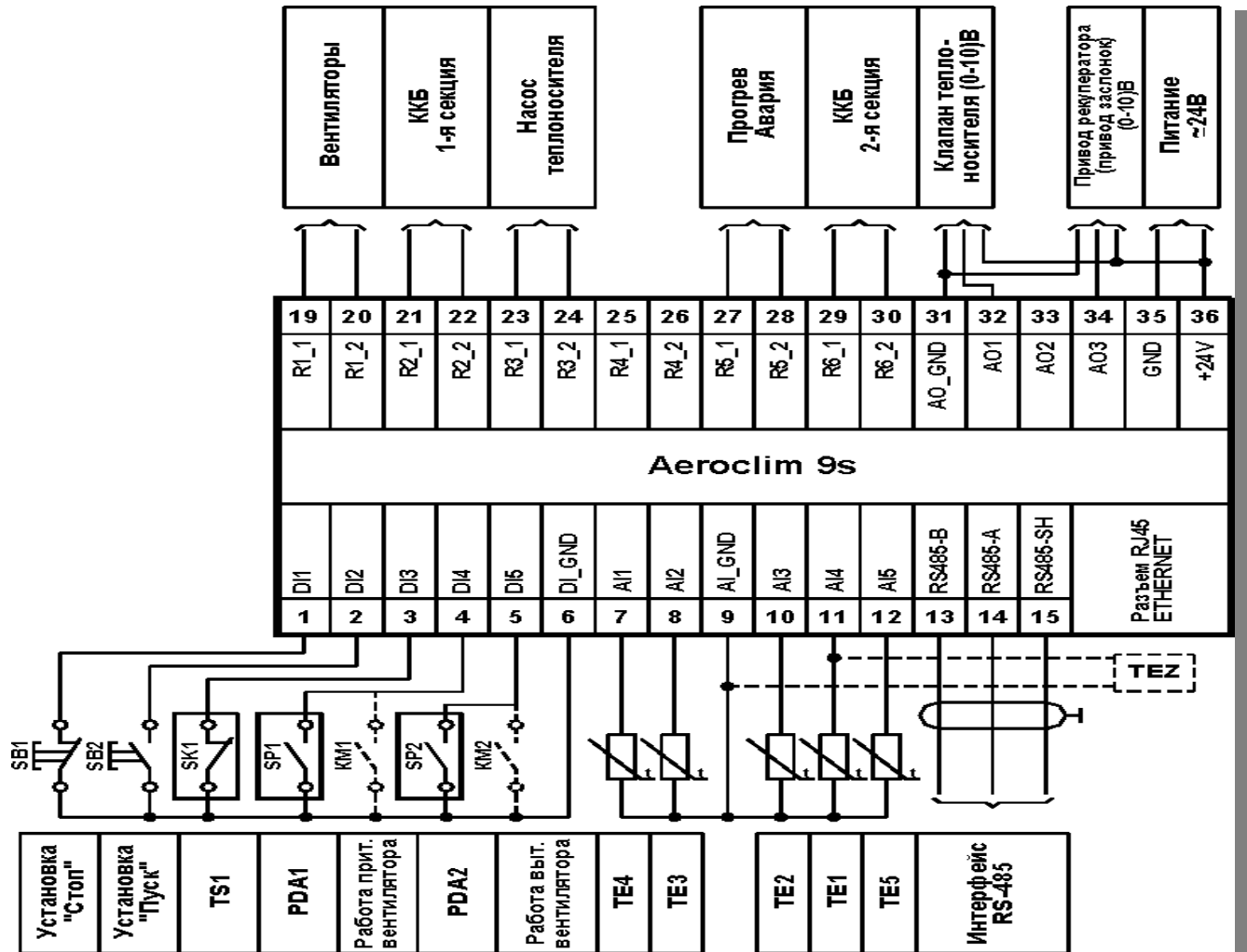


Рисунок 3.3 - Схема підключення контролера «Aeroclim 9s»

Термоперетворювачі опору підключаються до контролера за чотирьохпровідною схемою. До контролера можна підключати термоперетворювачі тільки одного типу - наприклад ТСМ-50М.

Кнопка ПУСК (SB2) використовується для включення припливного вентилятора, СТОП (SB1) використовується для вимикання припливного вентилятора і деблокування аварійних сигналів (див. таблицю опису дерева меню контролера в розділі Набір функцій і меню - функція Поточні параметри->Аварії).

Вентилятор також можна запустити за допомогою кнопок, розташованих на лицьовій панелі контролера (див. таблицю опису дерева меню контролера в розділі Набір функцій і меню - функція Пуск вент-ра). Кнопки ПУСК, СТОП можуть встановлюватися як на щиті з контролером, так і виноситися на дистанційний пост керування. У випадку, коли дані кнопки не використовуються, між клемми DI_1 (1) і DI_GND() встановлюється перемичка.

Розміри контролера дозволяють встановлювати його в малогабаритних щитах для автоматів (габарити контролера відповідають 9-и стандартним модулям 17,5x85, габарити блоку живлення відповідають 4-ом стандартним модулям 17,5x85).

3.5.6. Елементи управління та відображення

Контролер має наступні елементи управління та відображення:

- індикатор;
- кнопки;

Лицьова панель контролеру зображена на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 - Лицьова панель контролеру

Контролер має такі елементи керування та відображення: дисплей та кнопки:

Дисплей – кольоровий рідкокристалічний індикатор.

Індикатор має підсвічування, яке вмикається при натисканні будь-якої кнопки керування. Вимикається автоматично, якщо кнопки на контролері не натискалися протягом 3 хвилин або через 1 хвилину після включення живлення.

Під час натискання будь-якої кнопки підсвічування відновлюється.

Контролер має шість кнопок управління:

Кнопка **"Esc"** - повернення:

- переміщення до вікна.
- скасування редагування параметра.
- Кнопка **"Enter"** - введення:
- рух до дочірнього вікна.
- вхід до режиму редагування параметра.
- збереження нового зміненого значення параметра, що

редагується.

Кнопка **«L»** - ліворуч:

- Переміщення вікнами вліво, якщо фокус не активний.
- Переміщення параметрів у поточному вікні вліво, якщо фокус активний.
- зменшення значення редагованого параметра.
- Кнопка **"R"** - праворуч:
- Переміщення по вікнах праворуч, якщо фокус не активний.
- Переміщення параметрів у поточному вікні праворуч, якщо фокус активний.
- збільшення значення редагованого параметра.
- Кнопка **"F1"**
- увімкнення/вимкнення фокусу.
- Кнопка **«F2»**
- перемикання між вікнами поточних параметрів та інженерним

меню.

3.5.7. Набір функцій і меню

На рис. 3.5. наведено меню контролера у вигляді дерева циклічних списків.

Нижче наведено опис дерева меню контролера.

1.Поточні параметри - Поточні параметри системи.

1.1.Тпр.возд - Температура припливного повітря (вимірена).

1.2.Тсмеш - Температура повітря в камері змішування (вимірена).

					ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1.3.Тнв -Температура зовнішнього повітря (вимірена).

1.4.Тобр - Температура зворотньої води після повітронагрівача (вимірена).

1.5.Аварії - Вікно символів аварій. При виникненні аварії(й) устаткування у даному вікні з'являється відповідний символ(и), а також загоряється світлодіод АВАРІЯ, розташований на лицьовій панелі контролера. Кожна аварія позначається одним символом. У вікні можуть відображатися наступні символи аварій:

П - несправність припливного вентилятора;

В - несправність рециркуляційного вентилятора;

Ф - засмічення фільтра;

З - загроза заморожування повітронагрівача.

1.6.Вих.кл.Т - Вихідний сигнал, що подається на клапан повітронагрівача.

1.7.РУкл.Т - Ручне керування клапаном повітронагрівача.

1.8.Вих.кл.Х - Вихідний сигнал, що подається на клапан повітроохолоджувача.

1.9.РУкл.Х - Ручне керування клапаном повітроохолоджувача.

2.0.Вих.зас. - Вихідний сигнал, що подається на засувку зовнішнього повітря.

Рузас - Ручне керування засувкою зовнішнього повітря.

2.Пуск вент-ра. Пуск Так? - Функція включення вентиляторів.

3.Пуск насоса. Пуск Так? - Функція включення циркуляційного насоса.

4.Настройки - Меню настройок. У цьому меню знаходяться базові настройки контролера.

4.1.Тпр.возд - 20°C - Задане значення температури припливного повітря.

4.2.Тсмеш - 15°C - Задане значення температури повітря в камері змішування.

4.3.Засл.мін - 20% - Мінімальне положення засувки зовнішнього повітря.

4.4.Інженерне меню.

4.4.1.Вр. пуску – 30с - Час розгону припливного і рециркуляційного вентиляторів (час набору вентиляторам повного тиску).

4.4.2.Тобр - 15°C - Задана температура зворотньої води для підтримки при вимкненому припливному вентиляторі в режимі "Зима" (заощаджуючий режим).

4.4.3.Тобр.мін - 10°C - Задана мінімальна температура зворотньої води для визначення загрози заморожування повітронагрівача.

4.4.4.Тз/л - 3°C - Задана температура зовнішнього повітря для автоматичного визначення режиму "Зима-Літо".

4.4.5.Треверса - 27°C - Задана температура зовнішнього повітря, при якій буде відбуватися реверсування засувки зовнішнього повітря в режимі "Літо", під час регулювання температури припливного повітря охолодженням, при високих температурах зовнішнього повітря, реверсування засувки призводить до економії холодоносія.

4.4.6.Режим - Функція завдання режиму "Зима-Літо". Можливо задати три значення - Зима, Літо, Авт. При установці значення Авт режим "Зима-Літо" визначається по температурі зовнішнього повітря.

4.4.7.Закон клап. Т - Меню настроювання закону регулювання температури припливного повітря клапаном повітронагрівача.

4.4.7.1.Закон - Закон регулювання температури клапаном повітронагрівача. Можливо вибрати один з наступних законів регулювання: Імп/П - "Імпульс-пауза"; П - пропорційний закон регулювання; ПІ - пропорційно-інтегральний закон регулювання; ПД - пропорційно-диференціальний закон регулювання; ПІД - пропорційно-інтегрально-диференціальний закон регулювання.

4.4.7.2.Кр - Коефіцієнт пропорційності П, ПІ, ПД, ПІД – законів.

4.4.7.3.Ті - Постійна інтегрування ПІ, ПІД-законів.

4.4.7.4.Тд - Постійна диференціювання ПД, ПІД-законів.

4.4.7.5.Інт. диф - Інтервал диференціювання ПД, ПІД-законів.

4.4.7.6.Імпульс - Відсоток ходу клапана, на який він відкриється за один імпульс - при регулюванні "імпульс-пауза".

4.4.7.7.Період - Час періоду регулювання "імпульс-пауза".

					<i>ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		62

4.4.9.Закон обратка - Меню настроювання закону регулювання температури зворотньої води клапаном повітронагрівача при непрацюючому вентиляторі в режимі "Зима" (енергозберігаючий режим роботи).

4.4.10.Закон засув. - Меню настроювання закону регулювання температури повітря в камері змішування засувкою зовнішнього повітря.

4.4.11.Скидання настр. - Скидання налаштувань контролера й повернення їх до заводських значень.

					<i>ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ</i>	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Досліджено системи кондиціонування повітря в приміщеннях, їхні типи, конструкцію та характеристики центральних кондиціонерів.
2. На основі аналізу будови та функціонування центральних кондиціонерів визначено контрольовані параметри повітря в будівлі та обґрунтовано способи їх автоматичного регулювання.
3. Здійснено побудову математичної моделі технологічного процесу кондиціонування повітря на основі фізичних законів та використаного обладнання
4. На основі створеної математичної моделі визначено передавальні функції для підтримання вологості та температури повітря в середині будівлі у відповідності до параметрів зовнішніх метеорологічних умов.
5. Розроблено системи автоматичного регулювання температури повітря.
6. Розроблено системи автоматичного регулювання вологості повітря.
7. Досліджено перехідних процесів розроблених систем автоматичного регулювання та визначено, що якісні характеристики параметрів регулювання задовольняють технічним умовам.
8. Обґрунтовань вибір технічних засобів автоматизації процесу кондиціонування повітря, які дозволяють в повній мірі реалізувати всі функції управління та володіють можливістю до подальшого розвитку та вдосконалення, в той же час мають не високу собівартість.

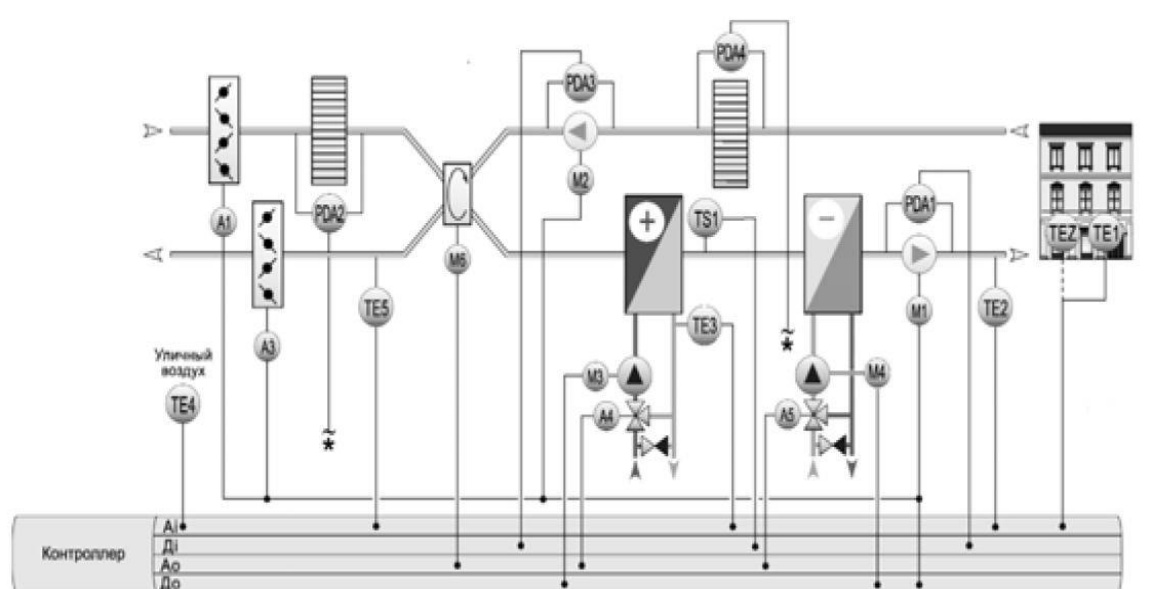
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Опалення, вентиляція та кондиціювання: ДБН В 2.5-67:2013. – Мінрегіон України. – К.: 2013. – 146 с.
2. Голінко, І.М. Аналіз системи керування для штучного мікроклімату за методом "точки роси" / І.М. Голінко, В.Г. Трейб // Східно-Європейський журнал передових технологій. -2011, № 2/10(50) – С. 53-55.
3. Класифікація систем кондиціювання та вентиляції.// Офіційний сайт компанія «Вентиляційні системи». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ukrblog.vents.ua/articles/klassifikaciya-sistem-kondicionirovaniya-i-ventilyacii.html>. (Дата звернення 29.05.25)
4. Автоматизація систем вентиляції і кондиціювання повітря / Є. С. Бондар, А. С. Гордієнко, В. А. Михайлов, Г. В. Німич. – К.: Видавничий будинок "Аванпост-Прим", 2005. – 560с.
5. Голінко, І.М. Методи управління системами штучного мікроклімату / І.М. Голінко. – К.: УС ТА, 2003, – 39с.
6. Mechanical Ventilation in Office Buildings and the Sick Building Syndrome. An Experimental and Epidemiological Study Jaakkola¹, Olli P. Heinonen², Article first published online: 22 APR 2004. [Електронний ресурс]. Режим доступу: DOI: 10.1111/j.1600-0668.1991.02-12.x (Дата звернення 05.05.25)
7. Офіційний сайт фірми «Wesper». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.wesper.co.uk>. (Дата звернення 15.05.25)
8. Довгалюк В. В. Розвиток наукових основ створенню температурно-вологісного режиму повітряного середовища в музейних приміщеннях: автореферат дисертації кандидата технічних наук: 05.23.03. / В. В. Довгалюк. – К.: КНУБА, 2020. – 40 с.
9. Желих В. М. Розробка теплофізичних основ теплозабезпечення виробничих комплексів на базі комбінованих систем опалення і13. "Основи автоматизації технологічних процесів" під редакцією І.М. Данькевича, НТУ "ХПІ" (Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"), Харків, 223с.

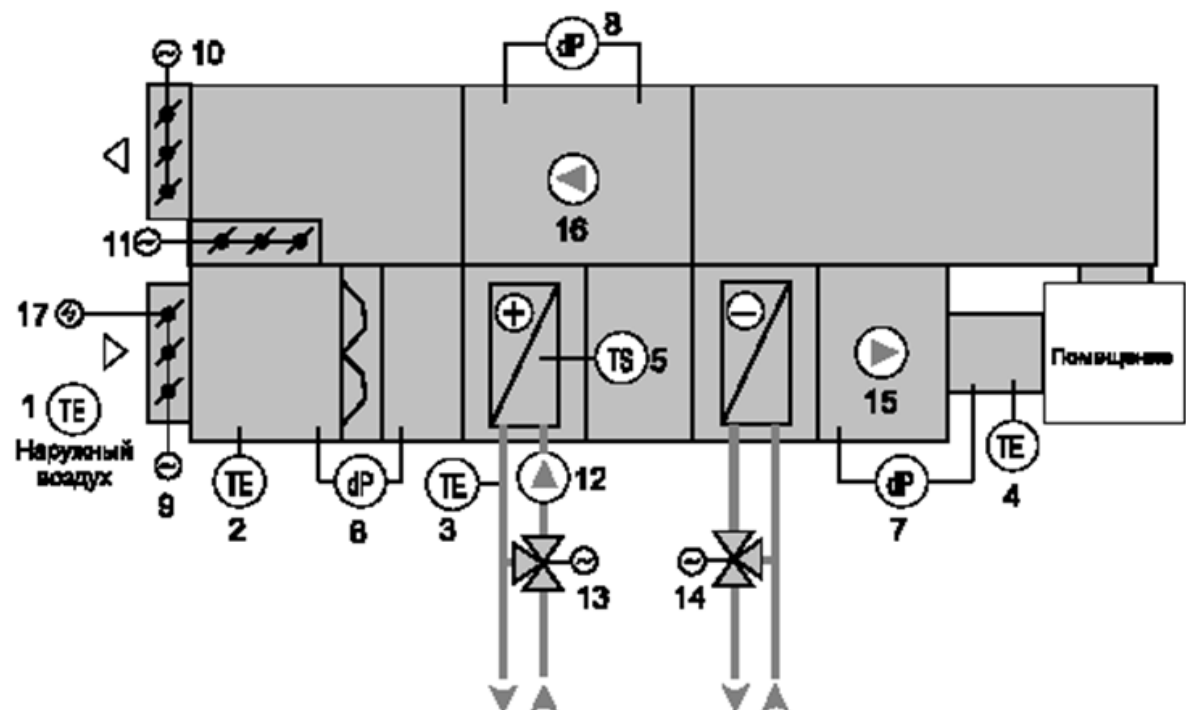
10. Корбут В. П. Особливості числового моделювання аеродинамічного та температурного стану приміщень з теплонадходженнями / Корбут В. П., Давиденко В. В. / Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Науково-технічний збірник – Випуск 1. – К.: КНУБА, 2001. – с. 16-34.
11. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.
12. Карпенко, В. О. "Регулювання продуктивності вентиляційних установок за рахунок зміни частоти обертання електродвигуна " Матеріали науково-технічної конференції студентів та магістрантів Таврійського державного агротехнологічного університету. Випуск XI. Том II.-Мелітополь: ТДАТУ, 2012.- 318 с.
13. Xiao F, Wang S. Progress and methodologies of lifecycle commissioning of HVAC systems to enhance building sustainability. Renew Sustain Energy Rev 2009; 13:1144–9.
14. Federal Energy Management Program (FEMP). Continuous Commissioning Guidebook for Federal Managers.; 2013.
15. Crawley DB, Lawrie LK, Pedersen CO, et al. Energy plus: energy simulation program. ASHRAE J. 2000; P – 94
16. Holcomb 9 D, Li W, Seshia SA. Algorithms for green buildings: learning-based techniques for energy prediction and fault diagnosis, UCB/EECS2009- 138. University of California at Berkeley; 2009.
17. Matlab URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
(Дата звернення 18.05.25)
18. Simulink URL: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html>
(Дата звернення 15.04.25)

Додаток А

Структурна схема автоматизації



* К схеме сигнализации
щита управления



Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

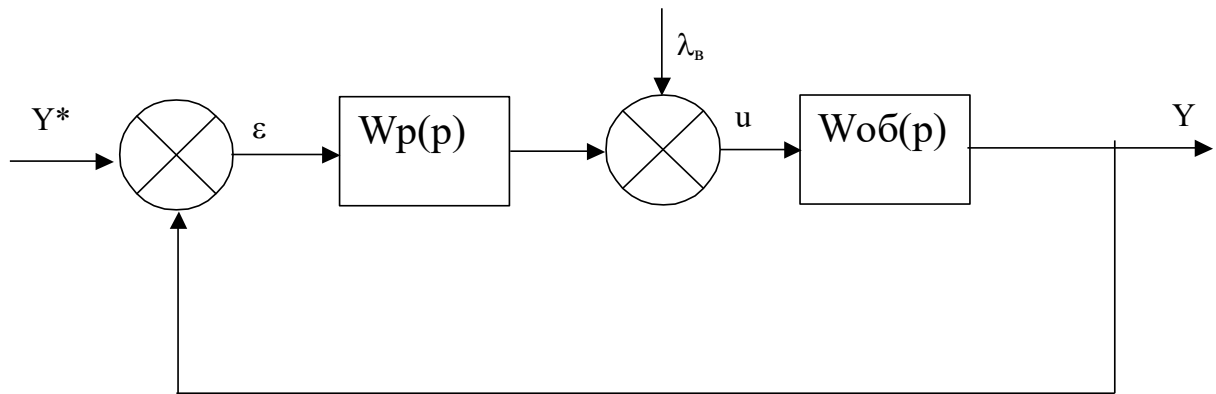
ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ

Арк.

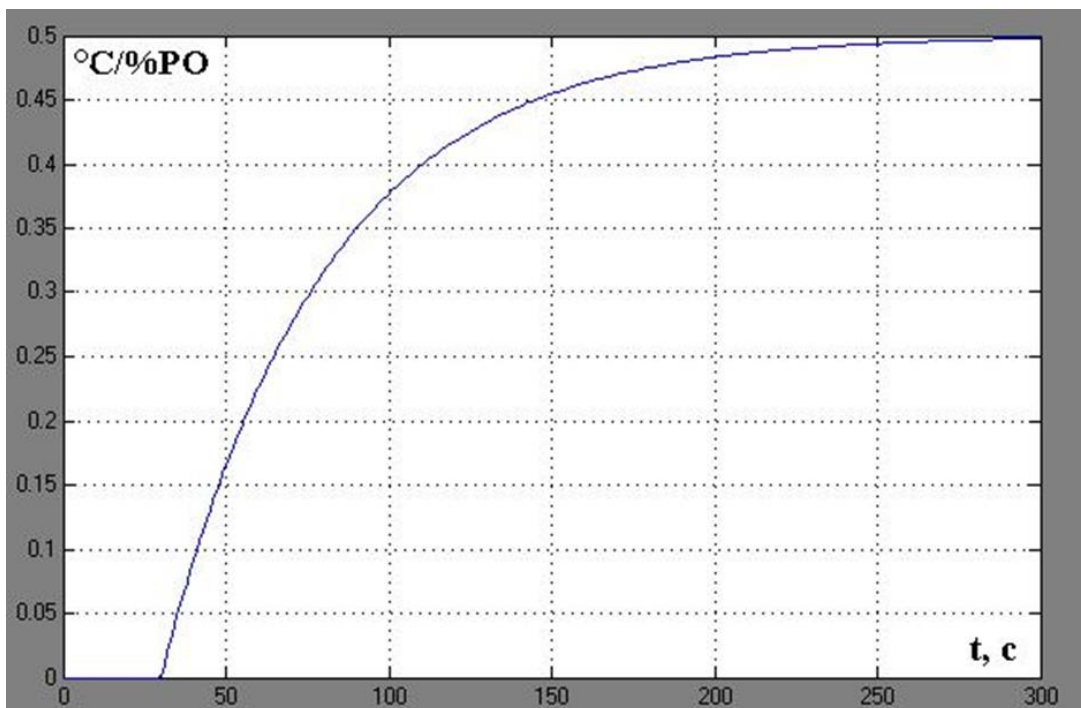
68

Додаток Б

Структурна схема АСР

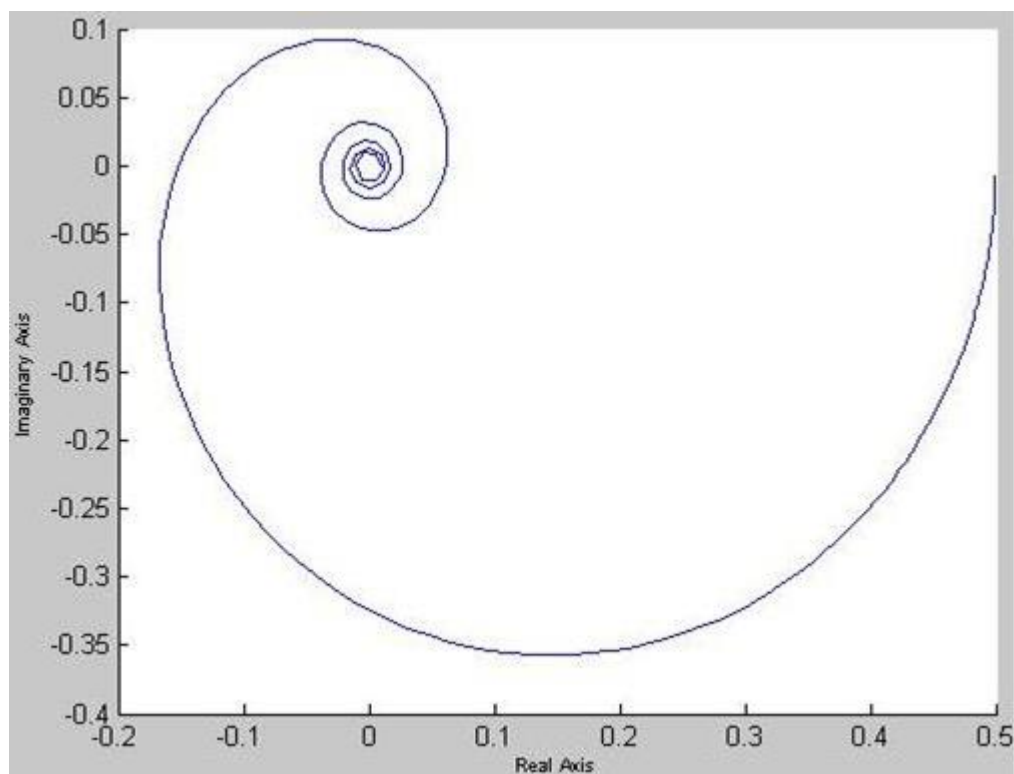
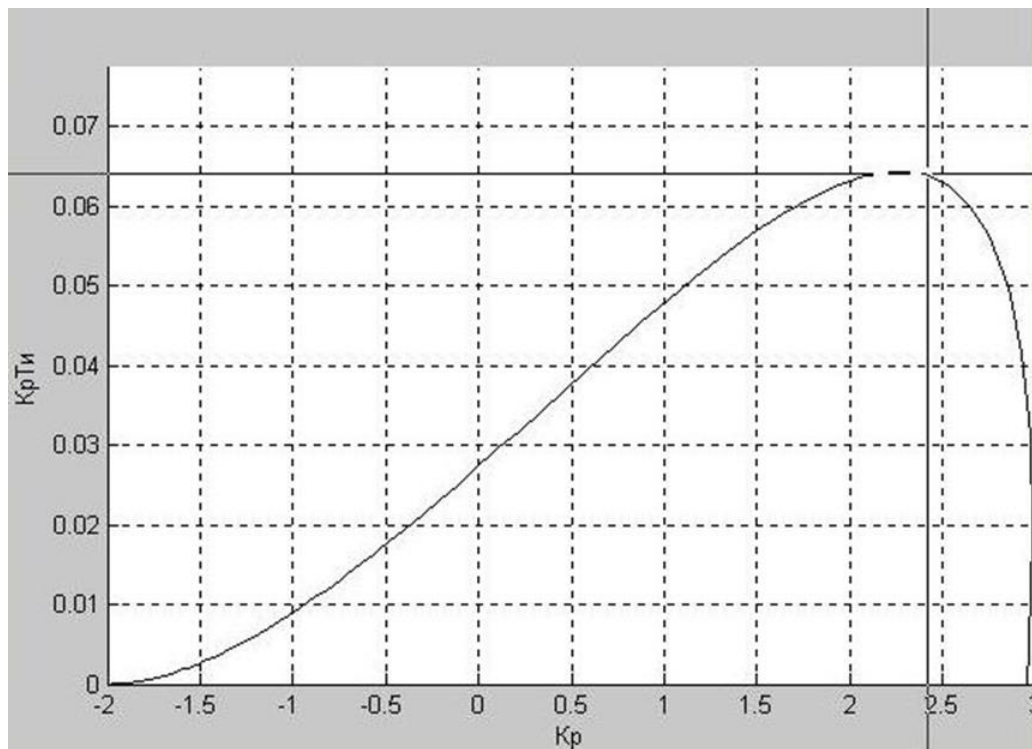


$$W_p(p) = 2.25 \left(1 + \frac{1}{34.88p} \right); \quad W_{об}(p) = \frac{0.5}{50p + 1} \cdot e^{-30p}$$



Додаток В

Моделювання АСР



Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.024 ПЗ

Арк.

70

Функціональна схема автоматизації

