

Міністерство освіти і науки України  
Західноукраїнський національний університет  
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

МАРЧУК Катерина Андріївна

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ УСТАНОВКОЮ  
КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ. /  
AUTOMATED CONTROL SYSTEM INDOOR AIR CONDITIONING**

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

Випускна кваліфікаційна робота  
здобувача першого (бакалаврського) рівня освіти

Виконала: студентка групи АКІТ–41  
К. А. Марчук

---

Науковий керівник:  
к.т.н., доцент А. І. Сегін

---

Випускну кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту:  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2024 р.

Завідувач кафедри СКС  
\_\_\_\_\_ А. І. Сегін

Тернопіль 2024

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем  
Освітній ступінь "бакалавр"  
спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

зав. кафедри СКС

\_\_\_\_\_ А. І. Сегін  
" \_\_\_\_ ". \_\_\_\_\_ 2023р.

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ**

МАРЧУК Катерині Андріївні

(прізвище, ім'я по-батькові)

### **1. Тема кваліфікаційної роботи**

Автоматизована система управління установкою кондиціонування повітря в приміщенні. / Automated control system indoor air conditioning

керівник роботи к.т.н., доцент Сегін А. І.

затверджено наказом по університету від « 12 » грудня 2023 р. № 753

### **2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи**

10 травня 2024р.

### **3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:**

1. Технічні характеристики систем кондиціонування повітря на базі центрального кондеціонера.

2. Вимоги до системи автоматичного управління установкою кондиціонування повітря.

3. Вимоги до параметрів автоматичного регулювання кондиціонування повітря

### **4. Основні питання, які потрібно розробити**

1. Побудувати математичну модель технологічного процесу кондиціонування повітря.

2. На основі досліджень конструкцій систем кондиціонування скласти передавальні функції за контурами управління температурою та вологістю повітря.

3. Розрахувати параметри передавальних функцій для забезпечення прийнятних якісних показників системи управління.

4. Побудувати моделі систем автоматичного регулювання установкою кондеціонування

5. Розробити структурні схеми системи управління установкою кондиціонування повітря та здійснити підбір технічних засобів автоматизації.

### 5. Перелік графічного матеріалу у роботі

1. Загальна конструкція центрального кондиціонера.
2. Функціональні та структурні схеми автоматичних систем регулювання температури повітря.
3. Структурні схеми автоматичних систем регулювання вологості повітря.
4. Графіки перехідних процесів регульованих параметрів.

### 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Сегін А. І.		
2	Сегін А. І.		
3	Сегін А. І.		

7. Дата видачі завдання 12 грудня 2023р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	1. Короткий опис технологічного об'єкта управління	15.12.2023р. – 31.01.2024р.	виконано
2	2. Математична модель технологічного процесу та розробка системи регулювання кондиціонування повітря	01.02. 2024р.– 15.03.2024р.	виконано
3	Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації	16.03.2024р. – 30.04.2024р.	виконано
4	Остаточне оформлення та подача кваліфікаційної роботи на перевірку щодо плагіату	1.05.2024р. – 10.05.2024	виконано

Студентка

\_\_\_\_\_ (підпис)

Марчук К. А.

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

к.т.н., доц. Сегін А. І.

## АНОТАЦІЯ

Марчук К. А. Автоматизована система управління установкою кондиціонування повітря в приміщенні

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійною програмою – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Західноукраїнський національний університет, Тернопіль. 2024.

У кваліфікаційній роботі досліджено системи кондиціонування повітря в приміщеннях; типи, конструкцію та характеристики центральних кондиціонерів. На основі аналізу будови та функціонування центральних кондиціонерів визначено необхідні параметри та способи їх автоматичного регулювання. Побудовано математична модель технологічного процесу кондиціонування повітря та на її основі визначено передавальні функції для підтримання вологості та температури повітря в середині будівлі у відповідності до параметрів зовнішніх метеорологічних умов. Розроблено системи автоматичного регулювання температури та вологості повітря. Досліджено перехідні процеси розроблених систем автоматичного регулювання та визначення якісних параметрів регулювання. Обґрунтовано вибір технічних засобів автоматизації процесу кондиціонування повітря.

## ANNOTATION

Marchuk K. A. Automated Control System Indoor Air Conditioning

Research for obtaining a bachelor's degree in the specialty 151 - Automation and computer-integrated technologies, educational and professional program - Automation and computer-integrated technologies. – Western Ukrainian National University, Ternopil. 2024.

In the qualification work, indoor air conditioning systems were investigated; types, design and characteristics of central air conditioners. Based on the analysis of the structure and functioning of central air conditioners, the necessary parameters and methods of their automatic regulation are determined. A mathematical model of the technological process of air conditioning was built and based on it, transfer functions were determined to maintain humidity and air temperature in the middle of the building in accordance with the parameters of external meteorological conditions. Systems of automatic regulation of temperature and air humidity have been developed. Transient processes of developed automatic control systems and determination of quality control parameters were studied. The choice of technical means of automating the air conditioning process is substantiated.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. КОРОТКИЙ ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА	
УПРАВЛІННЯ.....	8
1.1 Загальні відомості про центральні кондиціонери.....	8
1.2 Конструкція та режими роботи центрального кондиціонера.....	8
1.3 Технічні характеристики центрального кондиціонера.....	14
2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ КОНДЕЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ .....	
2.1 Математична модель технологічного процесу кондиціонування повітря.....	15
2.2 Розробка системи автоматичного регулювання температури повітря	27
2.3 Автоматичні системи регулювання вологості повітря .....	36
3. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	
3.1 Вибір та обґрунтування контрольованих технологічних змінних.....	45
3.2 Вибір засобів вимірювання температури і вологості.....	46
3.3 Вибір електроприводу заслінки каналу подачі зовнішнього повітря	7
3.4 Вибір електроприводу переточної заслінки та заслінки рециркуляційного повітря.....	48
3.5 Вибір контролера та побудова на його базі структури системи автоматизованого управління установкою кондеціонування повітря.....	49
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61

					ДП.АКІТ.8872506.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Марчук К. А..				Автоматизована система управління установкою кондиціонування повітря в приміщенні	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Сегін А.І.						5	62
Консульт.	Сегін А.І.					ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41		
Н. Контр.	Заставний О.М.							
Затверд.	Сегін А.І.							

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Проектування та спорудження великих будівель повинно передбачати наявність інженерних систем [1] водопостачання, водовідведення, підведення електричних ліній, систем обігріву і вентиляції та інших систем життєзабезпечення. Для комфортного перебування людей в приміщенні важливу роль відіграють системи вентиляції, опалення та кондиціонування повітря. Дуже часто функції цих трьох систем поєднують в єдину систему кондиціонування повітря (СКП) [2-4], яка одночасно забезпечує підтримання нормальної температури в приміщенні (обігрів – в холодний період року та охолодження – в теплий період року), підтримання вологості повітря, у відповідності до норм, вентиляцію – для підтримання відповідного складу повітря. Повітряне опалення, поєднане з вентиляцією, створює в приміщенні нормальний мікроклімат і забезпечує комфортні умови середовища в приміщенні.

Таким чином, підготовка повітря в СКП може включати його охолодження, нагрівання, зволоження або осушення, очищення (фільтрацію, іонізацію тощо), причому 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.

**Метою кваліфікаційної роботи** є розробка системи автоматичного управління установкою кондиціонування повітря для підтримання в середині будівлі комфортного мікроклімату та кондиції повітря не залежно від метеорологічних умов зовнішнього середовища та параметрів зовнішнього повітря.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання.

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1. Дослідити системи кондиціонування повітря в приміщеннях, типи, конструкцію та характеристики центральних кондиціонерів.

2. На основі аналізу будови та функціонування центральних кондиціонерів визначити необхідні параметри та способи їх автоматичного регулювання.

3. Побудувати математичну модель технологічного процесу кондиціонування повітря.

4. На основі побудованої математичної моделі визначити передавальні функції для підтримання вологості та температури повітря в середині будівлі у відповідності до параметрів зовнішніх метеорологічних умов.

5. Розробка системи автоматичного регулювання температури повітря.

6. Розробка системи автоматичного регулювання вологості повітря.

7. Дослідження перехідних процесів розроблених систем автоматичного регулювання та визначення якісних параметрів регулювання.

8. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації процесу кондиціонування повітря.

**Об'єктом дослідження** є процес кондиціонування повітря для великих будівель.

**Предметом дослідження** система автоматичного управління установкою кондиціонування повітря.

**Методи дослідження.** В кваліфікаційній роботі використовувалися методи аналізу та порівняння існуючих систем кондиціонування, методи синтезу структурних та функціональних систем автоматизованого управління, методи декомпозиції складної системи на більш прості елементи, методи вимірювання, методи математичного та програмного моделювання.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у розробленні системи автоматизованого управління установкою кондиціонування повітря для підтримання комфортного мікроклімату в середині будівель не залежно від зовнішніх погодних умов.

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



## Апробація

Ю. Попик, К. Марчук, М. Гомелюк. Моделі систем автоматизованого управління установкою кондиціонування повітря / Збірник матеріалів науково-практичної міжгалузевої конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ - 2024), Тернопіль, 2024. С. 5-10

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

# 1. КОРОТКИЙ ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

## 1.1 Загальні відомості про центральні кондиціонери

Центральні кондиціонери [5], що знайшли найширше застосування в комфортному та технологічному кондиціонуванні, являють собою неавтономні кондиціонери, що постачаються ззовні холодом (підведенням холодної води або незамерзаючих рідин), теплом (підведенням гарячої води або пари) та електроенергією для приводу вентиляторів, насосів, запірно-регулюючих апаратів на повітряних та рідинних комунікаціях та ін.

Центральні кондиціонери призначені для обслуговування кількох приміщень чи одного великого приміщення. Іноді кілька центральних кондиціонерів обслуговують одне приміщення великих розмірів (театральний зал, закритий стадіон, виробничий цех, торгівельний центр тощо).

Сучасні центральні кондиціонери випускаються у секційному виконанні та складаються з уніфікованих типових секцій (тривимірних модулів), призначених для регулювання, змішування, нагрівання, охолодження, очищення, осушення, зволоження та переміщення повітря.

## 1.2 Конструкція та режими роботи центрального кондиціонера

Центральний кондиціонер складається із окремих типових секцій [6], герметично з'єднаних між собою. Корпус кондиціонера виконаний на базі каркасу з алюмінієвих профілів, до яких кріпляться постійні та знімні (для доступу до агрегатів) панелі.

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

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

З метою полегшення підходу до вузлів установки передбачені оглядові двері або знімні панелі з боку обслуговування.

Вимоги до параметрів повітря, що кондиціонується, лежать в основі технологічного компонування, тому набір секцій може бути дуже різноманітний.

Секції можуть бути скомпоновані у двоярусному виконанні або з урахуванням рельєфів приміщень, у яких встановлюється кондиціонер.

Крім стандартних типових компоновок існує можливість створення власного унікального компонування кондиціонера.

Розміри секцій уніфіковані і залежать, як правило, від витрати і швидкості повітря, що обробляється в кондиціонері. Серед основних секцій, що використовуються при компонуванні кондиціонера: вентиляторна секція, охолодження, нагріву, зволоження, фільтрації, шумопоглинання і теплоутилізації.

Вибір того чи іншого компонування (технологічної лінії обробки повітря) залежить від багатьох факторів, насамперед, від призначення та режиму використання приміщень, конструктивних особливостей будівлі, а також від санітарно-гігієнічних, будівельно-монтажних, архітектурних, експлуатаційних та економічних вимог.

### 1.3 Технічні характеристики центрального кондиціонера

У проекті розглядається центральний кондиціонер [7] CDC318 виробництва фірми «Wesper». До його складу входить (рис.1.1):

- 1 – заслінка витяжного повітря;
- 2 – переточна заслінка;
- 3 – заслінка припливного повітря;
- 4 – секція витяжного вентилятора;
- 5 – секція повітрянагрівача першого підігріву;

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- 6 – секція зволожувача;
- 7 – секція повітроохолоджувача;
- 8 – секція повітронагрівача другого підігріву;
- 9 – секція припливного вентилятора.

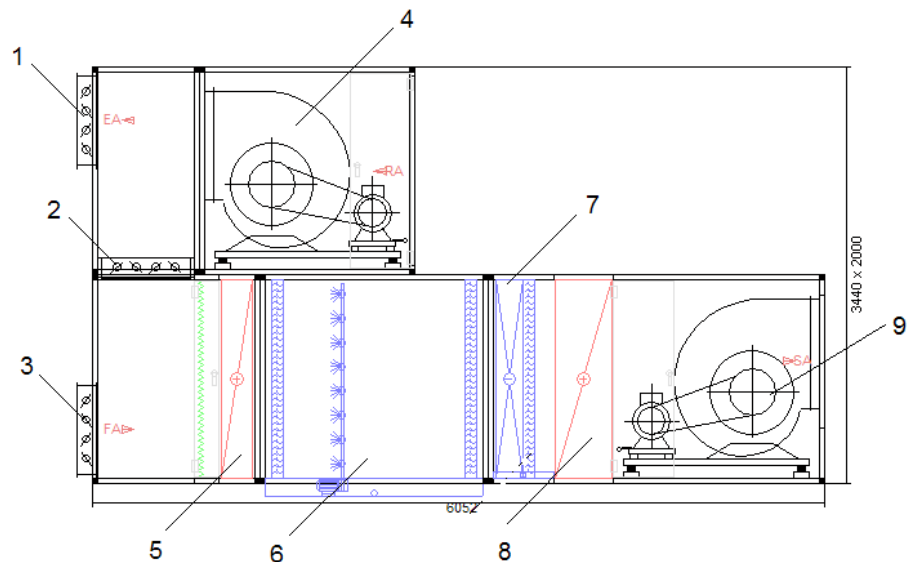


Рисунок 1.1 –Центральний кондиціонер CDC318

Секція витяжного вентилятора

витрата витяжного повітря, м<sup>3</sup>/год \_\_\_\_\_ 25000;  
 тиск, що розвивається, Па \_\_\_\_\_ 544;  
 потужність електродвигуна, кВт \_\_\_\_\_ 7,5;  
 частота обертання, об/хв \_\_\_\_\_ 1455.

Теплообмінник першого підігріву

У секції першого підігріву використовується водяний нагрівник.

Конструктивно повітронагрівач першого підігріву, як і охолоджувач повітря складається з мідних трубок з алюмінієвим ребренням.

Стандартно колектори оснащуються додатковими патрубками з різьбленням, призначеними для спуску води та відведення повітря.

Патрубки колекторів виведені назовні. Кінці патрубків подаючого та зворотного колектора також мають різьблення.

						ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
							11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

Кожух теплообмінників має спеціальні транспортні тримачі, що полегшують демонтаж та транспортування.

Ребра трубок повітронагрівача вироблено пластинчастими ребрами з кроком 1,6 мм:

тип нагрівання \_\_\_\_\_ водяний;  
температура повітря на вході, °С \_\_\_\_\_ -18;  
температура повітря на виході, °С \_\_\_\_\_ +31,1;  
температура води на вході, °С \_\_\_\_\_ +80;  
температура води на виході, °С \_\_\_\_\_ +60;  
витрата теплоносія, л/ч \_\_\_\_\_ 20468.  
відносна вологість повітря на вході, % \_\_\_\_\_ 90;  
відносна вологість повітря на виході, % \_\_\_\_\_ 2;  
теплова потужність, кВт \_\_\_\_\_ 476.

Зволоження повітря в центральному кондиціонері здійснюється у секції зрошувального зволоження водою (форсуночної камери) або секції парового зволоження.

Камера зрошення складається з корпусу, в який встановлені трубні гребінки, піддон та насос.

У форсуночній камері відбувається адіабатичне зволоження повітря циркуляційною водою, яка надходить з піддону. Повітря входить у безпосередній контакт із поверхнею крапель води, що розпоршується за допомогою форсунок. Розпоршуючись, вода перетворюється на густий туман дрібних крапель, крізь який рухається повітря, поглинаючи водяні пари.

Продуктивність форсунок залежить від діаметра вихідного отвору, тиску та температури води перед форсункою. Установка форсунок у поперечному перерізі форсунової камери виконується на трубних гребінках, до яких подається циркуляційним насосом вода з піддона. Розпилюючі форсунки виконані так, щоб знизити забруднення відкладеннями.

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Піддон виконує функції резервуара запасної ємності води, що забезпечує плавну роботу насоса. Піддон оснащений водозливом із поплавковим клапаном для спуску оборотної води, а також водяним введенням для поповнення випареної води.

Циркуляційний насос розміщений біля піддону на кронштейні. На всмоктувальному патрубку насоса розташований сітчастий фільтр.

Конструкцію форсункової камери доповнюють два сепаратори-каплеуловлювачі, що запобігають винесення крапель води до наступних секцій центрального кондиціонера.

Один працює на виході із секції як сепаратор, інший є напрямним для вирівнювання потоку повітря на вході. Ці сепаратори є високоефективними елементами обладнання. Сепаратори виготовлені з пластмасових профілів та мають несучу конструкцію з нержавіючої сталі. Внаслідок винесення води з повітрям у процесі зволоження необхідно заповнювати втрати води.

Підживлення водою регулюється за допомогою поплавця, який розміщений на живильному патрубку, а циркуляційна випускається ручним кульовим клапаном, розміщеним на нагрівальній стороні насоса.

Кожух секції зволоження виготовляється з нержавіючого листа, що повністю виключає корозію, має вікно для контролю та освітлення внутрішнього об'єму.

Ефективність зволоження у секції такого типу становить близько 90%.

тип зволоження \_\_\_\_\_ форсунки;

температура повітря на вході, °C \_\_\_\_\_ +31,1;

температура повітря на виході, °C \_\_\_\_\_ +15;

відносна вологість повітря на вході % \_\_\_\_\_ 2;

відносна вологість повітря на виході, % \_\_\_\_\_ 66;

витрата води, л/год \_\_\_\_\_ 12821;

температура води, °C \_\_\_\_\_ +15;

витрата конденсату, л/год \_\_\_\_\_ 195,1.

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Секція охолодження являє собою водяний теплообмінник - охолоджувач повітря, виготовлений з мідних трубок (4 ряди) з алюмінієвими ребрами. Як холодоагент (робоче середовище) використовується вода, що надходить від чиллера (холодильної машини). Колектори виконані із сталеві оцинкованої труби. Вхідні та вихідні патрубки колектора мають зовнішнє різьблення. Стандартно колектори оснащуються додатковими патрубками для спуску холодоагенту та відведення повітря.

Патрубки колекторів виведені назовні секції. Охолоджувач повітря має кожух з оцинкованої сталі. Кожух обладнаний спеціальними транспортними утримувачами, що полегшують демонтаж та транспортування.

Оребрення трубок охолоджувача повітря проводиться пластинчастими ребрами, що забезпечує високу тепловіддачу при низькому аеродинамічному опорі теплообмінника.

Стандартно в секцію охолодження встановлюється піддон для конденсатної води, зроблений з листової сталі нержавіючої і оснащений зведеним назовні зливним патрубком, до якого приєднується переливний сифон, т.зв. водяний затвор.

Водяні охолоджувачі повітря оснащуються протизаморожуючими термостатами.

За секцією охолодження в центральному кондиціонері встановлюються ефективні сепаратори (каплеуловлювачі).

тип охолодження \_\_\_\_\_ водяний;  
температура повітря на вході, °C \_\_\_\_\_ +35;  
температура повітря на виході, °C \_\_\_\_\_ +17,1;  
температура води на вході, °C \_\_\_\_\_ +6;  
температура води на виході, °C \_\_\_\_\_ +12;  
витрата холодоносія, л/год \_\_\_\_\_ 36459;  
відносна вологість повітря на вході, % \_\_\_\_\_ 50;  
відносна вологість повітря на виході, % \_\_\_\_\_ 99;

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

холодильна потужність, кВт \_\_\_\_\_ 254,4.

Теплообмінник другого підігріву

У секції другого підігріву використовують електричний нагрівач.

Електричний нагрівач виконаний у формі прямокутного паралелепіпеда з укріпленими в корпусі елементами, що гріють у вигляді оребрених Тенів. Електричний нагрівач підключається до електромережі 3/380/50 Гц. Така конструкція дозволяє легко демонтувати нагрівач із секції для огляду та ремонту (попередньо потрібно зняти панель). Елементи нагрівача укріплені вертикально, а контакти виведені до клемної панелі на бічній стінці корпусу нагрівача. Кожен елемент окремо до клемної панелі, проте для ступінчастого регулювання з'єднують їх блоками по три штуки. Нагрівач має термостат безпеки, що обмежує надмірне зростання температури всередині системи, а також відключення нагрівачів у разі припинення подачі повітря:

тип нагріву \_\_\_\_\_ електричний;

температура повітря на вході, °С \_\_\_\_\_ +15;

температура повітря на виході, °С \_\_\_\_\_ +20;

відносна вологість повітря на вході, % \_\_\_\_\_ 66;

відносна вологість повітря на виході, % \_\_\_\_\_ 48;

теплова потужність, кВт \_\_\_\_\_ 36.

Секція витяжного вентилятора

витрата припливного повітря, м<sup>3</sup>/год \_\_\_\_\_ 25000;

тиск, що розвивається, Па \_\_\_\_\_ 877;

потужність електродвигуна, кВт \_\_\_\_\_ 11;

частота обертання, об/хв \_\_\_\_\_ 1460.

Розрахунок характеристик центрального кондиціонера зроблено у програмі WinClim.

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



## 2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ КОНДЕЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

### 2.1 Математична модель технологічного процесу кондиціонування повітря

Існує два методи теоретичного дослідження теплообмінних апаратів, що застосовуються в установках кондиціонування повітря [8-10]: як об'єктів з розподіленими параметрами та як об'єктів із зосередженими параметрами.

Калорифери підігріву повітря та поверхневі охолоджувачі повітря є об'єктами регулювання з розподіленими параметрами, і динаміка їх описується диференціальними рівняннями в приватних похідних. Тільки цей метод математичного дослідження дозволяє аналітично отримати величину запізнення цих об'єктів регулювання і вважатимуться точним.

Другий метод математичного дослідження – апроксимація цих технологічних апаратів моделями із зосередженими параметрами – є наближеним, однак у багатьох випадках достатнім для попередніх інженерних розрахунків.

Теплообмінні апарати, що застосовуються в установках кондиціонування повітря, поділяються на дві групи:

- з безпосереднім контактом повітря та тепло- або холодоносія (камери зрошення, парові зволожувачі та апарати місцевого зволоження);
- з передачею тепла через стінку, що відокремлює повітря від тепло- або холодоносія (апарати сухого або поверхневого типу, трубчасті та ребристі охолоджувачі повітря і підігрівачі повітря).

Установка кондиціонування повітря є комбінацією теплообмінних апаратів різного призначення.

При складанні рівняння теплового балансу кондиціонованого приміщення як об'єкта автоматичного управління можна [11, 12] умовно

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

прийняти, що в дії знаходиться тільки регулятор вологості і вміст вологи вміст в аналізований момент часу постійно ( $d = const$ ). При складанні матеріального балансу, навпаки, слід вважати, що у дії перебуває лише регулятор температури і зараз постійна температура  $t = const$ .

Тепло-вологісні баланси приміщень [8, 11] при розрахункових параметрах зовнішнього повітря слід встановити для зимового та літнього періодів.

При складанні рівняння теплового балансу вважають, що по всьому об'єму відбувається хороше перемішування повітря і рівняння підставляють середні значення вхідних величин. Тому передавальні функції можуть бути отримані з позиції, що технологічні апарати установок кондиціонування повітря є об'єктами регулювання із зосередженими параметрами.

У системах кондиціонування повітря відхилення температури повітря від заданих значень, що виникають внаслідок тих чи інших збурень, повинні усуватись за порівняно невеликий час. При повільних змінах теплових навантажень (при змінах температури зовнішнього повітря, сонячного нагріву будівельних огорож тощо) системи регулювання, як правило, встигають реагувати на відхилення параметрів повітря від заданих значень, тому аналіз питань регулювання систем кондиціонування при повільних змінах теплових навантажень має практично практичного значення.

Найбільш складним з погляду динаміки об'єктом регулювання у встановленні кондиціонування повітря є камера зрошення. У процесі регулювання температура точки роси після камери зрошення може змінюватися із зміною наступних регулюючих впливів:

- ентальпії води, що розбризкується через форсунки;
- співвідношення обсягів свіжого та рециркуляційного повітря (зміною ентальпії повітряно-парової суміші);
- теплової потужності калорифера першого підігріву При поодиноких збуреннях по цих каналах криві розгону будуть різними і, отже,

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

відрізнятимуться параметри камери зрошення як об'єкта автоматичного регулювання.

Таким чином, динаміка камери зрошення не може описуватися одним диференціальним рівнянням, і при визначенні параметрів налаштування регулятора необхідно враховувати особливості камери зрошення як об'єкта з змінною структурою. У першому наближенні слід усереднити параметри об'єкта по всіх каналах регулюючих впливів. Система регулювання температури точки роси після камери зрошення наведено на рисунку 2.1

Перехідні функції камери зрошення досить добре апроксимуються диференціальними рівняннями другого порядку:

$$a_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = kx \quad (2.1)$$

Передавальна функція камери зрошення, отримана шляхом складання тепло-вологісних балансів в перехідному режимі, що встановився,

$$W(p) = k \frac{1 + T_1 p}{1 + T_2 p} \quad (2.2)$$

Ця передавальна функція дозволяє уявити камеру зрошення як інтегрально-диференціююча ланка.

Рішення диференціального рівняння, відповідного передавальній функції, має вигляд:

$$y(t) = k \left( 1 - \frac{T_2 - T_1}{T_2} e^{-\frac{t}{T}} \right) \quad (2.3)$$

Теоретично крива розгону 1, побудована за цим рівнянням, показана на рис., а крива 2 відповідає аперіодичному ланці з передавальною функцією

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1}. \quad (3.4)$$

Як видно з отриманих кривих, наявність похідної в чисельнику передавальної функції позначається в зміні стрибкоподібної параметра в момент часу, потім обидві криві практично не різняться.

Камери зрошення кондиціонерів великої теплової потужності можуть з достатньою для практичних розрахунків точністю апроксимуватися аперіодичною ланкою та ланкою запізнення з передавальною функцією.

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1} e^{-p\tau}. \quad (3.5)$$

Розглянемо передавальні функції камери зрошення за різних режимів роботи.

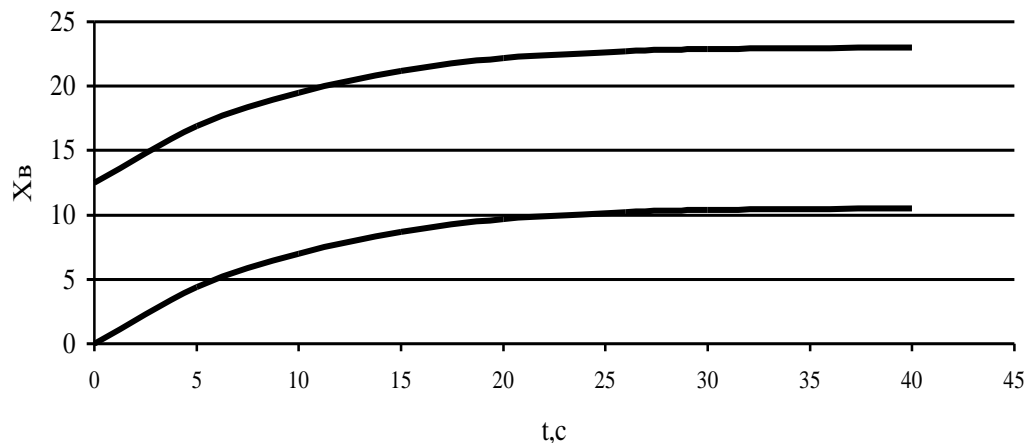


Рисунок 2.1 – Криві розгону, отримані в камері зрошення.

При пониженні ентальпії повітря

$$W_1(p) = \frac{\Delta\theta_{c_2}(p)}{\Delta\beta(p)} = k_\beta \frac{T_0 p + 1}{T_1 p + 1}, \quad (2.6)$$

де  $T_0 = \frac{M_W}{G_W}$ ;

$$T_1 = \frac{T_0}{(1-\beta) + \beta\Pi_1 \frac{G_B c_B}{G_W c_W}}; \quad (2.7)$$

$$k_\beta = \frac{(\theta_{W_k} - \theta_{W_x}) c_B^n}{(1-\beta) + \beta\Pi_1 \frac{G_B c_B}{G_W c_W}}; \quad (2.8)$$

$B$  – коефіцієнт орошення;

$G_B$  – витрата опрацьованого повітря, кг/с;

$G_W$  – витрата розбризкуваної води, кг/с;

$c_W$  – питома теплоємність води, Дж/(кг\*К);

$\theta_{W_H}$ ,  $\theta_{W_K}$  – початкова та кінцева температура води, °С;

$M_W$  – маса води в піддоні камери, кг;

$\theta_{c_2}$  – температура повітря по сухому термометру, °С;

$$\Pi_1 = \bar{I} \left[ \frac{R - B_1 M_1 (\theta_{c_1} - \theta_p)}{1 + M_1 R} - \frac{B_1 g (\theta_{c_1} - \theta_2)}{R} \right], \quad (2.9)$$

Тут  $R$  – безрозмірний коефіцієнт, який враховує початкові параметри води і повітря:

$$R = 1.8 + 0.002 \chi (\theta_p + \theta_{W_H}) + 0,00077 (\theta_p^2 + \theta_p \theta_{W_H} + \theta_{W_H}^2); \quad (2.10)$$

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$M_1$  – температурний критерій.

$$M_1 = \frac{\theta_p - \theta_{W_K}}{\theta_{c_1} - \theta_p}; \quad (2.11)$$

$\theta_p$  – температура точки роси, °C;

$c$  – сталий коефіцієнт;

$g, n$  – показники степені;

$\beta$  – відношення мас або об'ємів рециркуляційної і розбризгуваної води;

$\theta_{W_X}$  – температура холодної води, що надходить, °C;

$$B_1 = 0,022 + 0,00077 (\theta_p + 2\theta_{W_H});$$

$\theta_{c_1}$  – температура повітря по сухому термометру до камери орошення, °C.

Характерною особливістю постійної часу  $T_1$  і коефіцієнта підсилення  $k_\beta$  є їх залежність від співвідношення мас або об'ємів холодної води і рециркуляційної води і початкових параметрів повітря і води. При  $\beta \rightarrow 0$  величина  $T_1 \rightarrow T_0$  в цьому рішенні камера орошення може розглядатися як підсилююча ланка. При  $\beta \rightarrow 1$   $T_1$  збільшується, і перехідний процес наближеться до аперіодичного.

При зміні витрати повітря (кількісне регулювання):

$$W_2(p) = \frac{\Delta\theta_{c_2}(p)}{\Delta G_B(p)} = k_c \frac{1 + T_2 p}{1 + T_1 p}, \quad (2.12)$$

Проте значення постійних часу в цьому випадку інші.

При адіабатичних процесах:

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$W_1(p) = \frac{\Delta\theta_{c_2}(p)}{\Delta\theta_{c_1}(p)} = \frac{k_1}{T_1 p + 1}. \quad (2.13)$$

Коли впливом, що збурює, є зміна вологовмісту повітря до камери, а вихідний параметр – зміна температури повітря після камери зрошення буде:

$$W_2(p) = \frac{\Delta\theta_{c_2}(p)}{\Delta d_1(p)} = \frac{k_3}{T_1 p + 1}. \quad (2.14)$$

Дослідження динамічних властивостей вимірювальних перетворювачів температури при їх роботі в повітряних потоках різної швидкості показали, що вони можуть описуватись передавальною функцією аперіодичного ланки:

$$W_D = \frac{1}{T_D p + 1}. \quad (2.15)$$

Постійна часу  $T_D$  є функцією швидкості повітряного потоку  $v$ , що омиває перетворювач, і в загальному випадку визначається виразом:

$$T_D = T_\infty + A v^{-n}, \quad (2.16)$$

де  $T_\infty$  – постійна часу при  $v \rightarrow \infty$ ;

$A$ ,  $n$  – постійні величини, що залежать від конструкції та теплофізичних властивостей вимірювального перетворювача.

Динаміка електричних вимірювальних перетворювачів вологості описуються передавальною функцією у вигляді:

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1} - \frac{\beta\varphi_0}{\tau_\beta p+1}, \quad (2.17)$$

де  $\beta$  – початковий йопір вимірювального перетворювача при заданій вологості повітря;

$\varphi_0$  – початкова вологість повітря;

$\tau_\beta$  – постійна часу вимірювального перетворювача.

Передавальна функція об'єктів регулювання секцій підігріву в кожній точці діапазону регулювання може бути приведена до вигляду

$$W(p) = \frac{k_{p.o.} k_k e^{-\tau p}}{Tp+1}, \quad (2.18)$$

де  $k_{p.o.}$  – коефіцієнт підсилення регулюючого органу (регулюючий орган є безінерційною ланкою);

$k_k$  – коефіцієнт посилення секції камери підігріву;

$p$  – комплексна змінна;

$\tau$  – час запізнення (секції підігріву спільно з вимірювальним перетворювачем температури);

$T$  – постійна часу (секції підігріву спільно з вимірювальним перетворювачем температури).

Температуру припливного повітря можна регулювати шляхом зміни витрати гарячої води через калорифер; витрати повітря через калорифер зі здвоєним повітряним клапаном; температури води (додаванням до гарячої води холодної із стороннього джерела).

Секція підігріву може описуватися передавальною функцією у вигляді:

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



$$W_k(p) = \frac{ke^{-p\tau}}{T_k p + 1}. \quad (2.19)$$

Здвоєний повітряний та регулюючий клапани на лінії теплоносія приблизно можна вважати безінерційними елементами системи регулювання

$$W_{p.o.}(p) = k_{p.o.}. \quad (2.20)$$

Коефіцієнти посилення клапанів розраховуються за їх робочими витратними характеристиками з урахуванням змінних тисків на клапанах та характеристик зчленування.

Таким чином, передавальна функція об'єкта регулювання:

$$W_0(p) = W_k(p)W_t(p)W_p(p) = \frac{k_k k_t k_{p.o.}}{(T_k p + 1)(T_t p + 1)}. \quad (2.21)$$

У загальному випадку коефіцієнт підсилення  $k_0$ , час запізнення  $\tau_0$ , постійна часу  $T_0$  є величинами, що змінюються всередині діапазону регулювання, і, отже, отримати однакову якість регулювання у всьому діапазоні регулювання без вживання спеціальних заходів неможливо.

Якщо величини  $\tau_0$  і  $\frac{\tau_0}{T_0}$  в заданому діапазоні регулювання змінюються незначно, то можна лінеаризувати статичну характеристику за рахунок, наприклад, спеціально підібраного зчленування виконавчого механізму з регулюючим органом і отримати практично однакову якість регулювання у всьому діапазоні регулювання. Якщо величини  $\tau_0$  і  $\frac{\tau_0}{T_0}$  значно змінюються,

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

то мова може йти про забезпечення якості «не гірше» заданого в діапазоні регулювання.

З урахуванням вищесказаного передавальні функції по основним каналам регулювання мають вигляд:

"Вологість зовнішнього повітря – вологість повітря на виході з установки кондиціонування"

$$W(p) = \frac{65e^{-14p}}{(118p + 1)(26.7p + 1)};$$

«Вологість зовнішнього повітря – вологість повітря у приміщенні»

$$W(p) = \frac{e^{-80p}}{250p + 1};$$

"температура зовнішнього повітря – температура на виході з установки кондиціонування"

$$W(p) = \frac{1.2e^{-20p}}{73p + 1};$$

«температура зовнішнього повітря – температура повітря у приміщенні»

$$W(p) = \frac{1.15e^{-200p}}{320p + 1};$$

«співвідношення холодної та рециркуляційної води – температура води»:

$$W(p) = -\frac{1.3e^{-7p}}{321p + 1}.$$

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

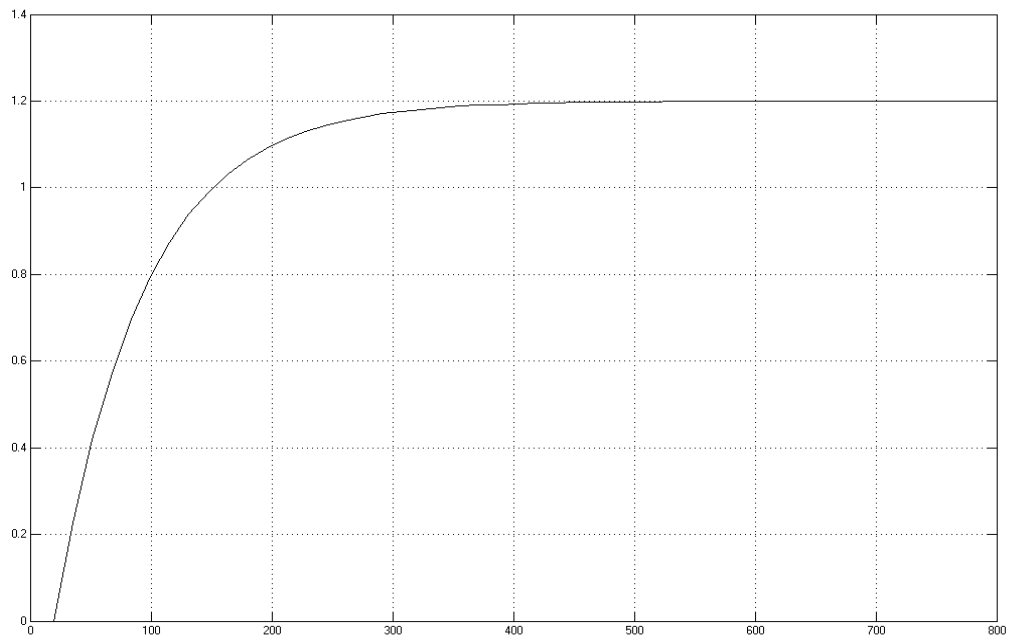


Рисунок 2.2 – Крива розгону малоінерційного об'єкта (температура повітря на виході з установки кондиціювання)

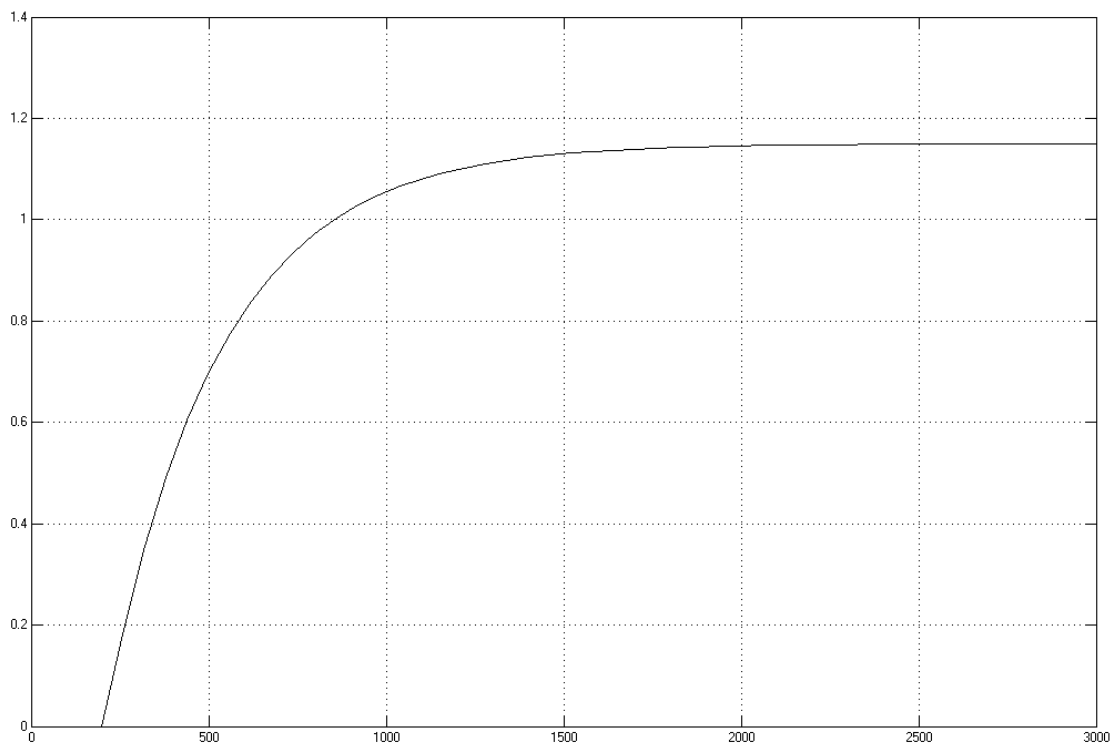


Рисунок. 2.3 – Крива розгону інерційного об'єкта (температура повітря у приміщенні)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

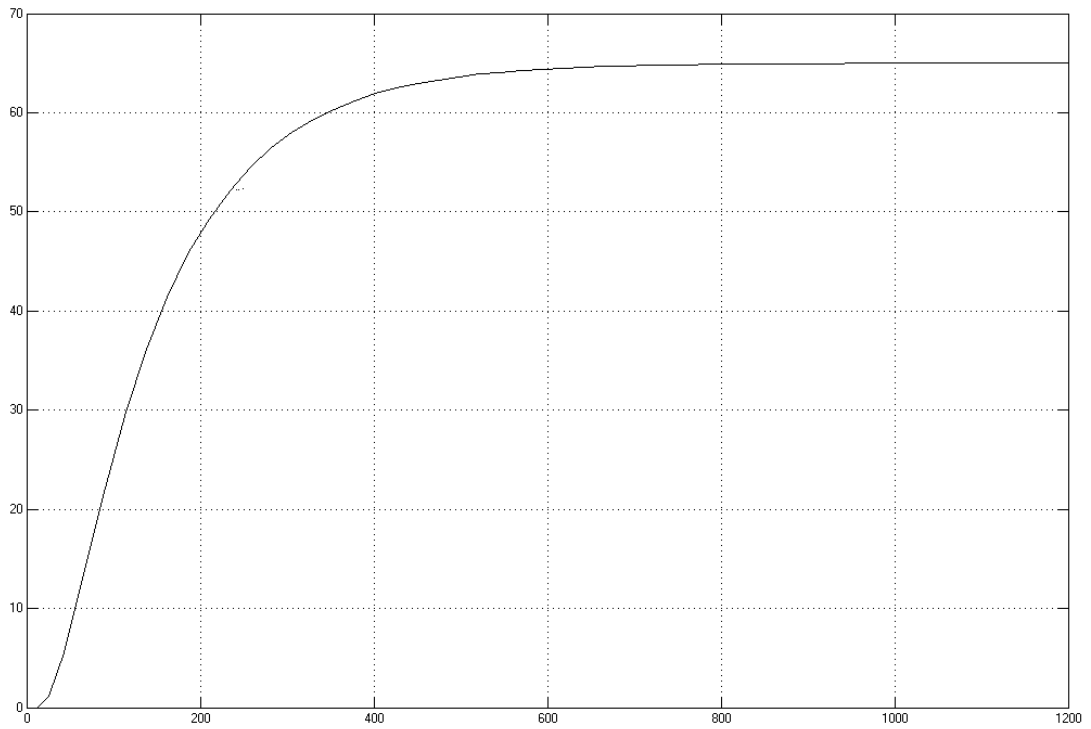


Рисунок 2.4 – Крива розгону малоінерційного об'єкта (вологість повітря на виході з установки кондиціювання)

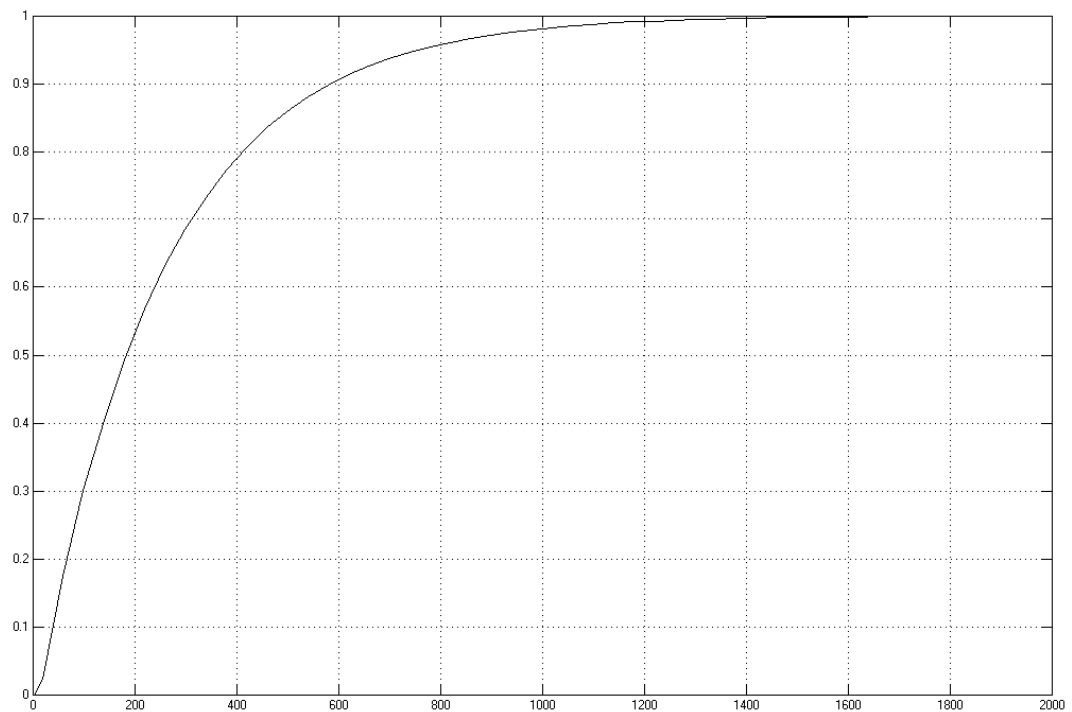


Рисунок 2.5 – Крива розгону інерційного об'єкта (вологість у приміщенні)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

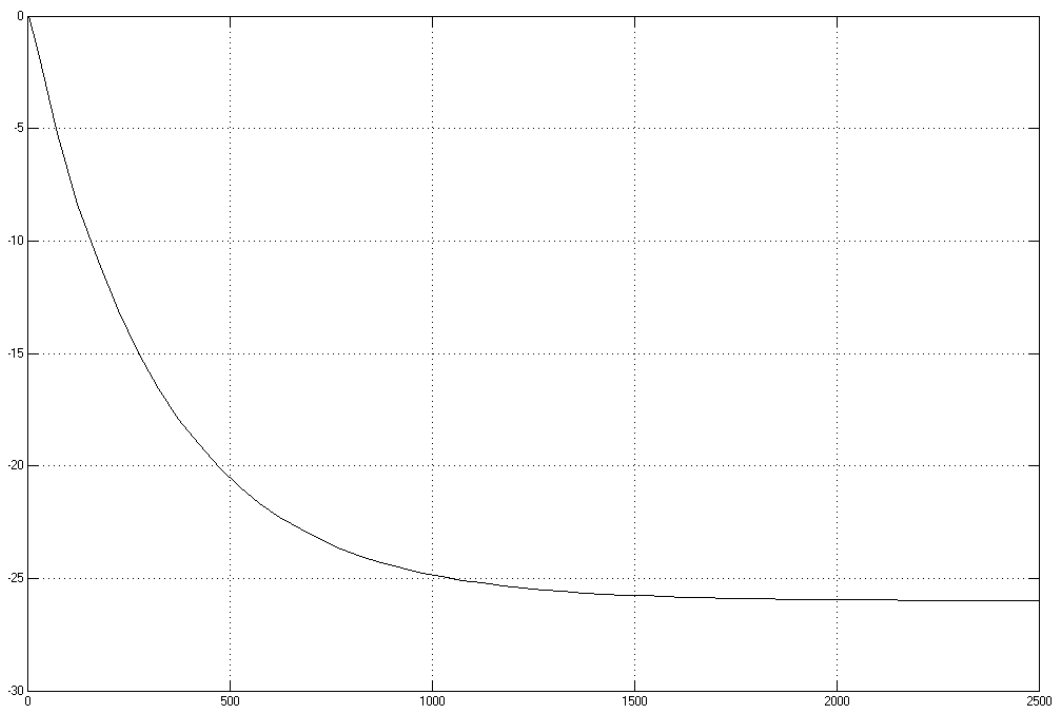


Рисунок 2.6 – Крива розгону інерційного об'єкта (зміна співвідношення «холодна-рециркуляційна вода»).

## 2.2 Розробка системи автоматичного регулювання температури повітря

На рисунку 2.7 наведено структурні схеми автоматичних систем регулювання температури повітря за допомогою теплообмінника (калорифера), типові для установок кондиціонування повітря. До об'єкта регулювання в цьому випадку відносяться приміщення, що кондиціонується, повітропровід, повітрянагрівач і регулюючий вентиль; до регулятора – вимірювальний та керуючий елементи та виконавчий механізм [4].

Як видно із схем, при встановленні перетворювача після теплообмінника (в об'єкті регулювання) система регулювання замкнута, при установці перетворювача перед теплообмінником (у потоці зовнішнього повітря) – розімкнута, оскільки зміна температури в об'єкті регулювання не

викликає змін положення регулюючого органу. За наявності двох перетворювачів, один з яких встановлений у регульованому об'єкті, а інший – у потоці зовнішнього повітря, регулюючий вплив є сумою алгебри впливів.

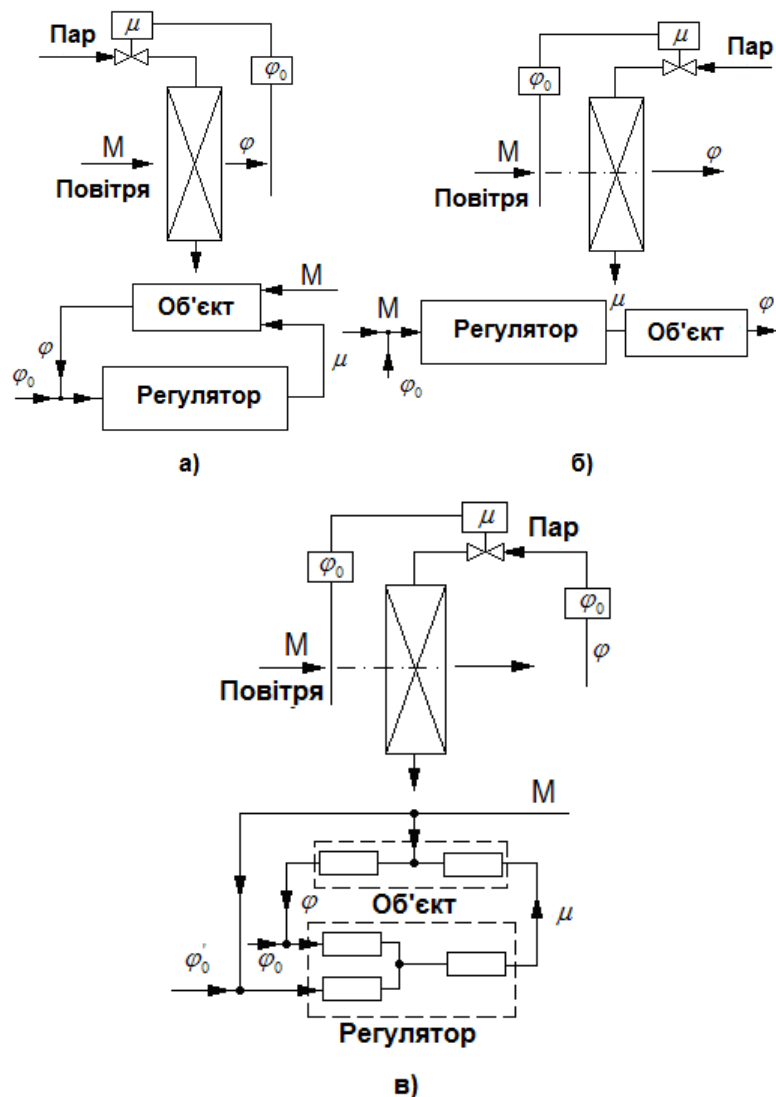


Рисунок 2.7 – Функціональні та структурні схеми автоматичних систем регулювання температури повітря: а – при встановленні вимірювального перетворювача після калориферу; б – при встановленні вимірювального перетворювача перед калорифером; в – за наявності двох вимірювальних перетворювачів;  $\varphi$  – регульована величина;  $\varphi_0$  – задане значення;  $\varphi_0$  – відхилення регульованої величини від заданого значення;  $\mu$  – Регулюючий вплив;  $M$  – збурення по навантаженню.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Основні автоматичні системи регулювання температури повітря [11], що застосовуються в установках кондиціонування повітря, показано на рисунок 2.8.

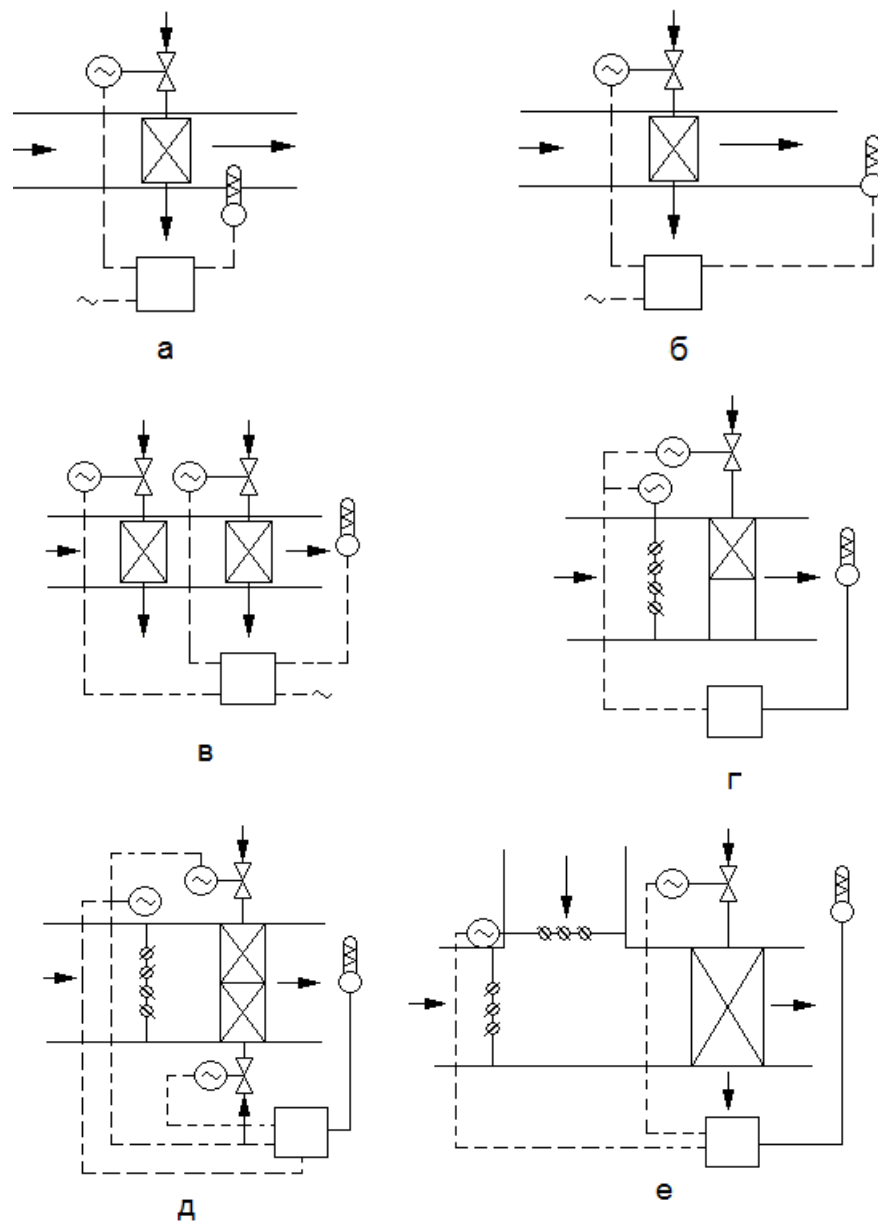


Рисунок 2.8 – Основні автоматичні системи регулювання температури повітря, які застосовуються в установках кондиціонування повітря:

а – з перетворювачем у повітроводі; б – з перетворювачем у приміщенні; в – з калорифером та поверхневим охолоджувачем; г – з повітряним клапаном, що регулюється; д – з двома теплообмінниками та повітряним клапаном; е – зі змішувально-регулюючим повітряним клапаном.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

При розміщенні перетворювача в повітропроводі забезпечується постійна температура повітря, що надходить у приміщення, де температура повітря не регулюється, і її відхилення не можуть викликати змін положення регулюючого органу (рисунок 2.8, а).

Регулятор, перетворювач якого розташований в приміщенні, що кондиціонується, при відхиленні температури від заданого значення впливає на регулюючий вентиль, що змінює кількість пари, що надходить в повітронагрівач (рисунок 2.8, б).

Система регулювання, що складається з двох теплообмінників – калорифера підігріву повітря та поверхневого охолоджувача, що працюють послідовно (поверхневий охолоджувач включається при повністю закритому вентилі, що регулює подачу теплоносія (рисунок 2.8, в), може бути також системою релейного регулювання, якщо залежно від знака відхилення температури, включається калорифер підігріву або поверхневий охолоджувач.

У системі, що складається з теплообмінника, регулятора та регульованого клапана (рисунок 2.8, г), регулювання здійснюється зміною співвідношення між об'ємом повітря, що проходить через нагрівач, і холодного повітря. Перевага цієї схеми полягає в тому, що невелика зміна положення рухомих клапанів відразу позначається на температурі повітря припливу і таким чином зменшується запізнення системи регулювання.

Широко застосовуються автоматичні системи регулювання температури повітря, що складаються з регулятора з перетворювачем, калориферу та повітроохолоджувача, двох регулюючих вентилів та одного повітряного клапана (рисунок 2.8, д). Температура повітря підтримується постійним регулюванням співвідношення між нагрітим і охолодженим повітрям та суміші. Регулюючі вентиля в системах тепло- та холодоносіїв

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



відкриваються залежно від знака відхилення температури повітря у повітроводі.

У системі (рисунок 2.8, е), що складається із змішувально-регулюючого клапана та калориферу підігріву повітря, виконавчі механізми можуть працювати послідовно, тобто. калорифер підігріву повітря включається тоді, коли температура не може бути забезпечена за рахунок зміни температури суміші припливного та рециркуляційного повітря.

На рисунку 2.9 наведено автоматичні системи регулювання температури повітря одночасно зі зміною співвідношення кількості зовнішнього та рециркуляційного повітря та подальшою обробкою суміші та за допомогою теплообмінників. Зміна співвідношення витрат зовнішнього та рециркуляційного повітря здійснюється регулятором, чутливий елемент якого встановлений у потоці зовнішнього повітря. Наявність соленоїдного вентиля забезпечує більш швидке охолодження повітря.

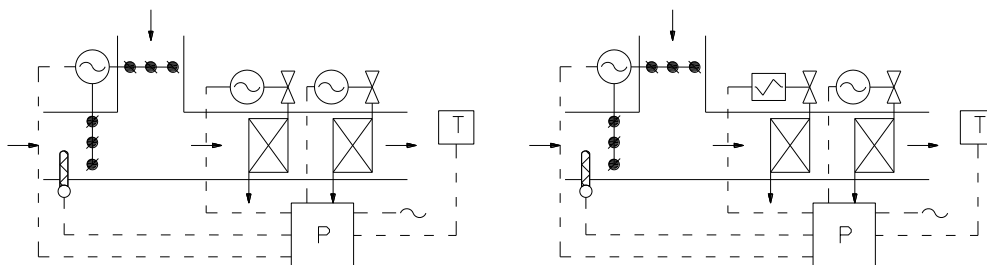


Рисунок 2.9 – Автоматичні системи регулювання температури з подальшою обробкою суміші зовнішнього та рециркуляційного повітря:

а – з моторними виконавчими механізмами; б – з соленоїдним вентилям на подачі холодоносія.

Наведені схеми регулювання застосовують у різних комбінаціях майже переважають у всіх установках кондиціонування повітря.

Регулювання температури повітря регулятором, перетворювач якого розташований безпосередньо в об'єкті, що володіє великим ємнісним запізненням, може призвести до значного перерегулювання за рахунок того, що орган, що регулює, може займати крайні положення (особливо при релейному регулюванні). Спеціальний регулятор-обмежувач, розташований у повітроводі, забезпечує зміну температури припливного повітря в задалегідь заданих межах (рисунок 2.10).

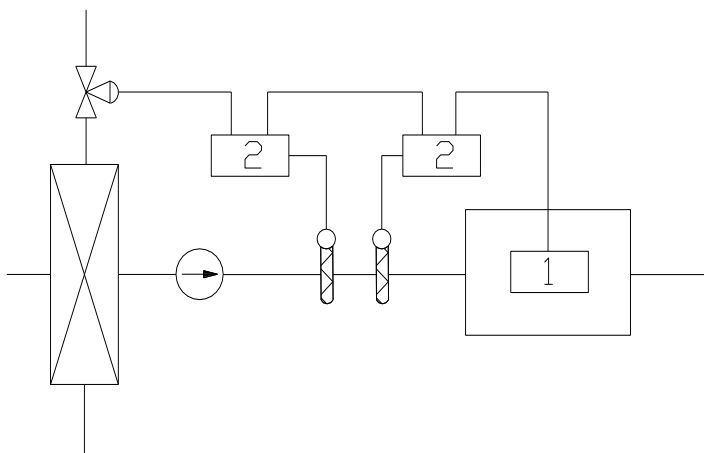


Рисунок 2.10 – Автоматична система регулювання за мінімального та максимального обмеження температури повітря: 1 – регулятор температури у приміщенні; 2 – регулятор-обмежувач.

Можливі два види обмеження – за мінімальною температурою та максимальною. Якщо температура повітря в об'єкті регулювання при максимальному обмеженні нижче значення, заданого регулятору-обмежувачу, то керуючий сигнал лінії регулюючого органу визначається лише відхиленням від заданого значення температури повітря в об'єкті регулювання (керуючий сигнал проходить через регулятор-обмежувач незмінним). Якщо температура повітря досягає значення, заданого регулятору-обмежувачу, то останній своїм керуючим елементом (наприклад, пристроєм сопло-заслінка) відповідним чином змінить тиск в лінії регулюючого органу, внаслідок чого зменшиться витрата теплоносія, що

надходить в калорифер. Температура повітря в об'єкті регулювання знизиться, і регулятор-обмежувач не працюватиме.

При мінімальному обмеженні та досягненні температури повітря значення, заданого регулятору-обмежувачу, цей регулятор збільшує подачу теплоносія, і подальше регулювання здійснюється основним регулятором. Основний регулятор та регулятор-обмежувач включені до керуючої магістралі стиснутого повітря послідовно. На рисунку 3.4 показано мінімальне та максимальне обмеження за допомогою двох регуляторів-обмежувачів.

Максимальне та мінімальне обмеження можливе і за допомогою одного регулятора-обмежувача. У цьому випадку регулюючим органом керує лише регулятор-обмежувач, а роль регулятора температури повітря в об'єкті регулювання зводиться до зміни значення, заданого регулятору-обмежувачу, при відхиленнях температури повітря від заданого значення в об'єкті регулювання.

Розглянемо кілька типових схем автоматичного регулювання температури повітря припливу (рисунок 2.11) [13-18].

Регулятор, перетворювач якого розташований в припливному каналі, керує ступенем відкриття вентиля, що регулює, в калорифері.

Система регулювання температури повітря в об'єкті розімкнена, і зміна теплового навантаження не впливає на ступінь відкриття регулюючого вентиля (рисунок 2.11, а).

Регулятор температури об'єкта керує регулюючим вентилям калорифера, а регулятор, перетворювач якого розташований у каналі, є мінімальним обмежувачем і включається в тому випадку, якщо температура повітря нижче заданого мінімуму (рисунок 2.11, б).

Система регулювання температури повітря в об'єкті з мінімальним обмеженням та регулюванням співвідношення витрат зовнішнього та рециркуляційного повітря (рисунок 2.11, в) характеризується наявністю

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

регульованих повітряних клапанів. Регулюючі органи калорифера та повітряних клапанів включені послідовно. Порядок роботи повітряних клапанів та калориферів визначається економічністю роботи системи та необхідною кількістю свіжого повітря.

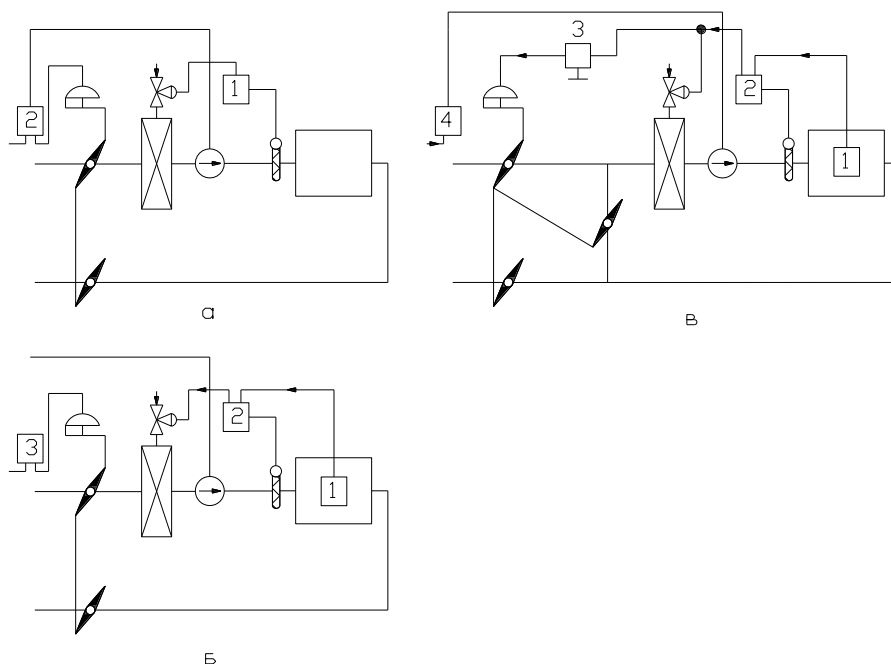


Рисунок 2.11 – Структурні схеми автоматичних систем регулювання температури повітря:

а – розімкнена система регулювання: 1 – регулятор температури в повітроводі; 2 – електропневмореле, що блокує роботу вентилятора та повітряних клапанів; б – регулювання температури з мінімальним обмеженням: 1 – регулятор температури у приміщенні; 2 – регулятор-обмежувач; 3 – електропневматичне реле; в – регулювання температури повітря з мінімальним обмеженням та зміною співвідношення витрат зовнішнього та рециркуляційного повітря: 1 – регулятор температури; 2 – регулятор-обмежувач; 3 – регулятор положення повітряних клапанів; 4 – електропневматичне реле.

У системі регулювання температури повітря, що видаляється при мінімальному обмеженні температури припливного повітря (рисунок 2.12,а) регулювання температури припливного і рециркуляційного повітря здійснюється окремим регулятором, перетворювач якого розташований в каналі припливу. Для запобігання замерзанню через калорифер проходить попередньо підігріте повітря. Послідовна робота регулятора температури повітря, що видаляється, і мінімального регулятора-обмежувача забезпечує регулювання за середньою температурою об'єкта, проте в цьому випадку збільшується запізнення.

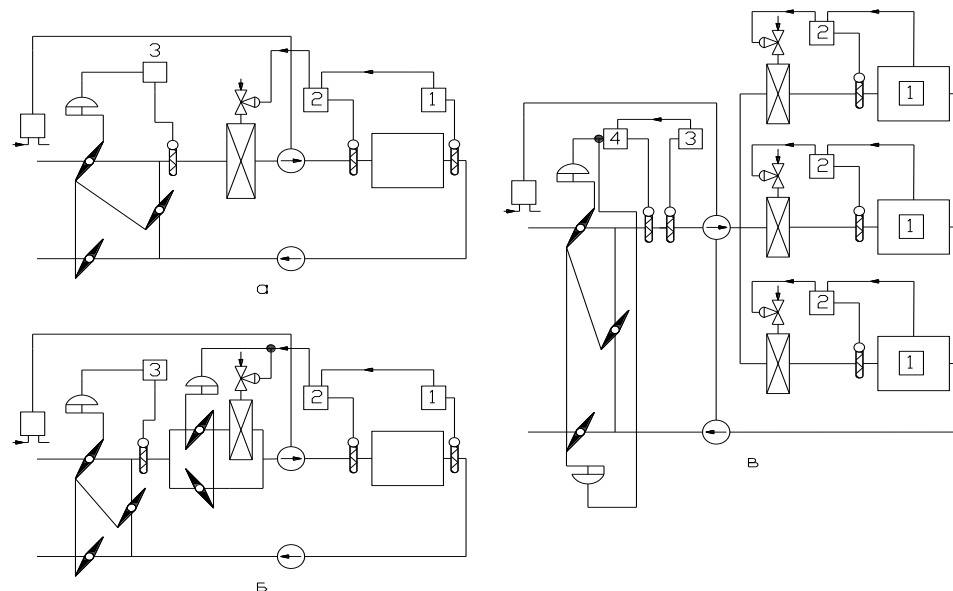


Рисунок 2.12 – Структурні схеми систем регулювання температури повітря:  
 а – регулювання температури повітря, що видаляється; б – регулювання температури повітря, що видаляється за наявності байпасу;  
 в – багатозональне регулювання за мінімального обмеження температури припливного повітря: 1-4 – регулятори.

У системі регулювання температури повітря (рисунок 2.12, б) значна інерційність теплообмінників (калориферів) може бути зменшена застосуванням клапана, що змінює співвідношення нагрітого і ненагрітого

повітря. При закритті регулюючого вентиля калорифер одночасно закривається дросельний клапан, розташований перед ним, і відкривається обвідний канал (байпас).

У системі багатозонального регулювання температури за мінімального обмеження температури припливного повітря (рисунку 2.12, в) попередній підігрів всього припливного повітря здійснюється змішуванням зовнішнього та рециркуляційного повітря за допомогою двох регуляторів з різними завданнями (літнім та зимовим режимами). Температура повітря в кожному об'єкті регулюється незалежно за допомогою власних повітрянагрівачів за мінімального обмеження температури припливного повітря.

### 2.3 Автоматичні системи регулювання вологості повітря

За способом регулювання відносної вологості повітря в об'єкті системи поділяються на три типи [19-21].

– Системи з непрямим регулюванням відносної вологості повітря; у цьому випадку відносна вологість повітря в об'єкті стабілізується або змінюється за заданою програмою функції температури точки роси після камери зрошення і температури в самому об'єкті;

– Системи із прямим регулюванням відносної вологості повітря за допомогою регулятора вологості, перетворювач якого встановлений у самому об'єкті. Регулятор впливає безпосередньо на подачу відповідних енергоносіїв так, щоб об'єкт регулювання підтримував значення вологості повітря.

На рисунок 2.14, а) наведена система непрямого регулювання відносної вологості повітря за двома режимами (літнього та зимового).

Регулювання температури повітря здійснюється регулятором 1, перетворювач якого розташований в об'єкті (рисунок 2.14, а). Мінімальне

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

обмеження температури припливного повітря забезпечується регулятором-обмежувачем 2. Температура суміші зовнішнього та рециркуляційного повітря регулюється регуляторами 5 та 6, а температура повітря після камери зрошення – автономним контуром регулювання для двох режимів (літнього та зимового, причому регулятори 3 та 4 включені за схемою обмеження).

На рисунок 2.14, б показана схема регулювання температури води в камері зрошення двох теплообмінників - підігрівача і охолоджувача. Схема дозволяє інтенсивно впливати на температуру точки роси і в ряді випадків відмовитися від попереднього нагрівання або охолодження повітря. Як охолоджувач води можна використовувувати випарник холодильної машини. Для підвищення точності роботи виконавчі механізми мають бути забезпечені позиціонерами. Графіки роботи елементів схеми наведено на рисунок 2.14, в.

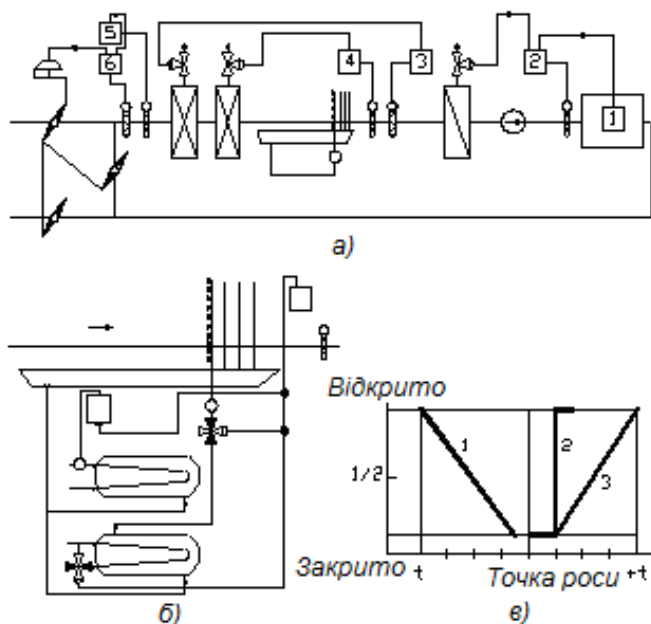


Рисунок 2.14 – Система непрямого регулювання відносної вологості повітря за двома режимами:

- а – функціональна схема; б – схема регулювання температури води;
- в – графіки роботи елементів схеми: 1 – клапан гарячої води;
- 2 – компресор; 3 – клапан холодної води.

– Схема з так званою ковзною температурою точки роси показана на рисунок 2.15. Схема забезпечує два режими роботи – літній та зимовий. У зимовому режимі температура та вологість повітря в об'єкті постійні, а в літньому – температура точки роси та температура в об'єкті можуть у заданих межах змінюватися, вологість повітря в об'єкті постійна. Відсутність охолоджувача у схемі виключає нормальну роботу за дуже високої зовнішньої температури повітря та високої відносної вологості.

Регулятор, перетворювач якого встановлений у потоці зовнішнього повітря, влітку змінює задані значення температури точки роси та температури повітря в об'єкті. Змішувально-регулюючий повітряний клапан та калорифер попереднього підігріву включені послідовно. Регулятор температури повітря в об'єкті керує подачею теплоносія до калорифера. Можливе також застосування регулятора мінімального обмеження (показано пунктиром на рисунку 2.15, а).

Регулятор вологості у цій схемі є мінімальним обмежувачем вологості в об'єкті. При збільшенні відносної вологості повітря порівняно із заданим значенням регулятор вологості включає через реле проміжний водяний насос циркуляції води в камері зрошення.

Ковзаючий режим без камери зрошення забезпечує установка, схема якої показана на рисунку 2.15, б. У зимовий період забезпечується постійна температура у приміщенні за мінімального обмеження температури припливного повітря. У літній період температура повітря змінюється на функції температури зовнішнього повітря, регулятор температури зовнішнього повітря автоматично змінює завдання регулятора об'єкта. Регулятор вологості повітря на об'єкті є максимальним обмежувачем. При перевищенні вологості в об'єкті щодо заданого значення підвищується підігрів повітря в калорифері.

При прямому регулюванні вологості повітря регулятор вологості, розташований у об'єкті, впливає на регулюючі органи елементів установки,

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



які впливають величину відносної вологості в об'єкті.

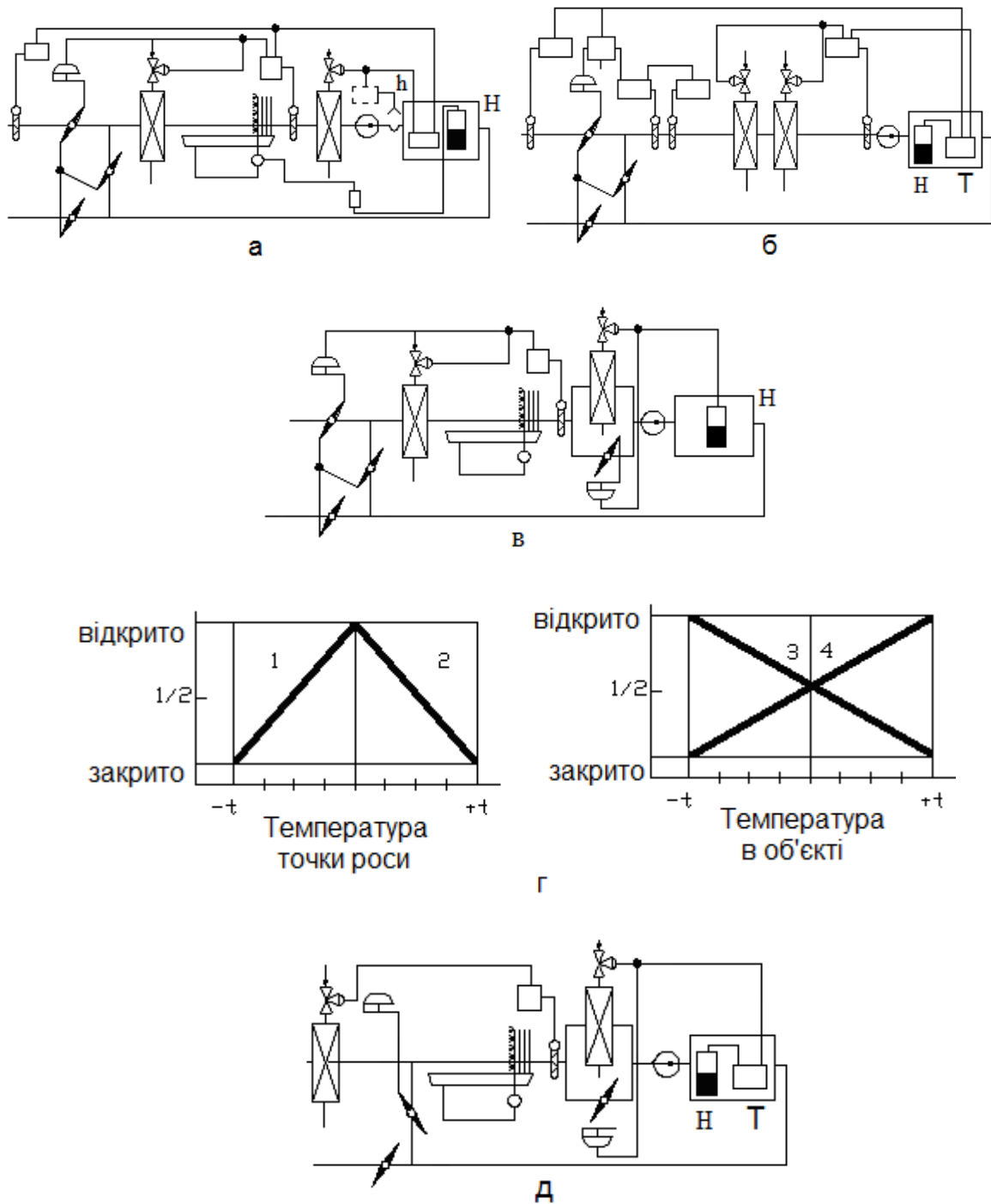
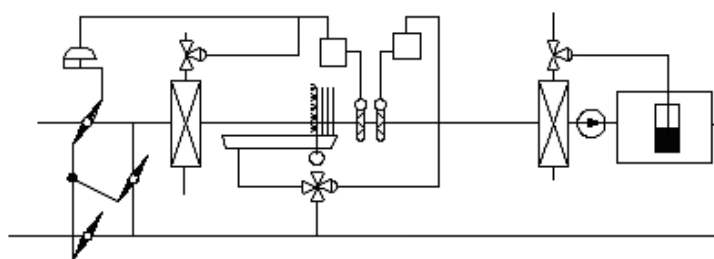


Рисунок 2.15. – Схеми зі ковзною температурою точки роси:

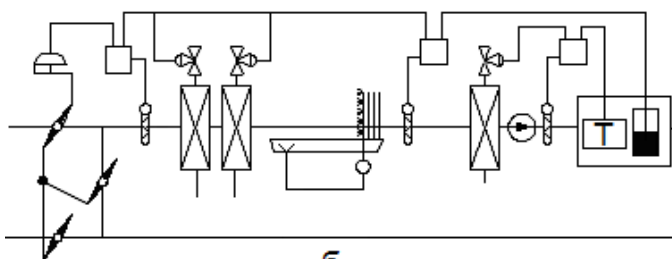
а – з камерою зрошення; б – схема без камери зрошення; в – схема із регулятором вологості повітря в об'єкті; г – графіки роботи елементів установки: 1 – клапан свіжого повітря; 2 – калорифер попереднього підігріву; 3 – байпас; д – схема з попереднім підігрівом зовнішнього повітря.

Схему такої установки показано на рисунку 2.15, в. В цьому випадку температура та відносна вологість повітря підтримуються незмінними. Графіки роботи елементів показано на рисунку 2.15, г.

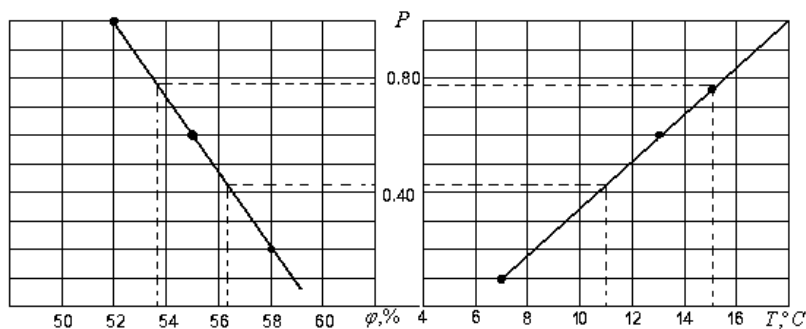
Інша схема прямого регулювання вологості повітря показано на рисунку 2.15, д. Регулятор температури в об'єкті включає підігрівач повітря тоді, коли температура повітря стає нижче заданого значення, і таким чином усувається надходження вологого повітря.



а



б



в

Рисунок 2.16. – Структурні схеми автоматичних систем регулювання вологості повітря: а – пряме регулювання вологості підмішування холодної води в камері зрошення; б – каскадна схема регулювання вологості повітря; в – Залежність заданого значення температури точки роси від зміни відносної вологості повітря в об'єкті.

Розташування калорифера попереднього підігріву в каналі зовнішнього повітря можливе у зонах з м'якими кліматичними умовами.

У схемі наведеної на рисунку 2.16, а, зниження температури точки роси досягається підмішуванням холодної води в камері зрошення. Регулятор відносної вологості керує клапаном калориферу другого підігріву повітря. На рисунку 2.16, б регулятор вологості в об'єкті безперервно змінює завдання регулятору температури точки роси і таким чином «стежить» за відносною вологістю в об'єкті. Регулятор температури точки роси управляє роботою калорифера попереднього підігріву повітря (або охолоджувача) та повітряних змішувальних клапанів.

Регулятор температури в об'єкті змінює значення, задане регулятору-обмежувачу, який керує калорифером другого порядку. Діаграми роботи цієї системи показано на рисунку 2.16, в.

На рисунках 2.17 – 2.19 наведено моделі відповідних систем автоматичного регулювання температури і вологості повітря та температури води, побудовані в пакеті Simulink MATLAB.

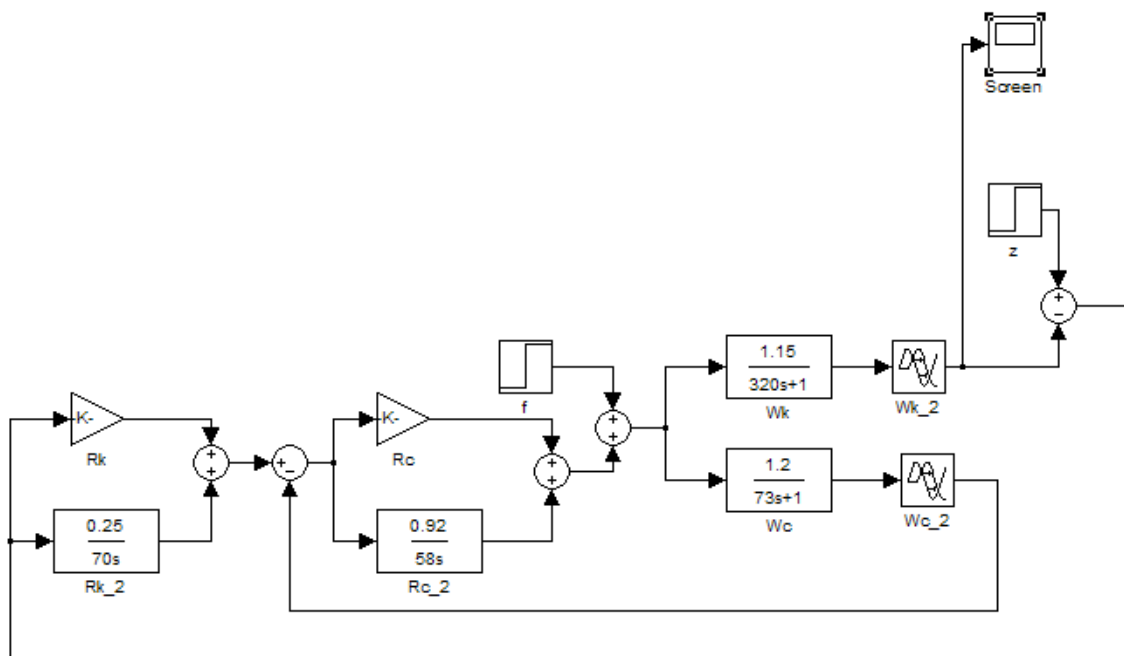


Рисунок 2.17 – Структурна схема каскадної САР температури повітря у приміщенні

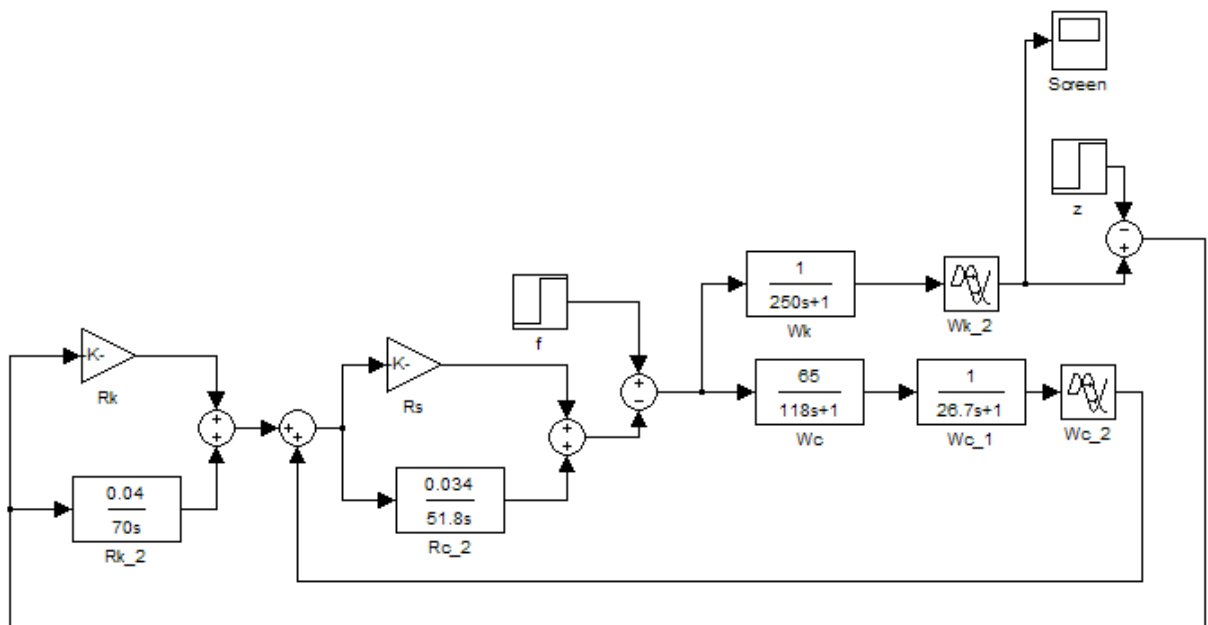


Рисунок 2.18 – Структурна схема каскадної САР  
вологості повітря у приміщенні

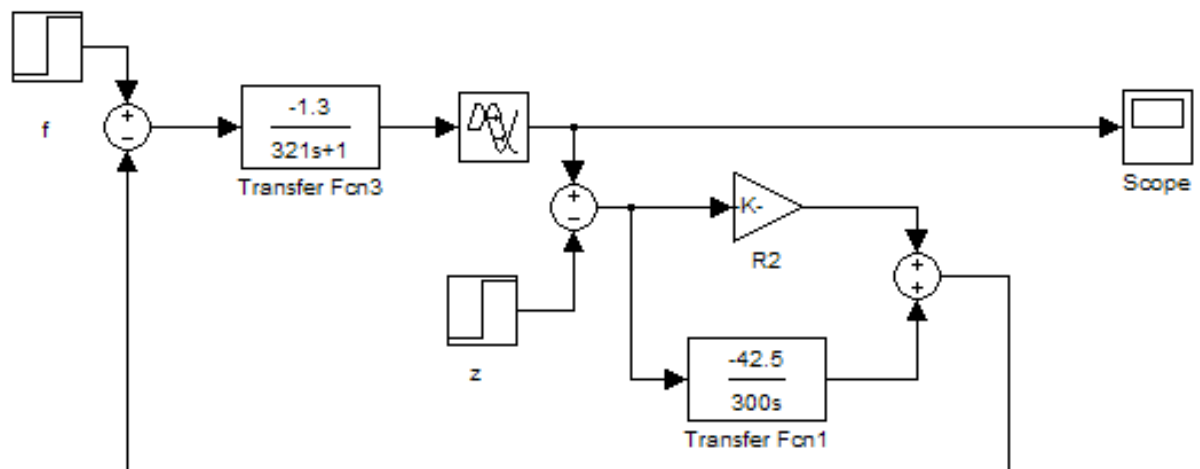


Рисунок 2.19 – Структурна схема одноконтурної САР  
температури води

На рисунках 2.20 – 2.22 представлено графіки перехідних процесів поданих на рисунках 2.17 – 2.19 структурних схем систем автоматичного регулювання відповідних параметрів, що регулюються ними.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

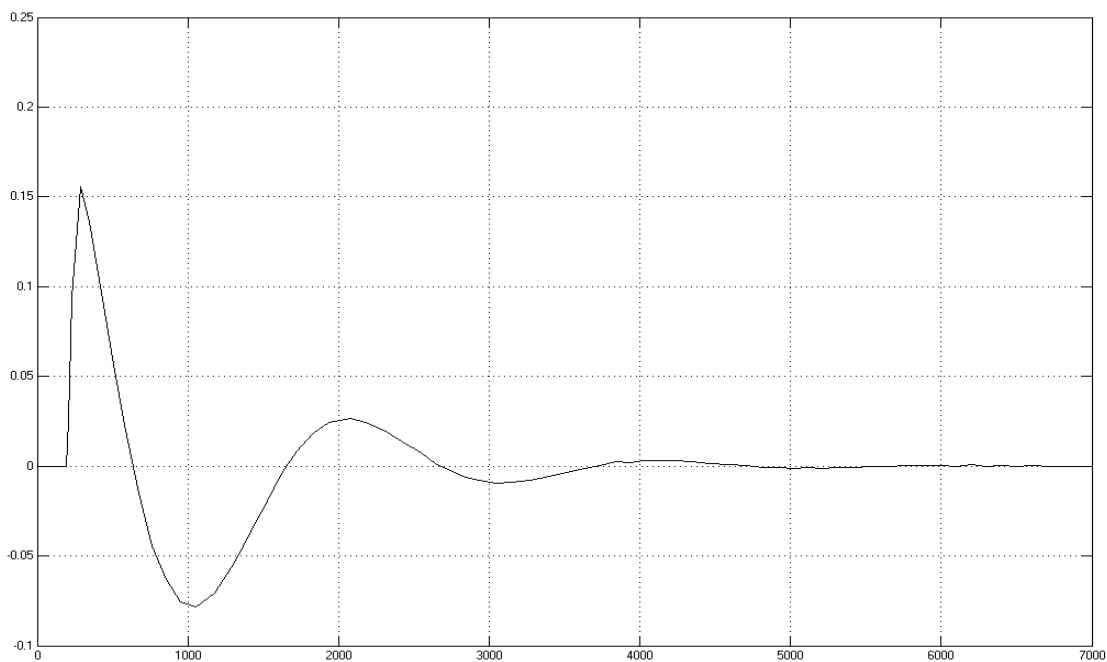


Рисунок 2.20 – Перехідний процес регулювання каналом «зміна температури зовнішнього повітря – зміна температури у приміщенні».

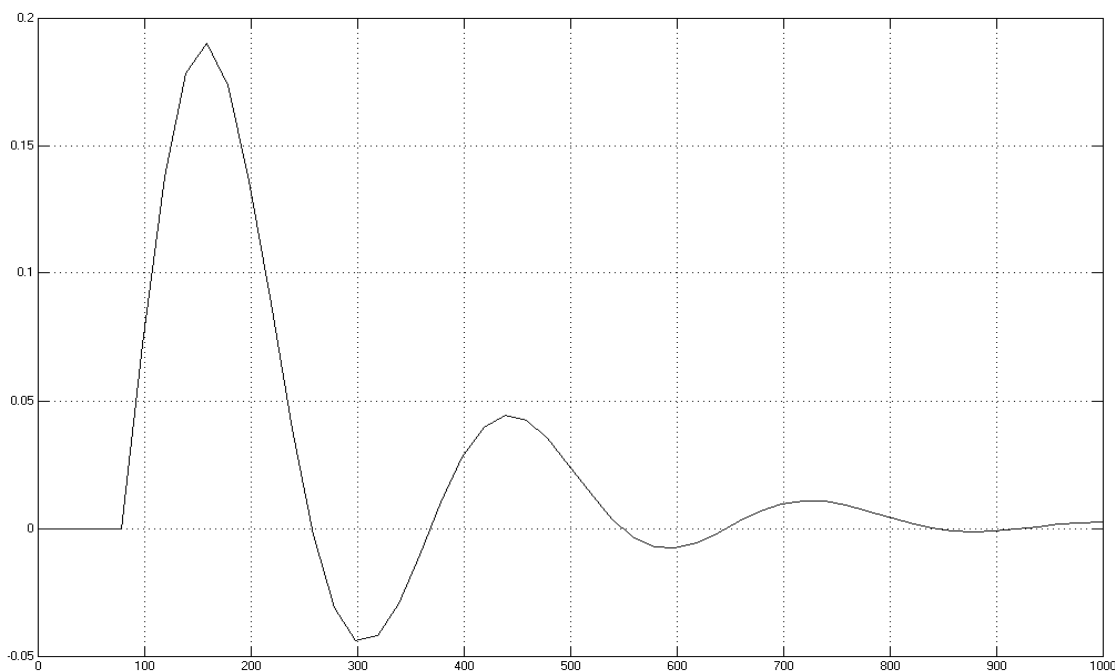


Рисунок 2.21 – Перехідний процес регулювання каналом «зміна вологості зовнішнього повітря – зміна вологості у приміщенні».

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

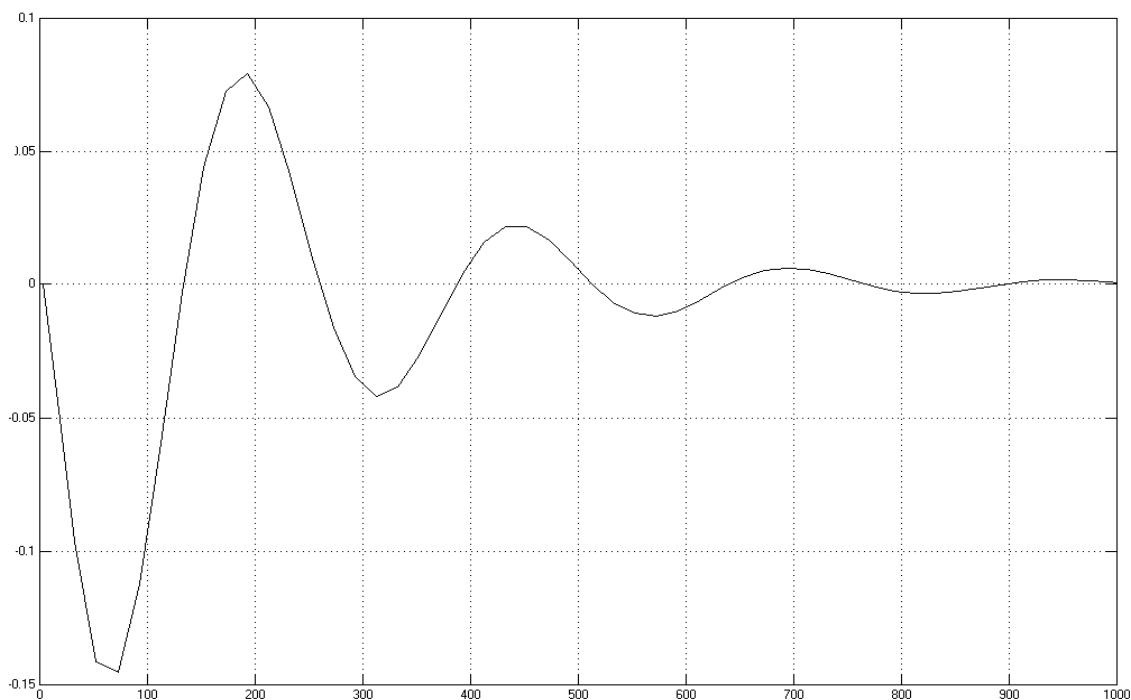


Рисунок 2.22 – Перехідний процес регулювання каналом «зміна співвідношення холодна-рециркуляційна вода – зміна температури води».

З наведених на рисунках 2.20 – 2.22 графіків перехідних процесів відповідних параметрів, можна зробити висновки, що побудовані САР за якісними показниками регулювання повністю задовільняють умовам регулювання.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

### 3. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.

#### 3.1 Вибір та обґрунтування контрольованих технологічних змінних

Підтримка постійної температури припливного повітря.

Управління температурою повітря (регулювання температури повітря в каналі) використовується при подачі в приміщення нагрітого повітря з постійною температурою. Датчик температури розташований у припливному повітроводі.

Регулювання температури у приміщенні.

Регулювання температури у приміщенні (постійна температура у приміщенні, регулювання температури витяжного повітря) використовується підтримки у приміщенні постійної температури. Регулювання температури в приміщенні застосовується також при зміні температури повітря через протяги, нагрівання обладнання тощо. Температура повітря припливу змінюватиметься в залежності від необхідності прогріву або охолодження приміщення. Допоміжний датчик температури розташований у припливному повітроводі і керує мінімальною і максимальною температурою припливного повітря для того, щоб до приміщення не надходило переохолоджене або перегріте повітря. Головний датчик знаходиться у приміщенні або у витяжному повітроводі (якщо необхідно визначити середнє значення температури в кількох кімнатах).

Захист від замерзання.

Датчик захисту від замерзання в основному призначений для запобігання замерзанню теплоносія у водяному калорифері. При утворенні льоду мідні трубки в калорифері можуть луснути з наступним завданням збитків внаслідок витоку води. Місце розташування температурного датчика

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

особливо важливим, т.к. він повинен перебувати в зоні найнижчої температури нагрівача.

Компенсація зовнішньої температури.

У деяких випадках необхідно, щоб зміна зовнішньої температури викликала певну зміну температури головного регулятора. Це означає, що якщо зовнішня температура переходить через певне значення, то задана температура повинна поступово зростати.

В цьому випадку датчик, який контролює температуру зовнішнього повітря, підключається до головного регулятора через окремий блок. Така компенсація може виконуватися як улітку, так і взимку. Компенсація у період означає, що й температура зовнішнього повітря підніметься вище певного значення, то значення уставки температури теж зросте. Компенсація в зимовий період року означає, що значення температури збільшиться, якщо температура зовнішнього повітря опуститься нижче певного значення.

Вологість повітря.

Найбільш оптимальною вважається відносна вологість повітря в діапазоні від 30 до 60%. Верхня межа вологості становить близько 70%.

### 3.2 Вибір засобів вимірювання температури і вологості

Для вимірювання температури повітря припливу використовується каналний датчик температури TG-K3/Pt1000 виробництва фірми «Regin»:

Діапазон виміру \_\_\_\_\_ -30...+70 °С;

Похибка виміру \_\_\_\_\_ ±0,5 °С;

Інерційність \_\_\_\_\_ 38 с.

Для вимірювання температури повітря в приміщенні використовується кімнатний датчик температури TG-R5/Pt1000 виробництва фірми Regin:

Діапазон виміру \_\_\_\_\_ 0...+50 °С;

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Похибка виміру \_\_\_\_\_  $\pm 0,5$  °C;

Для вимірювання температури зовнішнього (атмосферного) повітря використовують зовнішній датчик температури TG-R6/Pt1000 виробництва фірми «Regin»:

Діапазон виміру \_\_\_\_\_ -40...+60 °C;

Похибка виміру \_\_\_\_\_  $\pm 0,5$  °C;

Для вимірювання температури води на виході теплообмінника використовується датчик температури TG-A1/Pt1000 виробництва фірми «Regin»:

Діапазон виміру \_\_\_\_\_ -40...+60 °C;

Похибка виміру \_\_\_\_\_  $\pm 0,5$  °C;

Для вимірювання вологості у приміщенні використовується кімнатний перетворювач вологості HRT250 виробництва фірми «Regin»:

Діапазон виміру \_\_\_\_\_ 0...100%;

Похибка виміру \_\_\_\_\_  $\pm 2\%$  (при вологості 0...90%);  
 $\pm 3\%$  (при вологості 90...100%).

### 3.3 Вибір електроприводу заслінки каналу подачі зовнішнього повітря

Електричні приводи POLAR BEAR® розроблені спеціально для використання з повітряними заслінками, що виконують захисні функції, та призначені, наприклад, для захисту від заморожування та гарантованого повного закриття. При надходженні сигналу, що управляє, привід переміщає заслінку в нормальне робоче положення, поступово натягуючи вбудовану пружину. При передбаченому або аварійному відключенні живлення приводу енергія пружини моментально встановлює заслінку в закрите положення. Компактність та універсальний адаптер, що має функцію обмеження кута обертання, надають привод багатфункціональними властивостями.

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

Технічні характеристики електроприводу DA2.F:

Момент обертання _____	16 Н*м
Площа заслінки _____	3 м <sup>2</sup>
Час спрацьовування двигун _____	90 с
пружина _____	10 с
Робоча напруга _____	24 В
Частота _____	50 Гц
Потужність у робочому положенні _____	7 Вт
у кінцевих положеннях _____	0,6 Вт
Кут повороту робітник _____	90°
обмежений діапазон _____	0 ° ... 30 °
_____	60° ... 90°
Маса _____	2,9 кг
Керуючий сигнал _____	0...10 В
Індикація положення _____	механічна,

3.4 Вибір електроприводу переточної заслінки та заслінки рециркуляційного повітря

Для керування заслінками рециркуляції та перетікання застосовується електропривод DM1.1 виробництва фірми POLAR BEAR®.

Технічні характеристики електроприводу DM1.1:

Момент обертання _____	16 Н.м
Площа заслінки _____	3 м <sup>2</sup>
Час спрацьовування _____	80...110 с
Робоча напруга _____	24 В
Частота _____	50 Гц
Потужність у робочому положенні _____	4 Вт
у кінцевих положеннях _____	0,6 Вт

Кут повороту робітник \_\_\_\_\_ 90°  
 обмежений діапазон \_\_\_\_\_ 5 ° ... 85 °  
 Маса \_\_\_\_\_ 1,1 кг  
 Керуючий сигнал \_\_\_\_\_ 0...10 В  
 Індикація положення \_\_\_\_\_ механічна, за допомогою  
 вказівника

Число циклів спрацьовування \_\_\_\_\_ 60 000  
 Рівень шуму \_\_\_\_\_ 45 дБ (А)  
 Клас захисту \_\_\_\_\_ II  
 Ступінь захисту \_\_\_\_\_ IP 44  
 Температура експлуатації \_\_\_\_\_ -20...+50°C  
 Відносна вологість довкілля \_\_\_\_\_ 5...95 %.

### 3.5 Вибір контролера та побудова на його базі структур систем автоматизованого управління установкою кондеціонування повітря

CORRIGO C30 – це новий контролер, легкий у використанні та експлуатації. Він розроблений для використання в системах керування центральним кондиціонуванням повітря. Контролер має дисплей та вбудований індикатор на передній панелі для сигналізації; керування контролера - за допомогою кнопок.

Контролер розроблений для кріплення на DIN-рейку в щитку або шафи.

Необхідні функції вибираються за допомогою текстового меню або значення коду конфігурації меню в залежності від типу програми, що використовується.

У контролера є річний годинник та автоматичний перемикач літо/зима.

Система меню дозволяє користувачам з різними рівнями доступу,

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

показує уставки і дозволяє їх змінювати, залежно від ступеня доступу. Це зроблено задля унеможливлення некваліфікованого поводження з контролером, тобто. на нижньому рівні користувача неможливо ввести некоректні уставки при перегляді поточного стану, значень параметрів, аварій і т.д. При нормальній роботі, без натискання будь-яких кнопок, дисплей показує найбільш важливі показники, такі як встановлені/поточні значення, логічне управління виходами, час/дата і т.д.

#### АІ Аналогові входи

У контролера С30 шість аналогових входів АІ3... АІ8. Входи АІ3, АІ4 призначені використання перетворювачів вологості з вихідним сигналом 0...10В. Входи АІ5 ... І8 призначені для використання датчиків температури типу Pt1000.

АІ3 Кімнатний перетворювач вологості HRT

АІ4 Канальний перетворювач вологості HRT250

АІ5 Датчик температури зовнішнього повітря TG-R6/Pt1000

АІ6 Датчик температури повітря припливу TG-K3/Pt1000

АІ7 Датчик температури повітря в приміщенні TG-R5/Pt1000

АІ8 Датчик температури води TG-A1/Pt1000.

#### Цифрові входи ДІ

У контролера С30 десять цифрових входів АІ1...АІ2 та ДІ1...ДІ8 для активізації відповідних функцій та моніторингу аварій.

Ці входи повинні бути приєднані тільки до потенційно вільних реле, що закривається.

АІ1 Контролює роботу припливного вентилятора або реле тиску.

АІ2 Контролює роботу витяжного вентилятора або реле тиску.

ДІ1 Контролює забрудненість фільтра.

ДІ2 Контролює циркуляційний насос, контур нагрівача.

ДІ3 Аварійний вхід чилерів (чилерів).

ДІ4 Контролює обертання роторного рекуператора.

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Контролює зледеніння на теплообміннику.

DI5 Пожежна тривога.

DI6 Зовнішня аварія. Зовнішні перемикачі не перебувають у положенні “Auto”.

DI7 Кнопка або таймер для затримки вимкнення (для однієї швидкості).

Затримка вимкнення роботи для двошвидкісних систем вентиляції.

DI8 Кнопка або таймер для затримки вимкнення на низькій швидкості (для двошвидкісних систем).

Аналогові виходи АО

У контролера С30 три аналогові виходи, АО1...АО3. Виходи мають сигнал 0...10 V DC, 5 mA та захищені від короткого замикання.

АО1 Y1 – охолодження, нагрівання чи заслінка.

АО2 Y2 - нагрівання, пластинчастий теплообмінник, роторний рекуператор, тепловий насос, охолодження або заслінка.

АО3 Y3 – нагрівання чи охолодження.

АО6 Зволоження/осушення.

Цифрові виходи DO

У контролера С30 сім дискретних виходів, DO1...DO7. Виходи мають сигнал 0...10 V DC, 5 mA та захищені від короткого замикання.

DO1 Управління припливним вентилятором.

Висока швидкість припливного вентилятора для двошвидкісних систем.

DO2 Управління витяжним вентилятором.

Висока швидкість витяжного вентилятора для двошвидкісних систем.

DO3 Керування циркуляційним насосом.

Блокування електричного нагріву.

DO4 Управління компресором 1 (DX-охолодження).

Низька швидкість припливного вентилятора для двошвидкісних систем.

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

DO5 Управління компресором 2 (DX-охолодження).

Низька швидкість витяжного вентилятора для двошвидкісних систем.

DO6 Управління зовнішнього захисту від обмерзання.

Спрацювання протипожежної заслінки.

DO7 Аварійний вихід.

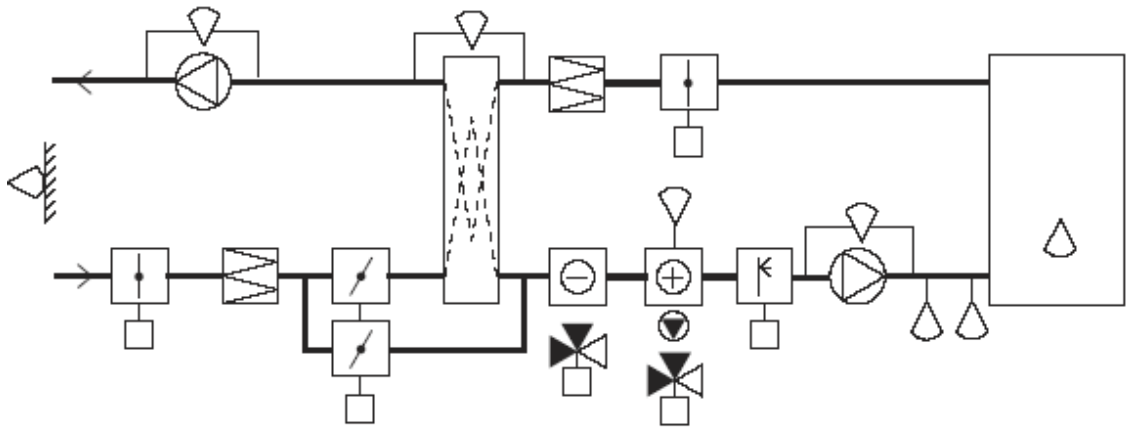


Рисунок 3.1 – Приклад системи керування з контролером серії С30

Функції контролю С30

Прикладне керування температурою повітря

Датчик температури повітря (AI3) керує послідовністю для досягнення встановленої температури.

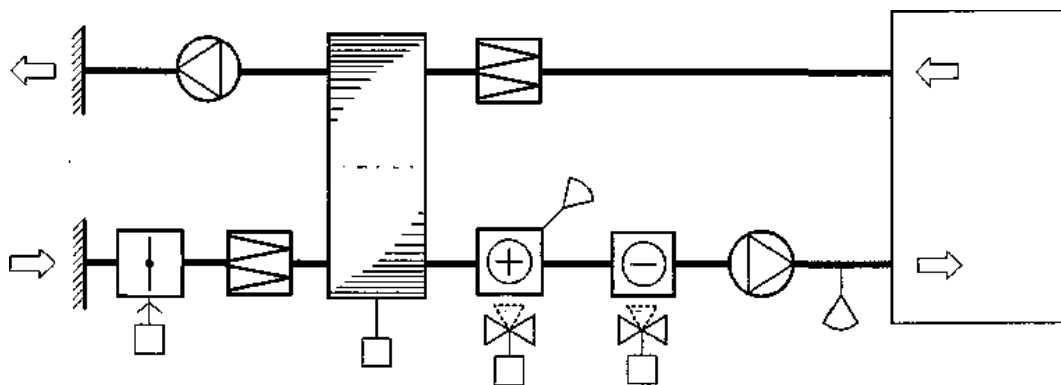


Рисунок 3.2 – Управління температурою повітря із компенсацією зовнішньої температури

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Датчик температури повітря (AI3) керує послідовністю для досягнення заданої температури. Задатчик компенсовано з огляду на сенсор зовнішньої температури (AI1). Параметри, встановлені в меню «Налаштування», в меню для зовнішньої компенсації стають доступними, коли вибір зроблено.

Компенсацію зовнішньої температури можна встановити за допомогою двох початкових двох кінцевих позицій, див. розділ «Установки».

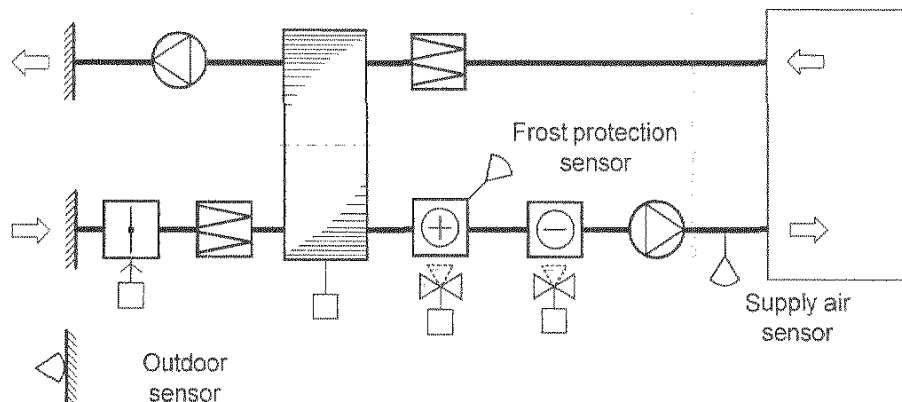


Рисунок 3.3 – Управління температурою у приміщенні з каскадним контролем температури повітря

Датчик температури припливного повітря (AI3) управляє послідовністю, тому задатчик досягається, як і управління повітрям.

Датчик температури повітря припливу (AI3) управляє послідовністю, так що задатчик досягається так само, як і контроль припливного повітря. Задатчик для припливної температури визначається Датчиком Кімнатної температури (AI2), який при необхідності нагрівання збільшує задатчик для припливного повітря у відповідність до встановлених параметрів або, при необхідності охолодження, знижує задатчик.

Каскадний фактор (наскільки задатчик температури приміщення повинен бути змінений (пригороду)) встановлюється в «Установках», див.

ПРИМІТКА: каскадне керування є PI-керуванням з I-часом (фабричні установки 10 хвилин) і працює з установками між встановленим мінімальним і максимальним обмеженням.

(Поточне встановлення температури приміщення відображено в меню каскадного фактора).

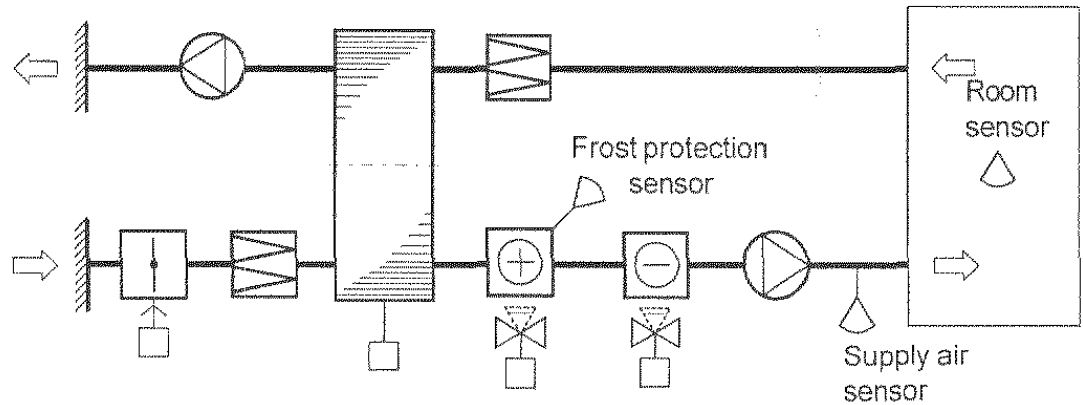


Рисунок 3.4 – Управління температурою в приміщенні з мін/макс обмеженням температури повітря.

Датчик керування температурою Room (AI2) керує послідовністю досягнення встановлених параметрів. Температура підтримується цим датчиком з обмеженням мінімального та максимального значень.

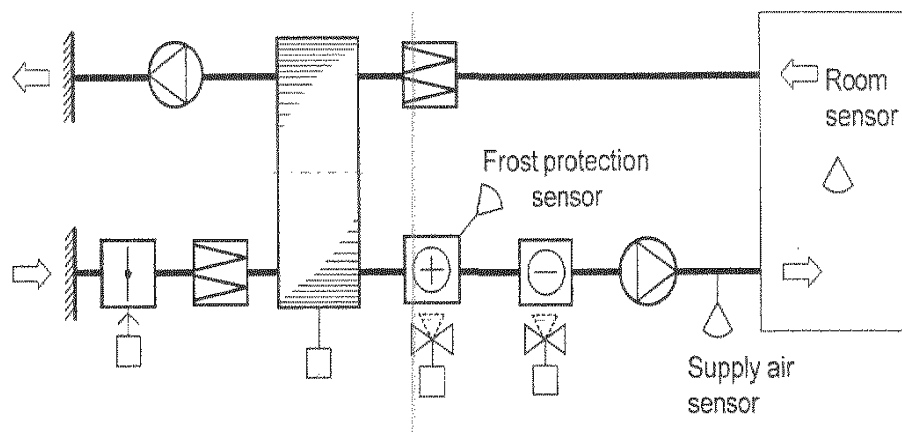


Рисунок 3.5 – Управління температурою в приміщенні без датчика повітря.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата



Датчик температури Room (AI2) керує послідовністю досягнення значень установок.

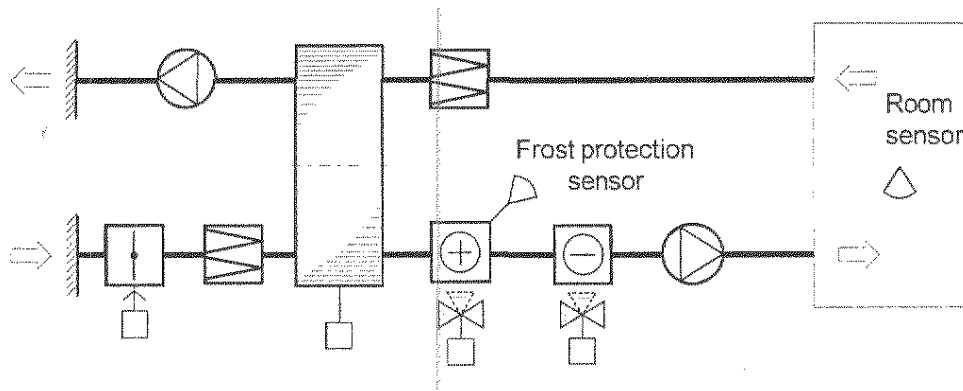


Рисунок 3.6 – Управління температурою повітря з компенсацією зовнішньої температури або керування температурою приміщення з обмеженнями мін/макс. Перемикач залежить від зовнішньої температури.

Датчик зовнішньої температури керує перемиканням між керуванням повітрям (зима) та керуванням у приміщенні (літо).

Датчик повітря (AI3) керує послідовністю для досягнення встановлених параметрів. Налаштування – зовнішня температура компенсується датчиком зовнішньої температури (AI1). Параметри встановлюються в меню "Параметри".

Датчик у приміщенні (AI2) керує послідовністю досягнення встановлених параметрів. Температура може бути макс/хв лімітована. Параметри встановлюються в меню "Параметри".

Необхідна потужність для підігріву повітря припливу в зимовий період становить 381 кВт; для охолодження у літній період – 123 кВт. Різниця температур теплоносія 80...60°C, холодоносія 7...12°C.

Витрата теплоносія складає:

$$G_m = \frac{Q_m}{\Delta t * 1.163} = \frac{381}{(80-60)*1.163} = 16,4 \text{ м}^3 / \text{год}$$

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

ХОЛОДОНОСІЯ:

$$Gx = \frac{Qx}{\Delta t * 1.163} = \frac{123}{(12-7) * 1.163} = 21,2 \text{ м}^3 / \text{год}$$

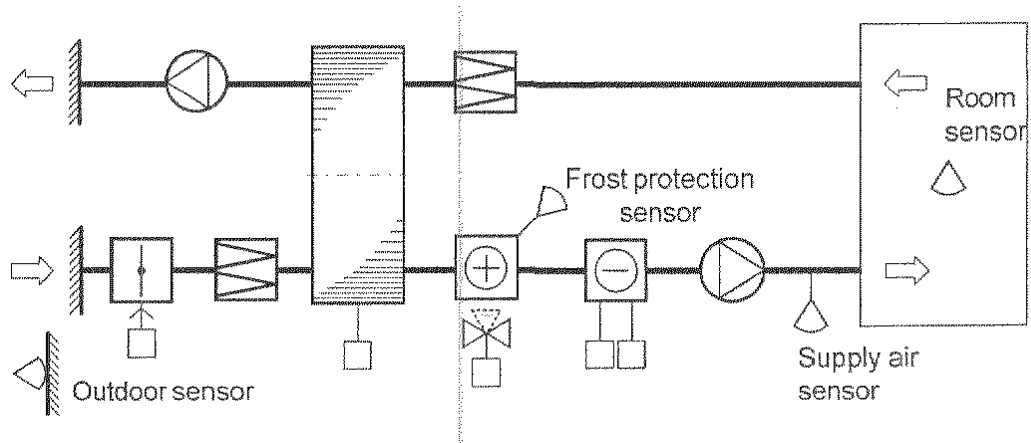


Рисунок 3.7 – Вибір регулюючого органу та виконавчого механізму

Як регулюючий орган на подачі теплоносія застосований триходовий клапан типу NMTR виробництва фірми Regit. Підбір клапана провадиться за умови перепаду тиску на ньому не вище 20 кПа. Підбір здійснюється за діаграмою, зображеною на рисунку 3.8.

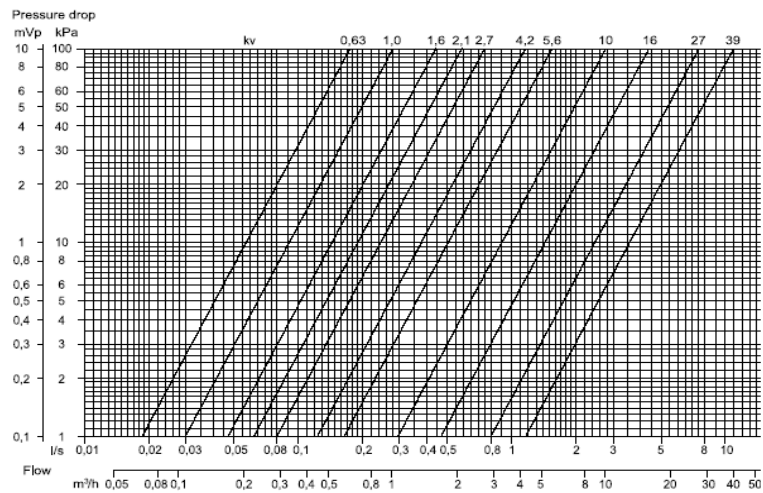


Рисунок 3.8 – Діаграма підбору триходового клапана типу NMTR

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Як регулюючий орган на подачі холодоносія застосований триходовий клапан типу BGTR виробництва фірми Regi. Підбір клапана провадиться за умови перепаду тиску на ньому не вище 20 кПа. Підбір здійснюється за діаграмою, зображеною на рисунку 3.9.

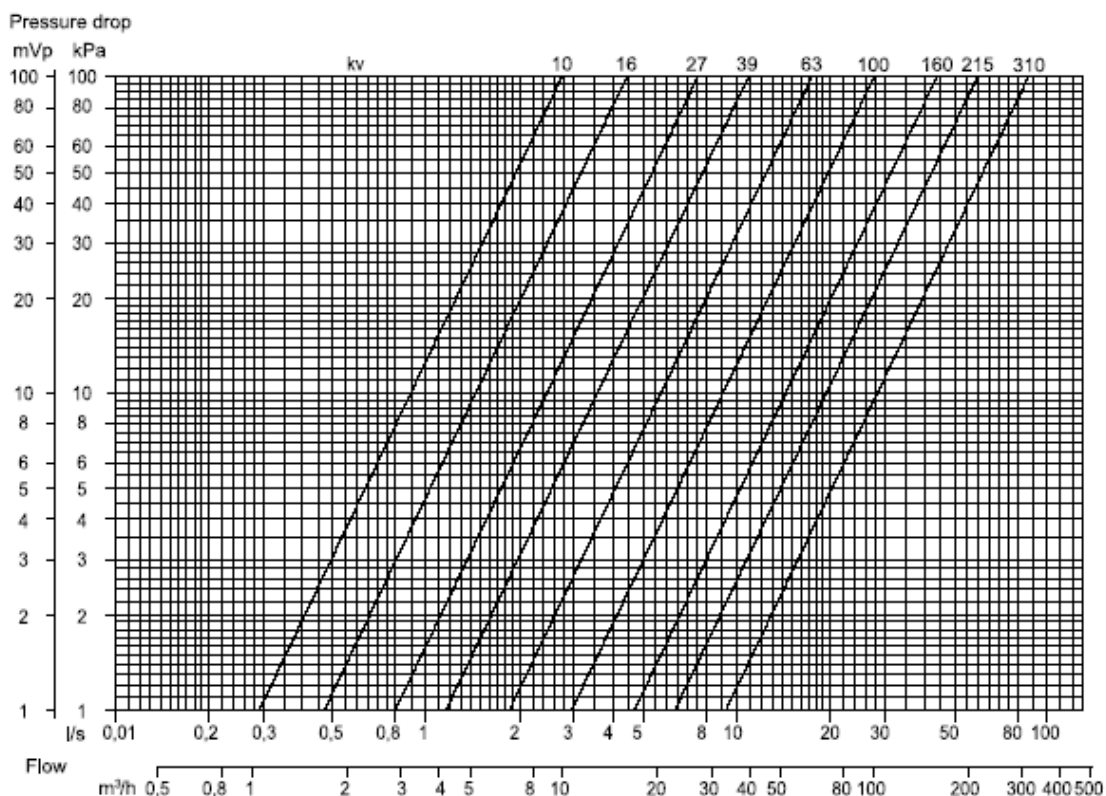


Рисунок 3.9 – Діаграма підбору триходового клапана типу BGTR

На подачі теплоносія встановлено триходовий клапан NMTR50-39 (рис. 5) з умовним проходом DN=50мм та умовною пропускною здатністю Kv=39 м3/год. На подачі охолоджувача встановлений триходовий клапан BGTR65-63 (рис. 6) з умовним проходом DN=65 мм і умовною пропускною здатністю Kv=63м3/год.

Як виконавчий механізм на клапані теплоносія застосований електропривод AQM24-1R (рис.7) виробництва фірми Regi. Технічні характеристики електроприводу AQM24-1R:

Напруга живлення \_\_\_\_\_ 24 В.

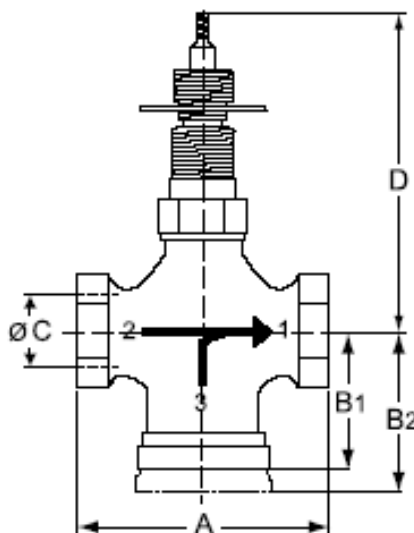
					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

Частота \_\_\_\_\_ 50 Гц.  
 Управляючий сигнал \_\_\_\_\_ 0...10 У.  
 Потужність \_\_\_\_\_ 6 Вт.  
 Довжина штока \_\_\_\_\_ 20 мм.  
 Час ходу штока \_\_\_\_\_ 10 с/мм.  
 Фактичне зусилля \_\_\_\_\_ 500 н.

Як виконавчий механізм на клапані холодоносія застосований електропривод AV24-MFT (рисунок 3.10) виробництва фірми Velimo.

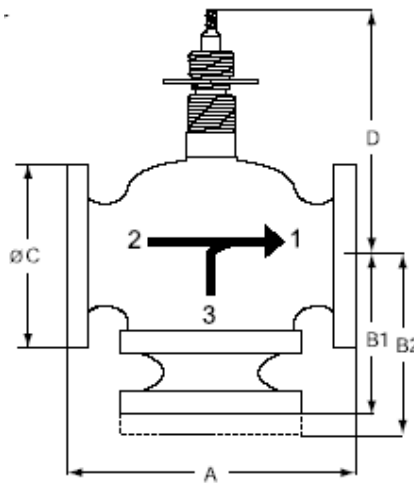
Технічні характеристики електроприводу AV24-MFT:

Напруга живлення \_\_\_\_\_ 24 В.  
 Частота \_\_\_\_\_ 50 Гц.  
 Управляючий сигнал \_\_\_\_\_ 0...10 У.  
 Потужність \_\_\_\_\_ 6 Вт.  
 Довжина штока \_\_\_\_\_ 50 мм.  
 Час ходу штока \_\_\_\_\_ 3 с/мм.  
 Фактичне зусилля \_\_\_\_\_ 2000 Н.



A = 160 мм; B1 = 100 мм; B2 = 73 мм;  
 ØC = G 2"; D = 126 мм; Маса – 5,0 кг.

Рисунок 3.10 – Триходовий регулюючий клапан NMTR50-39



A = 260 мм;      B1 = 170 мм;      B2 = 190 мм;  
 3 = 185 мм;      D=200 мм; Маса – 23 кг

Рисунок 3.11 –Триходовий регулюючий клапан BGTR65-63

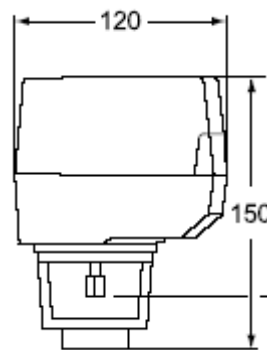


Рисунок 3.12 – Електропривід AQM24-1R

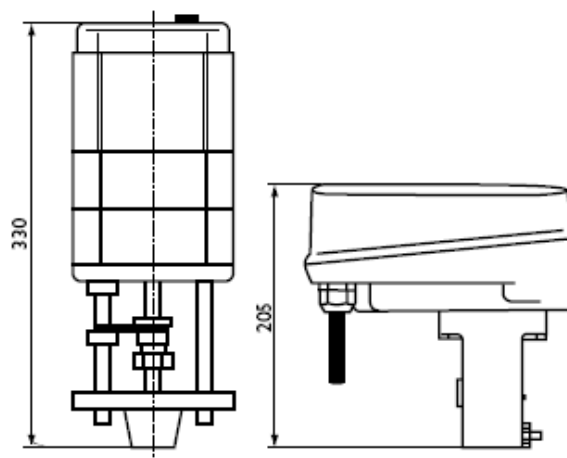


Рисунок 3.13– Електропривід AV24-MFT

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	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. Обґрунтувань 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.

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Опалення, вентиляція та кондиціонування: 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. Треїуб // Східно-Європійський журнал передових технологій. -2011, № 2/10(50) – С. 53-55.
3. Класифікація систем кондиціонування та вентиляції.// Офіційний сайт компанія «Вентиляційні системи». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ukrblog.vents.ua/articles/klassifikaciya-sistem-kondicionirovaniya-i-ventilyacii.html>.
4. Бондар Є.С. Автоматизація систем вентиляції і кондиціонування 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 Jaakkola<sup>1</sup>, Olli P. Heinonen<sup>2</sup>, Article first published online: 22 APR 2004. [Електронний ресурс]. Режим доступу: DOI: 10.1111/j.1600-0668.1991.02-12.x
7. Офіційний сайт фірми «Wesper». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.wesper.co.uk>.
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 із

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		62

застосуванням інфрачервоного нагріву: автореферат дисертації доктора технічних наук: 05.23.03. – К.: КНУБА, 2013. – 40 с.

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 кондиціонування 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. – 380 с.

12. 17. 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. Al-Homoud MS. Computer-aided building energy analysis techniques. Build Environ 2001;36:421–33.

					ДП.АКИТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



18. Chung W. Review of building energy-use performance benchmarking methodologies. Appl Energy 2011; P –1470.

19. Дешко В.І., Крот І.О. Утилізація теплоти в системах вентиляції // Нова Тема. — 2009. — № 2. — С. 9—11.

20. Кордюков, М. І.; Дешко, В. І.; Суходуб, І. О. Особливості процесів тепло масообміну рекуперативного мембранного теплообмінника «повітряповітря» в літній період. Холодильна техніка та технологія, 2014, 50.1.

21. Рекуперація тепла [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ecotown.com.ua/slovnyk/rekuperatsiya-tepla/>. 28. Ковальчук, А. М., Листопадська, Т. В. (2015). Ефективність використання вентиляційних установок рекуперативного типу. Ел. каталог, С/ 7-14.

22. О.С. Бондар. Автоматизація систем вентиляції та кондиціонування повітря / О.С. Бондар, А.С. Гордієнко, В.А. Михайлов, Г.В. НІМІЧ. За заг. редакцією С.Бондаря - К.: ТОВ "Аванпост - Прим" 2005-560с.

23. Roger W. Haines, Douglas C. Hittle. Control Systems for Heating, Ventilating, and Air Conditioning. 6th Edition. New York. Springer Science & Business Media, 2006. – 377 p

24. Ronnie J. Auvil HVAC Control Systems. 4th Edition. American Technical Publisher. 2017. – 576 p/

25. Загальні методичні рекомендації з підготовки, оформлення, захисту та оцінювання кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) і другого (магістерського) рівнів.// Укладачі: В. М. Островерхов, Л. І. Біловус, К. З. Возьний, О. О. Луцишин, Г. Л. Монастирський, С. А. Надвиничний, С. В. Питель, С. К. Шандрук. Тернопіль: ЗУНУ, 2024. – 83 с.

					ДП.АКІТ. 8872506.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		