

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизація системи очищення повітря промислових підприємств

Назва теми

КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент IV курсу, група АКІТ-19-1

Підпис

Дар'я АСКЄРОВА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник

Підпис, дата

Павло МАЙДАН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
зав. кафедри автоматизації,  
комп'ютерно-інтегрованих  
технологій та робототехніки

Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 08 » 06 2023 р.

Хмельницький 2023

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та  
робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою

В. Мартенюк  
« » 2023р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Аскерова Дар'я Рустамівна





- 1 Тема роботи: Автоматизація системи очищення повітря промислових підприємств  
керівник роботи Майдан П.С., к.т.н, доцент  
Затверджено наказом по університету від «01» березня 2023р. №5.
- 2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 03.06.2023р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування
- 4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Огляд та аналіз технологічного процесу очищення та кондиціонування повітря. Основна частина. Моделювання роботи автоматизованої системи очищення повітря промислових підприємств. Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)  
3 креслення

Завдання отримав

Дар'я

Науковий керівник

Майдан П.С.

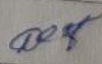
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

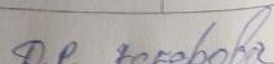
7. Дата видачі завдання « 01 » 02 2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

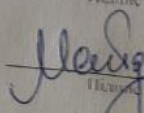
№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2023р.	Виконано
2	Огляд та аналіз технологічного процесу очищення та кондиціонування повітря	15.03.2023р.	Виконано
3	Основна частина	10.04.2023р.	Виконано
4	Моделювання роботи автоматизованої системи очищення повітря промислових підприємств	10.05.2023р.	Виконано
5	Висновки	15.05.2023р.	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до КРБ	25.05.2023р.	Виконано
7	Оформлення презентаційних матеріалів	1.06.2023р.	Виконано

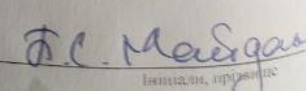
Студент





Керівник роботи





## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизація системи очищення повітря промислових підприємств».

Автор роботи: Аскерова Д.Р.

Керівник роботи: Майдан П.С.

Пояснювальна записка: 65 с., 39 рис., 3 табл., 3 дод., 42 джерел.

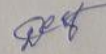
Графічна частина: 3 креслення

ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ, ЗАПИЛЕНІСТЬ ПОВІТРЯ, ПОВІТРЯНИЙ ФІЛЬТР, ВЕНТИЛЯЦІЯ, КОНДИЦІОНУВАННЯ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ, ДАТЧИК, ЗАХИСНА АВТОМАТИКА, КОНТРОЛЕР ТРМ133, ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА

Метою роботи є розробка проєкту автоматизації системи очищення повітря промислових підприємств у випадку використання суміщеної системи вентиляції та кондиціонування задля покращення фізико-хімічних властивостей повітря. Надано опис принципової електричної схеми очищення та охолодження повітря у виробничих приміщеннях при поєднанні систем вентиляції та кондиціонування для забезпечення припливно-витяжної системи вентиляції повітря. Крім того, наведено опис функціональної схеми автоматизації системи керування очищенням та охолодженням повітря. Проведено вибір та опис засобів автоматизації системи очищення повітря виробничих підприємств від пилу та теплового забруднення, а також його доведення до оптимальних значень за показником вологості повітря. Для автоматизації використовується припливно-витяжна система вентиляції у поєднанні із системою кондиціонування повітря, яка відповідає за подачу охолодженого та очищеного повітря. Крім того, в розділі визначені передаточні функції САР очищення та охолодження повітря, а на основі передаточних функцій побудовано логарифмічно-фазові частотні характеристики, логарифмічні амплітудно-частотні характеристики та амплітудно-фазові характеристики системи.

05.06.2028

дата



Підпис

Зміст

ВСТУП	с.
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ	3
1.1 Огляд та аналіз складових частин систем кондиціонування повітря	4
1.2 Огляд та аналіз існуючих конструкцій кондиціонерів	8
1.3 Показники якості повітря та контроль запиленості повітря у виробничих приміщеннях	21
1.4 Висновки до першого розділу	25
2 РОЗРОБКА СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ	26
2.1 Види очищення повітря в інженерних системах виробничих підприємств	26
2.2 Вибір та опис функціональної схеми автоматизації технологічного процесу кондиціонування повітря	33
2.3 Опис принципової електричної схеми системи автоматизації технологічного процесу кондиціонування повітря	39
2.4 Висновки до другого розділу	41
3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ	42
3.1. Вибір та опис засобів автоматизації	42
3.2. Визначення передаточних функцій системи автоматичного регулювання	51
3.3 Висновки до третього розділу	56
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60
ДОДАТКИ	66

					<b>КвРАКІТ.2019039.01.01.ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Автоматизація системи очищення повітря промислових підприємств. Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав	Аскерова Д.Р.		<i>[Signature]</i>	06.06.23		y	2	65
Перевір.	Майдан П.С.		<i>[Signature]</i>	06.06.23				
Н.контр.	Корещька Л.О.		<i>[Signature]</i>	06.06.23				
Затвер.	Мартинюк В.		<i>[Signature]</i>	06.06.23				
						ХНУ гр. АКІТ-19-1		

## ВСТУП

Якість повітря та його фізико-хімічний склад у виробничих приміщеннях відіграє важливу роль, оскільки може впливати на фізіологічний стан працівників та хід виробничого процесу. Деякі види виробничих процесів потребують підтримання сталих температур на зазначеному рівні, а також висувають жорсткі вимоги до чистоти повітря, особливо до вмісту пилу. До таких виробничих процесів можуть відноситись процеси виготовлення харчових продуктів, точне інструментальне виробництво, виготовлення мікросхем, плат та мікроконтролерів, виготовлення фармацевтичної продукції, тощо.

Автоматизацію виробничих процесів в цілому можна виділити як один із рушійних факторів та перспективних напрямків в розвитку промислових підприємств. Особливе значення автоматизація системи подачі повітря із відповідним складом має для великогабаритних будівель та промислових підприємств.

Автоматизація систем вентиляції та кондиціонування представляє собою комплекс автоматичного управління не тільки показниками мікроклімату в приміщенні, але й фізико-хімічного складу повітря. Процес автоматизації системи очищення повітря промислових підприємств спрощує підтримання якості повітря на заданому рівні, його очищення від теплового забруднення та запиленості, а також зменшує вплив людських факторів на технологічний процес.

Метою роботи є розробка проєкту автоматизації системи очищення повітря промислових підприємств у випадку використання суміщеної системи вентиляції та кондиціонування задля покращення фізико-хімічних властивостей повітря.

					<i>КвРАКІТ.2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

# 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

## 1.1 Огляд та аналіз складових частин систем кондиціонування повітря

Автоматична підтримка в приміщеннях окремих або всіх параметрів повітря, тобто температури, швидкості руху повітря, відносної вологості та чистоти, із метою забезпеченням оптимальних умов мікроклімату, які є найбільш сприятливими для ведення технологічного процесу, самопочуття людей та збереження матеріальних цінностей називається кондиціонуванням.

Вимоги проєктування систем кондиціонування та охолодження будівель і споруд, основною метою яких є забезпечення нормованих параметрів мікроклімату приміщень із врахуванням їх призначення, а також вимог охорони та безпеки навколишнього середовища та раціонального використання під час експлуатації системи енергоресурсів регламентуються відповідним нормативним документом ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [9].

Охолодження та кондиціонування повітря приймається для забезпечення наступних параметрів:

- нормованих параметрів мікроклімату приміщень виробничих будівель в період охолодження у тому випадку, якщо такі параметри не можуть забезпечуватись системою вентиляції повітря виробничого приміщення;
- чистоти повітря, які потребує виконання технологічного процесу роботи виробничого підприємства, при чому згідно із завданням на проєктування та тільки за наявності економічного обґрунтування;
- оптимальних параметрів мікроклімату приміщень та чистоти складу повітря у відповідності із санітарно-гігієнічними вимогами.

Для здійснення процесу кондиціонування повітря використовується комплекс технічних засобів, до яких входять наступні засоби:

- забору повітря;

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- підготовки повітря;
- переміщення та розподілу повітря в приміщенні;
- тепло- та холодопостачання;
- автоматики;
- контролю;
- дистанційного керування.

На відміну від системи вентиляції, система кондиціонування (СК) представляє собою більш складну, досконалу та потужну систему, а основною відмінністю СК від системи вентиляції є наявність власного джерела холоду для охолодження повітря.

Класифікація СК включає в себе класифікацію за декількома параметрами. Перший параметр – це призначення СК, які можуть бути технологічними та комфортними. Технологічні СК відповідають за підтримання та створення параметрів повітря, необхідних для виконання технологічних процесів підприємства. Комфортні СК відповідають за підтримання параметрів повітря для їх відповідності санітарно-гігієнічним нормам.

За режимом роботи СК бувають сезонні та річні. За тиском СК бувають високого (більше 3 МПа), середнього (від 1 до 3 МПа) та низького (до 1 МПа) тиску.

За забезпеченням метеорологічних умов в приміщеннях:

1 класу – забезпечують у відповідності із нормативними документами необхідні для технологічного процесу параметри повітря;

2 класу – здатні забезпечувати необхідні технологічні норми чи оптимальні санітарно-гігієнічні;

3 класу - забезпечують лише допустимі норми, якщо вказані норми неможливо забезпечити вентиляцією без використання штучного охолодження повітря в теплий період року.

Якщо розглядати СК за таким показником, як характер зв'язку із приміщенням, то вони бувають центральними та місцевими. За кількістю зон

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

обслуговування СК бувають багатозональні, які використовуються для підтримки оптимальних метеорологічних умов у декількох приміщеннях одночасно, та однозональні (для одного приміщення).

Основною відмінністю СК від систем вентиляції повітря є такий показник, як наявність холодоагенту. Тому СК класифікуються також і за ознакою, як наявність в ній власного джерела холоду. З такої точки зору СК бувають неавтономними, які потребують використання охолоджувальної рідини та електричного живлення, та автономні, які потребують лише подачі електричної енергії, а джерело холоду передбачено в самій системі.

На рис. 1.1 наведено принцип роботи холодильної машини.

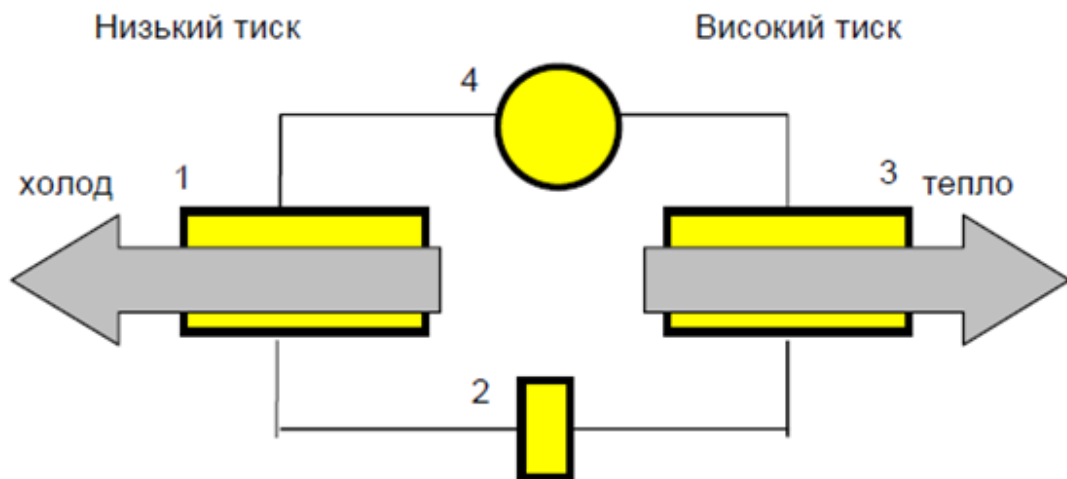


Рисунок 1.1 – Принцип роботи холодильної машини:

1 – випарник; 2 – регулятор потоку; 3 – конденсатор; 4 - компресор

У випарнику відбувається кипіння фреону, а в конденсаторі відбувається його конденсація (під підвищеним тиском). На виході із випарника агрегатний стан фреону – пара, якій характерні низький тиск та температура. Ця пара в подальшому засмоктується іншою складовою холодильної машини – компресором.

В якості холодоагентів в холодильній техніці застосовується дві групи фреонів – гідрофторвуглеводні та хлорофторвуглеводні. У випадку фреонів другої

групи однією із характеристик такої речовини є руйнування озонового шару, тому у світовій практиці спостерігається поступова відмова від використання холодоагентів цієї групи [19].

Ефективність циклу охолодження СК проводиться за оцінкою коефіцієнту термічної ефективності або коефіцієнтом корисної дії. Цей коефіцієнт представляє собою показник співвідношення електричної та холодильної потужностей. Наприклад, якщо значення коефіцієнта термічної ефективності становить 3,5, то на кожен одиницю електроенергії, яку споживає СК, виробляється 3,5 одиниці холоду.

Складові частини СК включають в себе елементи, які зображені на рис. 1.2.

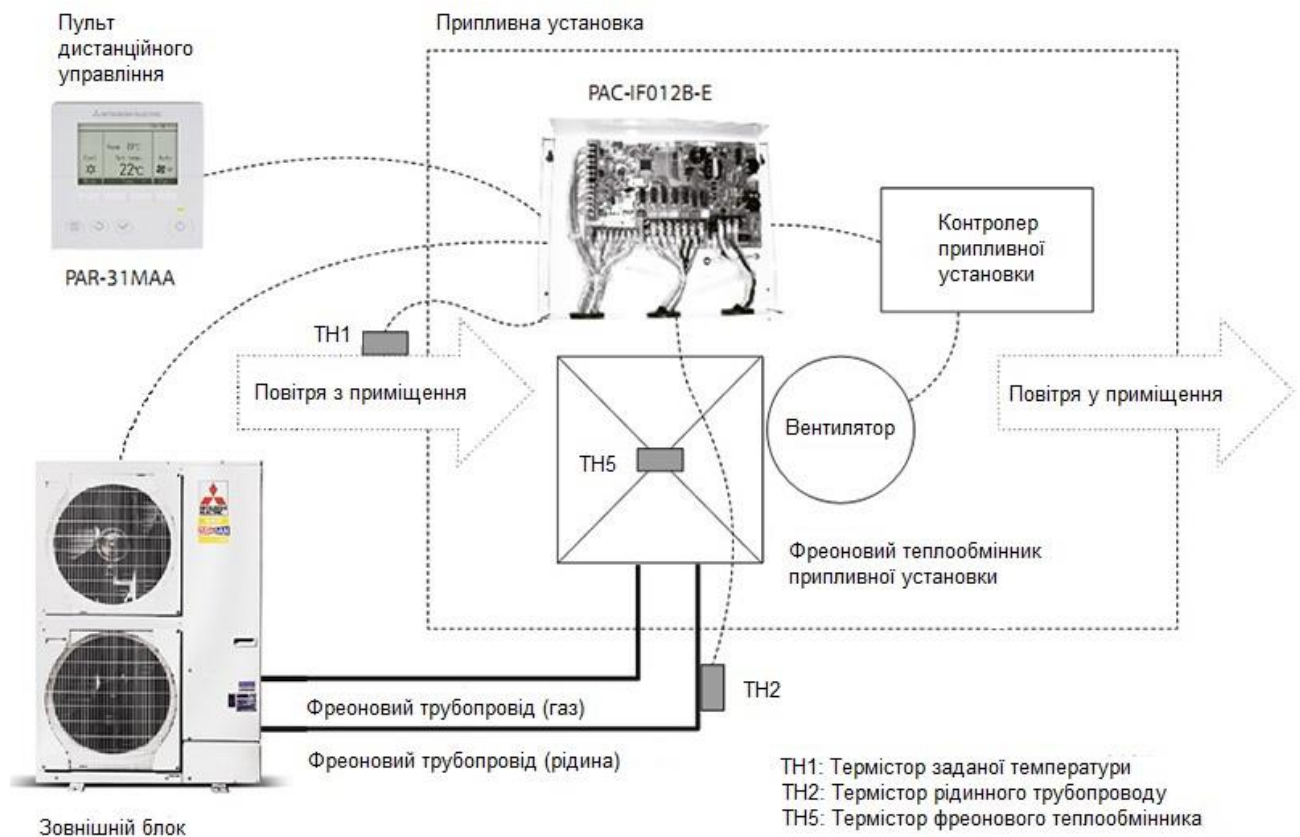


Рисунок 1.2 – Складові частини системи кондиціонування повітря

За необхідності у виробничих приміщеннях існує можливість провести поєднання систем вентиляції (СВ) та СК повітря. Приклад такого поєднання двох інженерних систем, призначений для підготовки повітря показаний на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Поєднання системи кондиціонування та системи вентиляції повітря

При поєднанні СВ та СК для очищення повітря у приміщеннях, система складається із:

- повітропроводів, призначених для транспортування повітря;
- шумоглушників, які призначені для зменшення рівню шуму в СК та СВ;
- охолоджувача повітря (кондиціонер);
- розподільників, які подають підготовлене та очищене повітря у приміщення;
- запірних та регулюючих пристроїв;
- вентиляторів.

## 1.2 Огляд та аналіз існуючих конструкцій кондиціонерів

Одними із перших автономних кондиціонерів стали віконні кондиціонери (рис. 1.4). Першочергово вони використовувались для кондиціонування та очищення повітря в офісних та житлових приміщеннях. Не дивлячись на те, що конструкція віконних кондиціонерів виникла найпершою серед всіх видів, до

сьогоднішнього часу вони випускаються виробниками у достатньо великій кількості.



Рисунок 1.4 – Віконний кондиціонер

Технічні характеристики таких кондиціонерів наступні:

- рівень шуму в СК – від 50 до 75 дБ;
- продуктивність холоду – від 1,5 до 7 кВт;
- електрична потужність – до 2,5 кВт;
- коефіцієнт термічної ефективності лежить в межах від 2,3 до 2,6 [36].

Складовими частинами конструкції віконних кондиціонерів є власне корпус, який розділений на дві частини спеціальною перегородкою. В одній із частин знаходяться вентилятор, випарник та додаткове обладнання. В іншій частині розміщується компресор, конденсатор та вентилятор. Допускається потрапляння до 10% зовнішнього повітря всередину кондиціонеру через отвір в перегородці.

Такі кондиціонери за своєю конструкцією передбачають лише один варіант монтажу – це монтаж у вікно. При чому монтаж виконується таким чином, щоб частина із компресором розташовувалась ззовні приміщення, що піддається

охолодженню (на вулиці), а частина кондиціонера із випарником розміщується всередині приміщення.

Серед недоліків використання в СК віконних кондиціонерів відмічається обмежені умови монтажу та кріплення. Оскільки монтаж цих кондиціонерів може проводитись лише у віконному отворі, то наслідком такого обмеження є неможливість зміни потоків очищеного повітря в приміщенні. Крім того, цим СК характерні високі значення рівня звукового тиску, що може мати негативні наслідки на нервову систему працівників у виробничому приміщенні та їх рівень працездатності.

До переваг віконних кондиціонерів відносять, в першу чергу, їх компактні розміри, високу продуктивність та високий показник обміну тепла.

У житлових приміщеннях сучасних будівель за відсутності централізованого кондиціонування будівлі широкого поширення набули кондиціонери спліт-систем (рис. 1.5). З назви зрозуміло, що конструкція таких СК поділена на два блоки – зовнішній та внутрішній.



Рисунок 1.5 – Кондиціонер спліт-системи

Вентилятор, конденсатор та компресор розміщені у зовнішньому блоку кондиціонера. Зовнішній блок монтується на стіні будівлі, але конструкція таких СК не обмежує місця можливого монтажу. Тобто, допускається розміщення зовнішнього блоку на балконі або на даху приміщення. Внутрішній блок встановлюються у приміщенні, в якому необхідно проводити очистку та охолодження повітря, а також такі СК мають якісний показник створення необхідної рухливості повітря всередині приміщень.

Внутрішнім блокам спліт-систем характерні різні варіанти кріплення та монтажу. За способом кріплення вони бувають:

- касетні, потужність 5-14 кВт (рис. 1.6, а);
- настінні, потужність 1,5-5 кВт (рис. 1.6, б);
- колонні, потужність 5-14,5 кВт (рис. 1.6, в);
- підлогові, потужність 4-9 кВт (рис. 1.6, г);
- стельові, потужність 3-8 кВт (рис. 1.6, д).

При кріпленні внутрішніх блоків спліт-систем настінним способом, в стінах всередині приміщень прокладаються труби для циркуляції холодоагенту від зовнішнього до внутрішнього блоку. Такі труби прокладаються у штробах (рис. 1.7), а труба циркуляції фреону утепляється для зменшення втрат холоду.

Існує можливість розширення площі приміщень, в яких буде проводитись охолодження та очистка повітря кондиціонерами спліт-систем. В разі такої необхідності використовуються моделі, в яких передбачена можливість приєднання декількох внутрішніх блоків до одного зовнішнього, в деяких моделях передбачено приєднання до шести внутрішніх блоків. Така СК називається мультиспліт системою кондиціонування.

В сучасних моделях спліт-систем їх керування відбувається з пульту дистанційного управління. На цьому пульті задаються режими роботи, регулюється напрямок потоку повітря, а також показник температури, який необхідно підтримувати в приміщенні.



а)



б)



в)



г)



д)

Рисунок 1.6 – Можливі кріплення внутрішніх блоків спліт-систем:  
а – касетні; б – настінні; в – колонні; г – підлогові; д - стельові



Рисунок 1.7 – Прокладання труб для циркуляції фреону в спліт-системах

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ

Арк.  
12

При настінному кріпленні внутрішніх блоків спліт-систем слід враховувати той факт, що їх потужність обмежена, оскільки спрямований на робочу зону струмінь холодного повітря може викликати неприємні відчуття у працівників. При необхідності використовувати спліт-систему у приміщенні, де відсутня достатня кількість стін, рекомендується використовувати внутрішні блоки колонного типу.

У великих приміщеннях в основному використовуються інші види СК, до яких відносяться центральні кондиціонери, дахові та системи із чилерами та фанкойлами.

Дахові кондиціонери (рис. 1.8) за своєю конструкцією представляють собою моноблок, що встановлюється на даху. Свіже повітря в таких СК надходить через відповідний забірний пристрій, а через систему повітропроводів вентиляції подається рециркуляційне повітря, тобто повітря, яке проходить повторну підготовку для подальшого використання. В спеціальній змішувальній камері кондиціонера відбувається змішування зовнішнього свіжого повітря із рециркуляційним.



Рисунок 1.8 – Даховий кондиціонер

Потрібне співвідношення рециркуляційного та свіжого повітря в таких СК регулюється шляхом відкриття ступок. Повітря проходить через фільтр, в якому відбувається очищення його фізико-хімічного складу, а також через

теплообмінник, де відбувається процес охолодження повітря.

Даховим кондиціонерам характерні наступні технічні показники:

- велика кількість витрат повітря, яка становить від 1500 до 25000 м<sup>3</sup>/год;
- широкий діапазон холодильної потужності, який лежить в межах від 8 до 140 кВт.

Практично у всіх дахових кондиціонерах наявні осьові вентилятори, які використовуються для охолодження конденсатора. При цьому даховим кондиціонерам властивий великий викид тепла в атмосферу.

У разі необхідності щоденного та цілодобового підтримання температури, вологості та чистоти повітря на заданому рівні рекомендується застосування шафових кондиціонерів (рис. 1.9). За своєю конструкцією такі кондиціонери представляють собою моноблок, холодильна потужність яких лежить в межах від до 80 кВт. Охолодження конденсатор може бути повітряним або водяним, що є більш дешевим варіантом шафового кондиціонера.



Рисунок 1.9 – Шафовий кондиціонер

Оскільки всі необхідні складові СК в шафових кондиціонерах розташовані всередині єдиного моноблоку, основною перевагою використання таких

кондиціонерів є простота обслуговування та монтажу. У всіх моделях шафових кондиціонерів забір повітря виконується через решітку з фільтром, які розташовані на передній панелі. Далі відцентровий вентилятор передає повітря із належними показниками та фізико-хімічним складом через решітки у верхній частині.

Один із різновидів шафових кондиціонерів, а саме прецизійний кондиціонер (рис. 1.10), вирішує конкретний спектр поставлених задач, тому почав класифікуватись як окремий вид кондиціонерів. Головною відмінністю таких кондиціонерів є велика точність автоматичного підтримання заданих параметрів повітря, а саме:

- відхилення від рівня вологості повітря – не більше 2%;
- можливість цілодобової роботи при температурах навколишнього середовища в межах від - 61 до +52 °С;
- точне підтримання температури із похибкою в межах 1 °С;
- сумісність із системами автоматичного керування мікрокліматом будівлі та системою диспетчерського контролю [28].

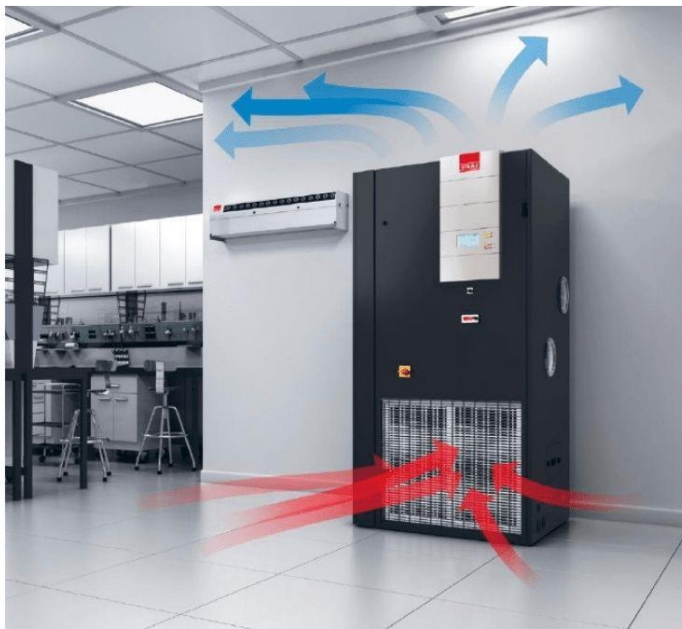


Рисунок 1.10 – Прецизійні кондиціонери

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Прецизійні кондиціонери виготовляються в широкому спектрі потужностей (від 5 до 100 кВт). Шафовим прецизійним кондиціонерам характерна потужність до 120 кВт, а моноблочним приблизно 13 кВт. Такі кондиціонери рекомендується використовувати в приміщеннях, де постійно, цілодобово та незалежно від зовнішніх факторів необхідно точно підтримувати параметри повітря на встановленому рівні. До таких приміщень відносяться:

- музеї;
- архіви;
- серверні приміщення;
- лабораторії;
- приміщення надточного виготовлення мікропроцесорів;
- операційні кімнати в медичних закладах;
- приміщення діагностики пацієнтів, тощо.

У випадку, коли в будівлі наявна велика кількість приміщень різного розміру, в яких необхідно підтримувати показники повітря із різними параметрами для кожного окремого приміщення, найбільш доцільним буде використання системи із чилерами та фанкойлами. Це характерно в основному офісним будівлям та будівлям адміністративного призначення.

Системи із чилерами та фанкойлами (СЧФ) складається із двох основних елементів – чилера та фанкойла (рис. 1.11). Фанкойл – це агрегат, який складається із фільтра, пульта керування та теплообмінника, та встановлюється у приміщенні, в якому повітря повинно проходити охолодження та очистку. Чилер – це джерело холоду в СЧФ, що представляє собою спеціальний охолоджувальний агрегат.

Забір повітря відбувається шляхом роботи вентилятора, який пропускає повітря через фільтр та подає очищене повітря на теплообмінник. За необхідності проводити суто провітрювання приміщень без зміни його фізико-хімічного складу, достатньо лише подати на фанкойл від припливної установки свіже повітря [19].



Рисунок 1.11 – Система з чилерами та фанкойлами

Кожен чилер укомплектований насосною станцією, за допомогою яких відбувається циркуляція носія холоду. Крім того, у склад СЧФ входять автоматика, арматура, а також акумулюючий та розширювальний баки.

До основних переваг використання СЧФ відносяться:

- передбачена можливість поступового нарощення потужності роботи СК;
- відстань від чилера до фанкойлів не обмежується;
- можливість регулювання режиму роботи кожного окремого фанкойла;
- незалежність фанкойлів один від одного, завдяки чому в СК досягається висока гнучкість роботи.

Центральні кондиціонери (рис. 1.12) представляють собою неавтоному СК, до якої підключаються інші мережі будівлі, а саме мережа водопостачання, енергопостачання, теплопостачання та холодопостачання. Такі кондиціонери призначені для обслуговування великої кількості приміщень або одного великого за площею приміщення. Вони здатні забезпечувати як комфортні, так і технологічні умови повітрообміну у приміщеннях.



з'єднаних між собою секцій (рис. 1.13). Секція охолодження представляє собою фреоновий або водяний теплообмінник, які виготовлені із мідних трубок у поєднанні із алюмінієвими ребрами. Холодоносієм в цій секції виступає фреон, вода або суміш води із гліколем. Повітряні клапани центрального кондиціонера забезпечують можливість регулювання кількості повітря, що подається в приміщення [19]. Секція зволоження – це камера форсунок, яка використовується для зволоження повітря водою або паром.

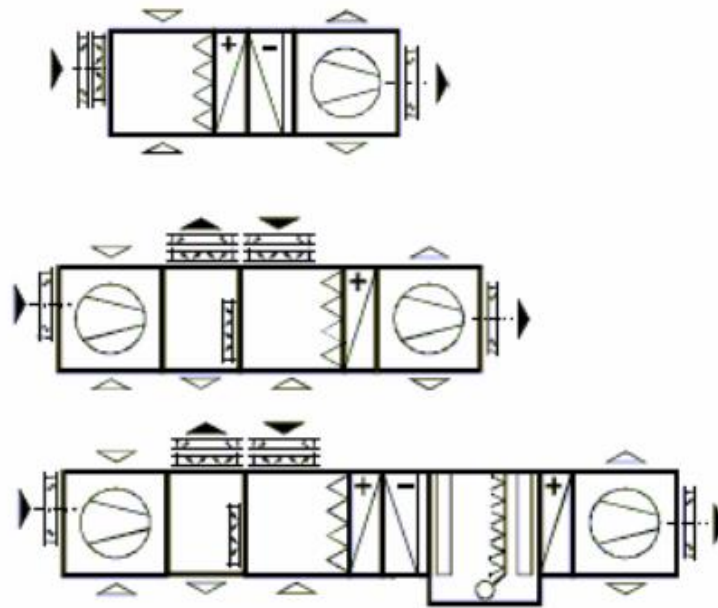


Рисунок 1.13 – Приклади компоновки типових секцій центрального кондиціонера

Секція фільтрування використовується для очищення повітря від домішок. Як додаткову функцію цієї секції можна відмітити ще й захист самого кондиціонера від забруднення пилом. За потреби в центральний кондиціонер можна додати дві секції фільтрування.

Вентиляторна секція відповідає за забір повітря в сам центральний кондиціонер та його подальшу подачу в приміщення. В таких кондиціонерах використовуються відцентрові вентилятори двостороннього або одностороннього всмоктування, яким характерний високий ККД.

Для зниження рівня шуму, що створюється при очищенні, охолодженні та транспортуванні повітря в центральному кондиціонері передбачена секція глушіння шуму. Всередині цієї секції закріплюються пластики, які виготовлені із шумопоглинаючого матеріалу.

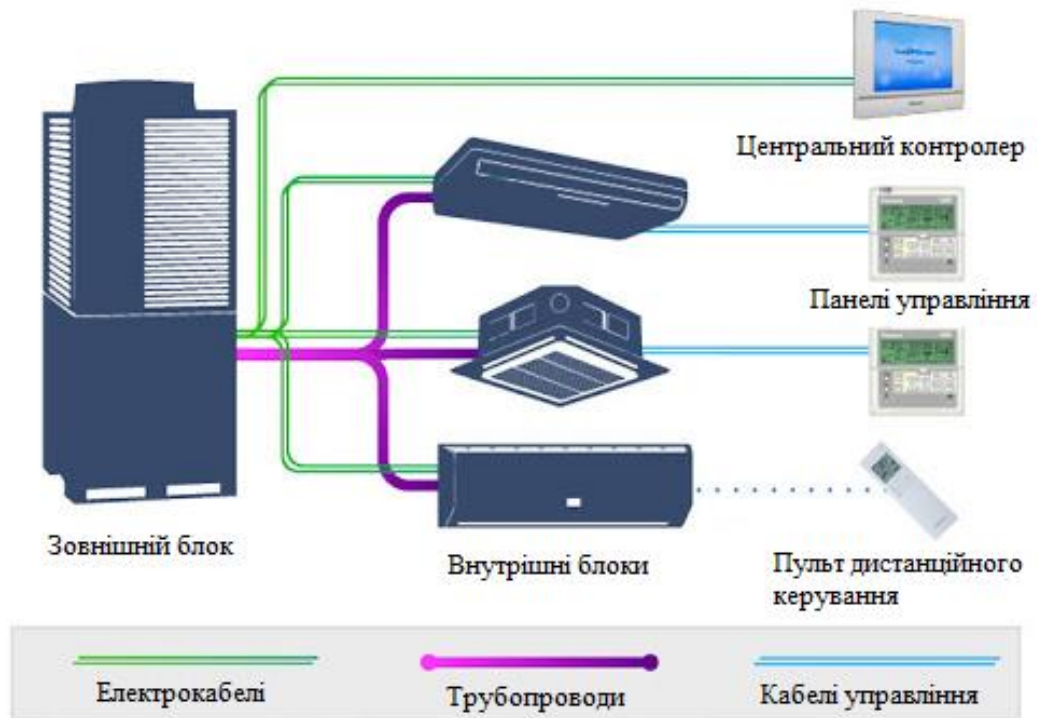


Рисунок 1.14 – Складові частини кондиціонування повітря із використанням центрального кондиціонера

Перевагами центральних кондиціонерів є:

- відокремлене розміщення обладнання СК;
- висока енергоефективність при дотриманні правил монтажу та проектування;
- висока надійність;
- високий рівень комфорту завдяки показникам повітря;
- можлива диспетчеризація та повна автоматизація процесу очищення та охолодження повітря.

Недоліком використання саме такої конструкції СК є:

- висока вартість на етапі проєктування та монтажу;
- складність експлуатації та налагодження;
- значні габарити повітропроводів;
- при плануванні системи центрального кондиціонування повітря в подальшому неможливе перепланування приміщень в будівлі;
- обов’язкова наявність відповідної служби з експлуатації центрального кондиціонера на виробничому об’єкті.

### 1.3 Показники якості повітря та контроль запиленості повітря у виробничих приміщеннях

Якість повітря в Україні регламентується на рівні Законодавства відповідними нормами, постановами, нормативно-правовими актами, тощо. На рівні міст, склад та якість повітря регламентується відповідними Державними санітарними правилами охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) – ДСП-201-97 [12].

Якщо розглядати питання складу та якості повітря у виробничих приміщеннях, то в першу чергу такі показники регламентується ДСН 3.3.6.042-99 Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень [11]. Ці санітарні норми регламентують в першу чергу такий показник, як температура повітря. Нормована температура повітря залежить від категорій робіт, що виконуються в приміщеннях (табл. 1.1).

Крім власне температури повітря в робочих зонах у виробничих приміщеннях цими санітарними нормами встановлюються також його рухливість та відносна вологість.

Оскільки метою роботи є автоматизація процесу очищення повітря від пилу, слід розглянути не тільки процес очищення вмісту та хімічного складу повітря, але й особливості дослідження запиленості повітря. Для перевірки запиленості повітря існують лічильний, радіометричний та ваговий методи [17].

Таблиця 1.1 – Показники повітря у відповідності із ДСН 3.3.6.042-99 [11]

Період року	Категорія робіт	Швидкість руху повітря, м/с	Температура повітря, °С	Відносна вологість
Теплий	Важка	0,4	18-20	40-60
	Середня (б)	0,3	20-22	
	Середня (а)	0,3	21-23	
	Легка (б)	0,2	22-24	
	Легка (а)	0,1	23-25	
Холодний	Важка	0,3	16-18	
	Середня (б)	0,2	17-19	
	Середня (а)	0,2	19-21	
	Легка (б)	0,1	21-23	
	Легка (а)	0,1	22-24	

Сам по собі пил у виробничих приміщеннях представляє собою дисперсну систему, в якій мілкі тверді частинки виступають як дисперсна фаза, а дисперсним середовищем є власне повітря у робочій зоні виробничого приміщення.

Пил класифікується за походженням, структурою та розміром. За структурою пил може бути зернистий та волокнистий. За походженням розрізняють:

- неорганічний пил, до якого входять металевий, мінеральний, тощо;
- органічний пил (тваринного або рослинного походження);
- змішаний (поєднання неорганічного та органічного пилу).

За розміром розрізняють:

- дрібнодисперсний, із розміром частинок від 1 до 10 мкм;
- середньодисперсний, із розміром часток від 10 до 50 мкм;

Пилу характерний не тільки негативний вплив на організм людини, але й внаслідок накопичення пилу у робочій зоні може статися додатковий знос

технологічного обладнання наряду із збільшенням ризику виникнення вибуху та пожежі. У відповідності із правилами виробничої санітарії встановлюється декілька видів контролю забрудненості повітряного середовища робочої зони. Періодичність проведення такого контролю залежить від класу небезпеки самої шкідливої речовини, яка міститься у повітрі. Такі періоди встановлені наступним чином:

– у випадку наявності малонебезпечних та помірнонебезпечних шкідливих речовин – перевірка запиленості повітря проводиться не менше, ніж 1 раз на квартал;

– у випадку наявності високонебезпечних шкідливих речовин – перевірка запиленості повітря проводиться не менше, ніж 1 раз на місяць;

– у випадку наявності надзвичайно небезпечних шкідливих речовин – перевірка запиленості повітря проводиться не менше, ніж 1 раз на 10 днів [17].

При визначенні запиленості повітря ваговим методом використовується спеціальний фільтр. Вимірювання відбувається до і після протягування через цей фільтр встановленого об'єму повітря із виробничого приміщення. Концентрація пилу у повітрі робочої зони визначається за формулою:

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V_0}, \quad (1.1)$$

де  $V_0$  – об'єм повітря, який протягується через фільтр, м<sup>3</sup>;

$m_1$  – маса фільтра, до відбору проби повітря, мг;

$m_2$  – маса фільтра після відбору проби повітря, мг;

$C$  – концентрація пилу в повітрі робочої зони, мг/м<sup>3</sup>.

При вимірюванні запиленості повітря ваговим методом обов'язковим є приведення значення  $V_0$  до нормальних умов атмосфери, що означає атмосферний тиск 760 мм. рт. Ст. та температуру навколишнього середовища 20 °С. Таке приведення до нормальних умов виконується за формулою:

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$V_0 = \frac{V_t \cdot P \cdot 293}{760 \cdot (t + 273)}, \quad (1.2)$$

де  $P$  – атмосферний тиск в приміщенні під час проведення відбору проби повітря, мм. рт. ст.;

$V_t$  – об'єм повітря, що протягується через спеціальний фільтр, м<sup>3</sup>.

В основному важко визначити об'єм повітря, що протягується за допомогою експериментального або вимірювального підходу, тому використовують наступний розрахунок:

$$V_t = \frac{\tau \cdot f}{1000}, \quad (1.3)$$

де  $\tau$  – час проведення дослідження, хв.;

$f$  – об'ємна швидкість процесу відбору проби, л/хв.

При визначенні запиленості повітря ваговим методом визначається маса твердих часток, які залишилися на фільтрі від процесу протягування через нього встановленого об'єму повітря. В якості фільтрів використовуються спеціально сконструйовані аналітично аерозольні фільтри (АФА), які зображені схематично на рис. 1.15.

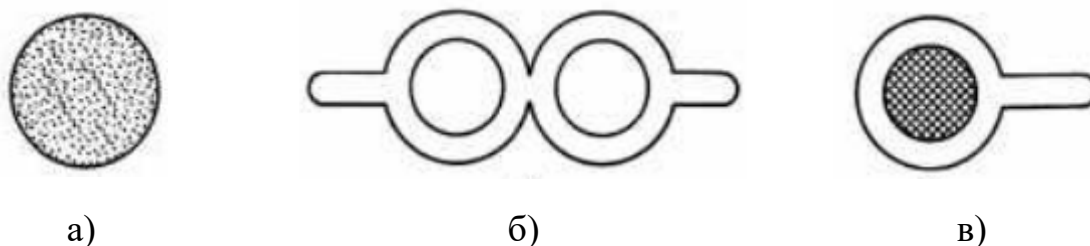


Рисунок 1.15 – Аналітично аерозольний фільтр:

а – фільтруючий елемент; б – захисне кільце; в – загальний вигляд

Після проведення вимірювань кількості пилу, яка залишається на фільтрі та виконанням розрахунків у відповідності із формулами 1.1 – 1.3, отримане

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ

Арк.  
24

значення порівнюють із нормованим значенням гранично-допустимої концентрації (ГДК) речовини у повітрі виробничого приміщення. Такі значення ГДК наведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Граничнодопустимі концентрації вмісту шкідливих речовин у повітрі виробничих приміщень

Речовина	Клас небезпеки	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
Чавун	4	6
Кам'яне вугілля	4	10
Бору карбід	4	6
Пил рослинного походження	4	2-6
Карбід кремнію	4	6
Толуол	3	50
Сірчаний ангідрид	3	10
Сікродень	2	10

#### 1.4 Висновки до першого розділу

Проведений аналіз конструкцій та видів систем кондиціонування повітря дозволив встановити, що для очищення та охолодження повітря у виробничих приміщеннях найбільш оптимальним вибором є використання центрального кондиціонера або системи із чилерами та фанкойлами. При чому встановлено, що у випадку одного приміщення великого розміру більш оптимальним варіантом є саме центральний кондиціонер, а у випадку великої кількості приміщень різного розміру – система з чилерами та фанкойлами.

Також наведено показники якості повітря, які повинні забезпечуватись у робочих зонах виробничих приміщень. Описано процес проведення перевірки вмісту повітря на його запиленість та наведено показники ГДК, які не повинні перевищувати шкідливі речовини, які розчинені у повітрі.

## 2 РОЗРОБКА СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ

### 2.1 Види очищення повітря в інженерних системах виробничих підприємств

В системах вентиляції та кондиціонування для очищення повітря використовуються повітряні фільтри (рис. 2.1). Вони поділяються на декілька класів:

- перший клас (особливого очищення) – затримання часток розміром менше 1 мкм;
- другий клас (тонкого очищення) – затримання часток розміром 1 мкм і більше;
- третій клас (грубого очищення) – затримання часток розміром до 10 мкм [36].



Рисунок 2.1 – Повітряні фільтри для систем вентиляції та кондиціонування

Очищення повітря в СК відбувається за декількома параметрами. Перший параметр – це очищення повітря від пилу. Механізм такого очищення полягає у проходженні повітря через шар фільтруючого матеріалу у повітряному фільтрі

СК. Обумовлюється таке очищення силою адгезії  $F_a$  та силою аеродинамічного опору частки пилу і визначається за формулою:

$$F_a = \frac{\overline{w^2} f_r C_f \rho_r}{2}, \quad (2.1)$$

де  $F_a$  – сила адгезії;

$w$  – відносна швидкість частки та повітря;

$f_r$  – діаметральний перетин краплі;

$\rho_r$  – густина газу;

$C_f$  – коефіцієнт аеродинамічного опору краплі [4].

З формули видно, що ефективність очистки повітря у фільтруючому матеріалі прямо пропорційна мірі сили адгезії.

Ефективність повітряного фільтра  $E$  визначається як:

$$E = 1 - e^{-k \frac{F}{L}}, \quad (2.2)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який залежить від класу повітряного фільтру.

Величина коефіцієнту  $k$  визначається експериментальним шляхом і модель 1.2 визначає методику найпростішого експерименту визначення коефіцієнту фільтрування. Вона базується на вимірюванні концентрації пилу у вмісті повітря  $\frac{F}{L}$  до і після проходження через фільтруючий матеріал. На рис. 2.2 показано граничне значення, при якому доцільне використання даного типу повітряного фільтру.

Крім ефективності повітряного фільтру (ПФ)  $E$  приймається також така характеристика, як коефіцієнт питомої фільтрації та гідравлічний опір фільтра  $\Delta P$ . В основному в СК не виконується деталізований розрахунок ПФ. ПФ зазвичай обираються на основі рекомендованого показника питомої фільтрації СК.

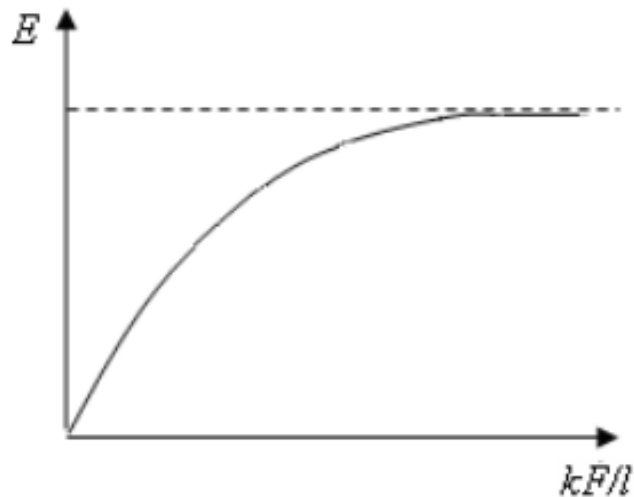


Рисунок 2.2 – Залежність ефективності повітряного фільтра  $E$  від характеристики вмісту пилу  $k \frac{F}{L}$

Електрофільтри (рис. 2.3) в основному використовується лише як конструктивний елемент кондиціонерів, які призначені для використання в СК особливо чистих приміщень. Прикладом таких приміщень може бути операційні кімнати медичних закладів, лабораторії для проведення біологічних досліджень, виробництво приладобудування або напівпровідникових технологій.

Через вхідний патрубок у корпус фільтра 1 подається запилене повітря. На першому етапі це повітря проходить через елемент 2, який представляє собою перший каскад фільтра та призначений для забезпечення позитивного електростатичного заряду часткам пилу. Цей перший каскад ПФ складається із паралельних алюмінієвих пластин, які забезпечують подачу напруги за рахунок їх підключення до джерела живлення 4.

Вольфрамові дроти, які об'єднані загальним проводом, натягнуті між алюмінієвими пластинами. На наступному етапі заряджені пластинки пилу проходять каскад (елемент під номером 3). Слід відзначити, що цей каскад містить в своїй конструкції періодично діючий вібратор, задачею якого є скидання накопиченого пилу в бункер 6. Через цей бункер також відбувається скидання пилу.

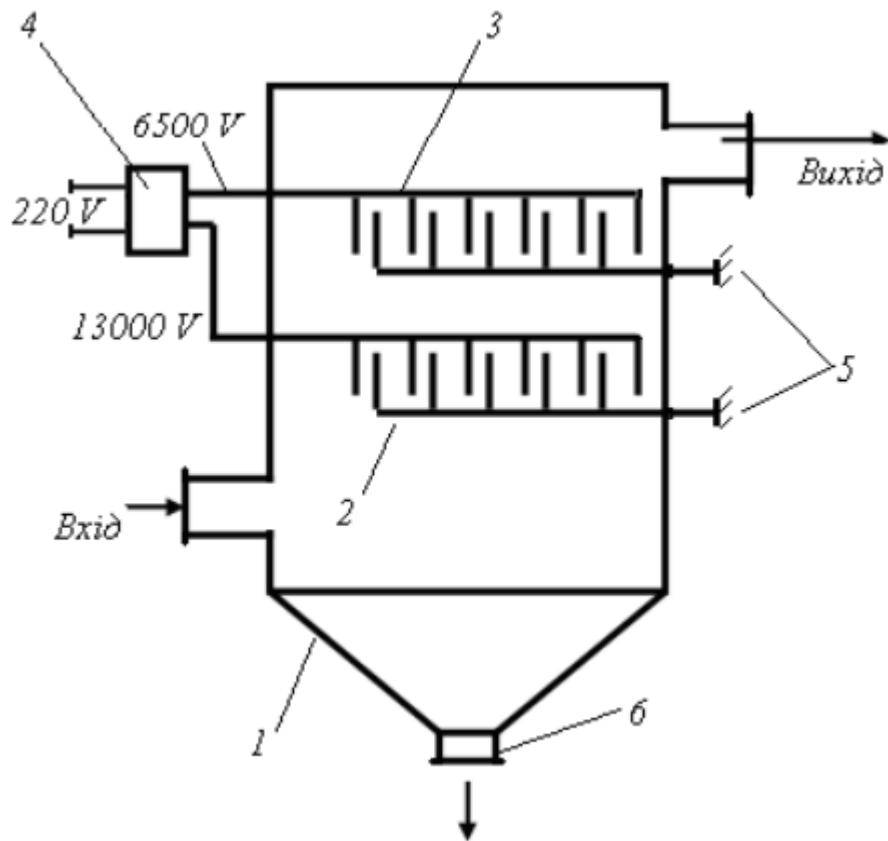


Рисунок 2.3 – Конструкція електричного повітряного фільтра

Електрофільтри відносяться до першого класу, а їх коефіцієнт питомої фільтрації становить:

$$K_{\text{ПФ}} = \frac{L}{F} = 5 - 10 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ год}), \quad (2.3)$$

де  $F$  – поверхня фільтрації, яка представляє собою площу поперечного перерізу ПФ. Ефективність очистки таких ПФ становить 0,95-0,98, а гідравлічний опір ПФ 5-8.

Тканинні фільтри (рис. 2.4) складаються із корпусу, в якому на несучих роликах знаходиться фільтруючий матеріал. В основному в якості фільтруючого матеріалу застосовується паролон, товщина якого лежить в межах від 20 до 40 мм.

Істотне збільшення фільтруючої поверхні такого ПФ досягається викладанням фільтруючого матеріалу у вигляді глибокої гофри. Технічні

характеристики таких ПФ наступні:

- ефективність – 0,96-0,98;
- перепад тисків – 6-8;
- коефіцієнт питомої фільтрації – 4-5 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup> год)



Рисунок 2.4 – Тканинний повітряний фільтр

Масляний ПФ (рис. 2.5) складається із двох панелей для фільтрації, які розміщуються в одному корпусі. Корпус ПФ встановлюється на базу для оливи, який в свою чергу з'єднується з корпусом болтами. Кожна із панелей фільтрування складається із сітчастих полотен. Такі полотна утворюють рухомі сітки на шляху проходження повітря через конструкцію фільтру, а частки пилу з повітря налипають на сітці.

Каталітичний фільтр (рис. 2.6) працює за принципом прискорення розкладання шкідливих речовин, які містяться у складі повітря, на компоненти, які в подальшому легко поглинаються. Такі фільтри призначені для каталізації бензолу, аміаку, формальдегіду, сірководню, летючих органічних речовин. Такі шкідливі речовини можуть виділятися навіть у побутових умовах при випаровуванні із шпалер, штор, меблів, килимів. Термін експлуатації таких ПФ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

*КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ*

Арк.  
30

складає до 5 років.



Рисунок 2.5 – Масляний повітряний фільтр



Рисунок 2.6 – Каталітичний повітряний фільтр

Підвидом каталітичного ПФ є фотокаталітичний ПФ (рис. 2.7), який ефективно видаляє із вмісту повітря в приміщенні всі органічні, неорганічно та елементоорганічні забруднювачі. Крім того, такі фільтри здатні видаляти спори, бактерії, грибок, цвіль, віруси.

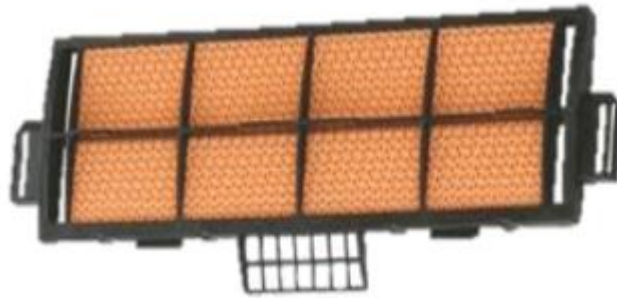


Рисунок 2.7 – Фотокаталітичний повітряний фільтр

За необхідності проведення знезараження повітря, яке потрапило в СК, а також знищувати віруси та бактерії, рекомендується використовувати ультрафіолетові фільтри (рис. 2.8). Такі ПФ окрім очищення повітря сприяють попередженню росту бактерій всередині самої конструкції кондиціонера. Вони можуть використовуватись як складова фотокаталітичного фільтру, так і як самостійний ПФ в СК.

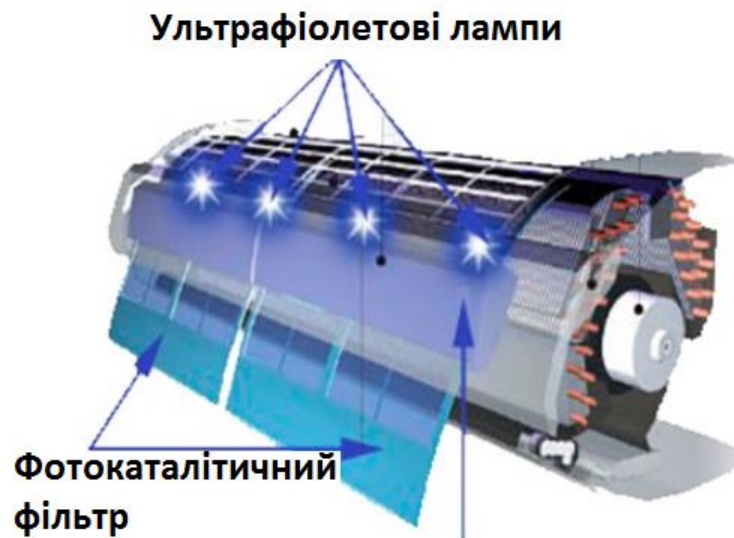


Рисунок 2.8 – Ультрафіолетовий повітряний фільтр

Ензимний фільтр (рис. 2.9) використовується при необхідності провести очищення повітря в приміщенні від алергенів, мікробів, грибків, пилу та бактерій. Цей фільтр є змінним за своєю конструкцією та кріпиться у внутрішньому блоці

кондиціонеру. Оскільки він достатньо швидко забруднюється, його не рекомендується використовувати без змінні більше одного року.



Рисунок 2.9 – Ензимний повітряний фільтр

Принцип роботи такого ПФ будується на властивостях спеціальних білкових з'єднань, які ще називаються ензимами. При контакті із шкідливими мікроорганізмами та бактеріями ензими розчиняють їх оболонку, після чого відбувається процес поступового знищення самого мікроорганізму. Алергени, в свою чергу, при проходженні через такий фільтр, розкладаються на нешкідливі сполуки [39]. Такі фільтри рекомендується встановлювати у побутових та житлових приміщеннях для осіб, які страждають алергією, а також у медичних закладах та на виробничих підприємствах, які працюють із потенційними біологічно небезпечними речовинами.

## 2.2 Вибір та опис функціональної схеми автоматизації технологічного процесу кондиціонування повітря

За проектом пропонується використання об'єднаної мережі СВ та СК. За призначенням вентиляційні системи поділяються на витяжну, припливну та припливно-витяжну. Припливно-витяжна вентиляція полягає в організованій подачі свіжого повітря в приміщенні наряду із організованим видаленням забрудненого повітря [42]. У випадку автоматизації системи очищення повітря на

виробничих підприємствах припливним елементом системи будуть виступати елементи СК, а витяжну функцію буде забезпечувати СВ.

Припливно-витяжна вентиляція (ПВВ) може забезпечувати також і функцію рециркуляції повітря. Використання такої системи із повітряним нагрівачем та камерою зволоження призначена не тільки для очищення повітря від шкідливих домішок у його вмісті, але й здатна підтримувати подачу теплого або холодного повітря в приміщення (в залежності від пори року та температури повітря в робочій зоні). Тобто, відбувається ще доведення повітря до оптимальних норм у відповідності із нормами мікроклімату приміщень, а саме очистка від теплового забруднення повітря.

САР включає в себе дві основні магістралі (рис. 2.10), призначення яких полягає у підготовці та подачі повітря у відповідне приміщення. Кожна із вищезазначених магістралей повинна обслуговуватись незалежним щитом управління. В склад вентиляційної установки входить також і магістраль, призначена для виконання функції рециркуляції повітря. Ця магістраль забезпечує витягування забрудненого повітря із виробничого приміщення задля його подальшої передачу в камеру змішування.

САР працюватиме в двох режимах, а саме літо та зима. Вибір режиму користувач може приводити за допомогою відповідного перемикача, який розташований на щиті автоматики. Вимкнення та увімкнення системи реалізовано за допомогою натискання відповідних кнопок Пуск / Стоп. Якщо на щиті керування з'являється світловий сигнал «Робота вентилятора», то це означає про одночасну роботу в системі як припливної складової, так і витяжної.

У режимі зима для нагріву зовнішнього повітря до оптимальних показників температури використовуються нагрівальні контури, які передбачені як складові елементи магістралей. Перший контур складається із камери змішування повітря, в якому відбувається змішування рециркуляційного повітря із зовнішнім холодним повітрям. Другий контур полягає у роботі калорифера, тобто поверхневого водяного нагрівача повітря. Контроль за роботою контурів

забезпечується відповідними розміщеними в щитках керування ПД-регуляторами.

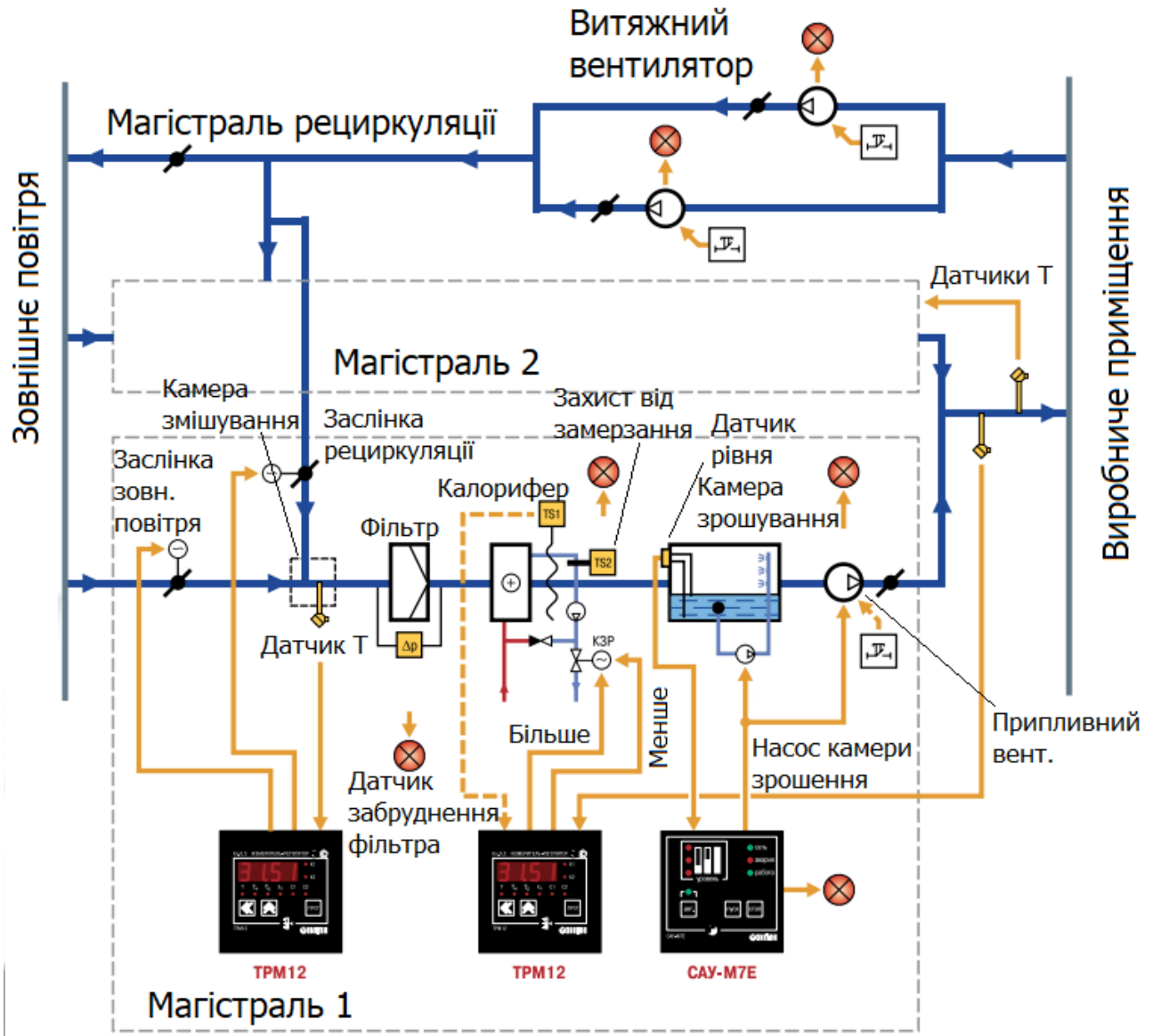


Рисунок 2.10 – Функціональна схема САР

В режимі літо для охолодження зовнішнього повітря, а також для його зволоження, тобто забезпечення оптимальних показників якості повітря за такою характеристикою, як відносна вологість, в установці передбачене використання кондиціонерів та двох камер зволоження. САР передбачає проведення в камері зволоження контролю рівня води, що забезпечить додатковий захист насосів та компресорів кондиціонерів від пошкоджень. Такий контроль реалізований за

допомогою сигналізатора та датчика рівня. Ці елементи контролю встановлені на щиті автоматики і їх спрацювання буде блокувати роботу кондиціонерів та камери зрошування.

Фільтрація повітря та його очищення від пилу в системі передбачається у камері змішування повітря (КЗП). У випадку, якщо фільтр відпрацював встановлений термін експлуатації та вже занадто забруднений домішками, спрацьовує датчик перепаду тиску повітря. В той же час на щиті автоматики надається відповідне сповіщення «Блокування роботи фільтра».

Крім того у САР передбачено оповіщення відповідної особи про аварійний стан витяжного вентилятора або припливного кондиціонера. У випадку, якщо у СК відбувається перезавантаження електродвигунів, за їх відключення відповідає теплове реле. Аналогічно до блокування роботи фільтра, окрім самого відключення відбувається ще відповідне сигналізування на щиті автоматики шляхом видачі повідомлення «Аварія припливно-витяжної установки».

У якості контролера пропонується використання Овен ТРМ133 (рис. 2.11), оскільки він чудово підходить для диспетчеризації СВ та СК. Однією із основних переваг використання такого контролера є те, що його функціонал є достатнім та універсальним для використання у виробничих будівлях, в склад яких входить декілька приміщень із різними показниками вологості, температури та якості повітря. Наприклад, у випадку коли до однієї СК приєднуються приміщення виробничого та невиробничого характеру.

У цього контролера наявний інтерфейс зв'язку RS-485, завдяки чому у системі стало можливим включення до її складу частотних регуляторів вентиляції (рис. 2.12).

До функціональних можливостей цього контролера відносяться:

- інтерфейс RS-485;
- управління калорифером для нагріву зовнішнього повітря;
- сповіщення про аварії, що сталися;
- автоматичне налаштування ПД-регуляторів;



Рисунок 2.11 – Контролер Овен ТРМ133

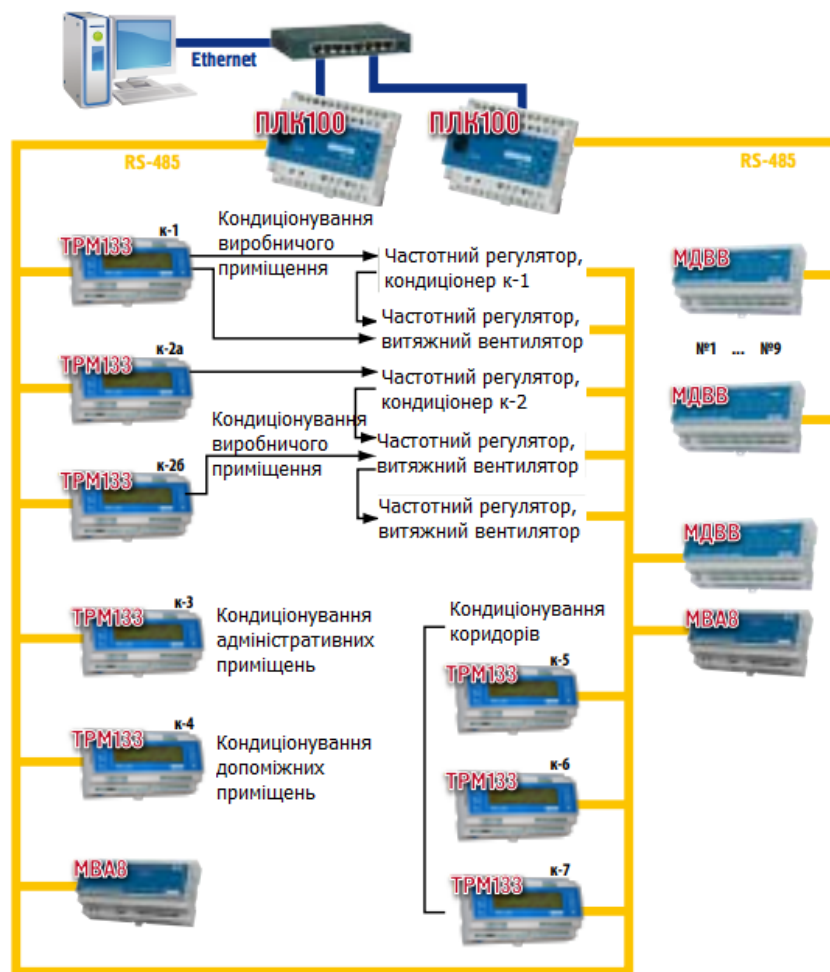


Рисунок 2.12 – Схема диспетчеризації

– автоматичний вибір режимів роботи (захист від замерзання, підтримка температури припливного повітря, тощо);



відповідності із значенням годин за вбудованим годинником. Відключення СК в нічний час призведе до економії енергії та збільшення рівня автоматизації систем кондиціонування та вентиляції.

Одним із режимів, в якому передбачається економія електроенергії – це економний режим, в якому система працює лише на вентилявання приміщення, в той час як функції очищення та кондиціонування вимкнені. В черговому режимі передбачається певна варіація випадків, коли на виробничому об'єкті взагалі відсутня необхідність в проведенні очищення та нагріву або охолодження повітря.

### 2.3 Опис принципової електричної схеми системи автоматизації технологічного процесу кондиціонування повітря

Задачами принципової електричної схеми САР є:

- автоматичне та ручне керування клапаном як складової частини повітряної заслінки;
- оповіщення та сигналізування стосовно нормальної роботи кондиціонерів та вентиляторів в об'єднаній СВ та СК;
- подача напруги наряду із обов'язковим захистом асинхронного електричного двигуна вентилятора;
- запуск двигуна вентилятора в дистанційному та точковому режимі.

Враховуючи вищесказане, САР буде складатись із наступних елементів:

- сигнальна лампа (2 штуки) – позначення HL;
- вимикач напруги – позначення SF;
- регулятор температури у кількості 2 штуки – позначення TC;
- перемикач режиму керування – позначення SA;
- перемикач режимів експлуатації – позначення SA;
- кнопки ручного керування двигуном вентилятора – позначення SB.

За розташуванням:

- магнітний пускач у кількості 3 штуки – позначення KM;

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

– регулятори температури у кількості 4 штуки – позначення ТС.

Напруга живлення на електричний двигун вентилятора виконується від трифазної мережі 380/220 В. Електрична напруга подається по ланцюгу фази: С, В, А, контактним магнітного пускача КМ, котушки електротеплового реле КК, автоматичний вимикач SF.

У випадку місцевого режиму, вимикання електричного двигуна вентилятора відбувається при натисканні SB2 в положенні перемикача SA2. В САР передбачається блокування кнопки SB1 за рахунок роботи контакту магнітного пускача КМ.

У випадку використання системи в режимі дистанційного керування, якщо SA перемикач розташований у положенні, яке марковано літерою «Д», це означає, що контакти 3-4 замкнені, а включення двигуна вентилятора відбувається по натисканню кнопки, яка позначена SB3. В такому випадку напруга на КМ подається по ланцюгу N, КК, КМ, SB3, SB4, SA (3-4), FU, С.

Сигнальна лампа HL відповідає за синхронізацію нормальної роботи. Принцип роботи цієї лампи наступний: не важливо, чи це дистанційне керування, чи це місцеве керування, сигнальна лампа світиться від замикання контакту реле повітрям. Ланцюг подачі напруги на сигнальну лампу наступний: N1, HL, S3, SB3 / SB1, SB4 / SB2, SA (3-4 або 1-2), FU, С.

В режим місцевого керування двигуном вентилятора SA (положення М) керування виконавчим механізмом повітряної заслінки Y, забезпечується ручним натисканням кнопок закрити (SB6) та/або відкрити SB5. Напруга на обмотці двигуна вентилятора, який є виконавчим механізмом, подається по наступному електричному ланцюгу: провід, кнопки керування електричним двигуном, S1, SB6 / SB 5. SA (1-2). FU, С.

В режимі дистанційного керування двигуном вентилятора, автоматично відбувається ввімкнення виконавчого механізму повітряної заслінки. Контакти мігнатного пускача КМ замикаються при його спрацюванні в ланцюгу живлення реле К. Це реле виконує запуск виконавчого механізму. Напруга на двигун

механізму подається по наступному ланцюгу: обмотки двигуна виконавчого механізму N, контакте реле K, SA (3-4), FU, C. Відключення електричного двигуна механізму у випадку повністю закритої повітряної заслінки виконується за допомогою перемикачів S2 та S1.

#### 2.4 Висновки до другого розділу

В розділі наведені види повітряних фільтрів, які можуть використовуватись в системі вентиляції повітря як повітряні фільтри окремого монтування та як складові частини фільтрування повітря у випадку кондиціонування повітря у виробничих приміщеннях.

Розділ надає опис принципової електричної схеми очищення та охолодження повітря у виробничих приміщеннях при поєднанні систем вентиляції та кондиціонування для забезпечення припливно-витяжної системи вентиляції повітря. Крім того, наведено опис функціональної схеми автоматизації системи керування очищенням та охолодженням повітря.

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		41

### 3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ

#### 3.1 Вибір та опис засобів автоматизації

При створенні та впровадженні САР кондиціонування повітря необхідно знати характеристики системи вцілому наряду із характеристиками певних елементів СК повітря. Характеристики системи вцілому дозволяють оптимально підібрати датчики, регулятор, виконавчі механізми, а також побудувати систему автоматичного регулювання кондиціонування повітря та провести її налагодження.

Методи автоматичного опису САР, які базуються на використанні передаточних функцій  $W(p)$ , є найбільш поширеними. Такі передаточні функції відображають взаємозв'язок вихідних та вхідних параметрів всієї системи та її окремих елементів.

Якщо розглядати поняття передаточної функції в операторному вигляді, то вона представляє собою відношення самого оператора дії до власного оператора, а кількість таких передаточних функцій відповідає кількості вхідних сигналів [18]. Тобто такі функції можна представити як:

$$W_1 = \frac{x(p)}{U(p)}, W_2 = \frac{x(p)}{z(p)}. \quad (3.1)$$

Можна сказати, що такі передаточні функції відображають чіткий фізичний зміст САР, тобто вони показують, яким чином відбувається перетворення вхідного сигналу.

На рис. 3.1 зображена структурна схема САР в узагальненому вигляді. Складовими елементами на цій схемі є:

- прилад порівняння (СУ);
- об'єкт регулювання з передаточною функцією (Об);
- похибка регулювання ( $\epsilon(t)$ );

- збурююча дія ( $f(t)$ );
- задаюча дія ( $g(t)$ );
- величина, що регулюється ( $y(t)$ );
- керуюча дія ( $\mu(t)$ ).

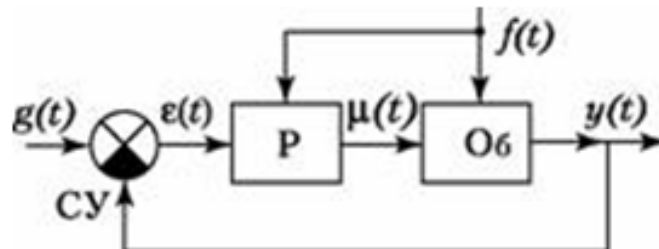


Рисунок 3.1 – Структурна схема САР (узагальнений вигляд)

Якщо система замкнена, то узагальнена схема виглядає так, як це показано на рис. 3.2. При цьому:

- збурюючий вплив ( $F(s)$ );
- задаючий вплив ( $Y_3(s)$ );
- проміжні сигнали ( $X(s)$ ,  $X_1(s)$ ,  $X_2(s)$ );
- керована величина ( $Y(s)$ );
- сигнал неузгодженості ( $\Delta U(s)$ );
- сигнал зворотного зв'язку ( $U_{oc}(s)$ );
- сигнал задання ( $U_3(s)$ ) [1].

Вибір або налаштування регулятора відбувається у випадку, коли відомі властивості САР, а саме передаточна функція, та значення Об. Як об'єкт керування поєднання СВ та СК представляє собою достатньо складу систему (рис. 3.3). Саме цим пояснюється те, що передаточні функції об'єкта керування (ПФОК) визначаються для кожного окремого функціонального елемента САР, при цьому використовуються передаточні функції (ПФ) типових динамічних ланок. Визначення ПФ всієї системи поєданого кондиціонування та вентиляції з метою очищення повітря від пилу та теплового забруднення як об'єкта керування

проводиться у відповідності із правилами визначення сумарної передаточної функції у випадку різної кількості ланок.

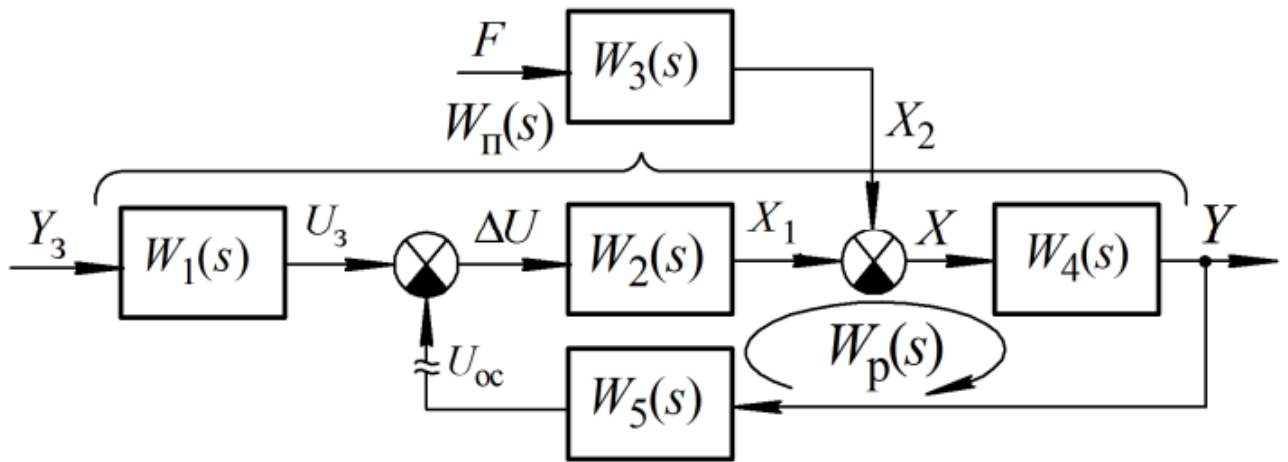


Рисунок 3.2 – Структурна схема замкнутої САР (узагальнена)

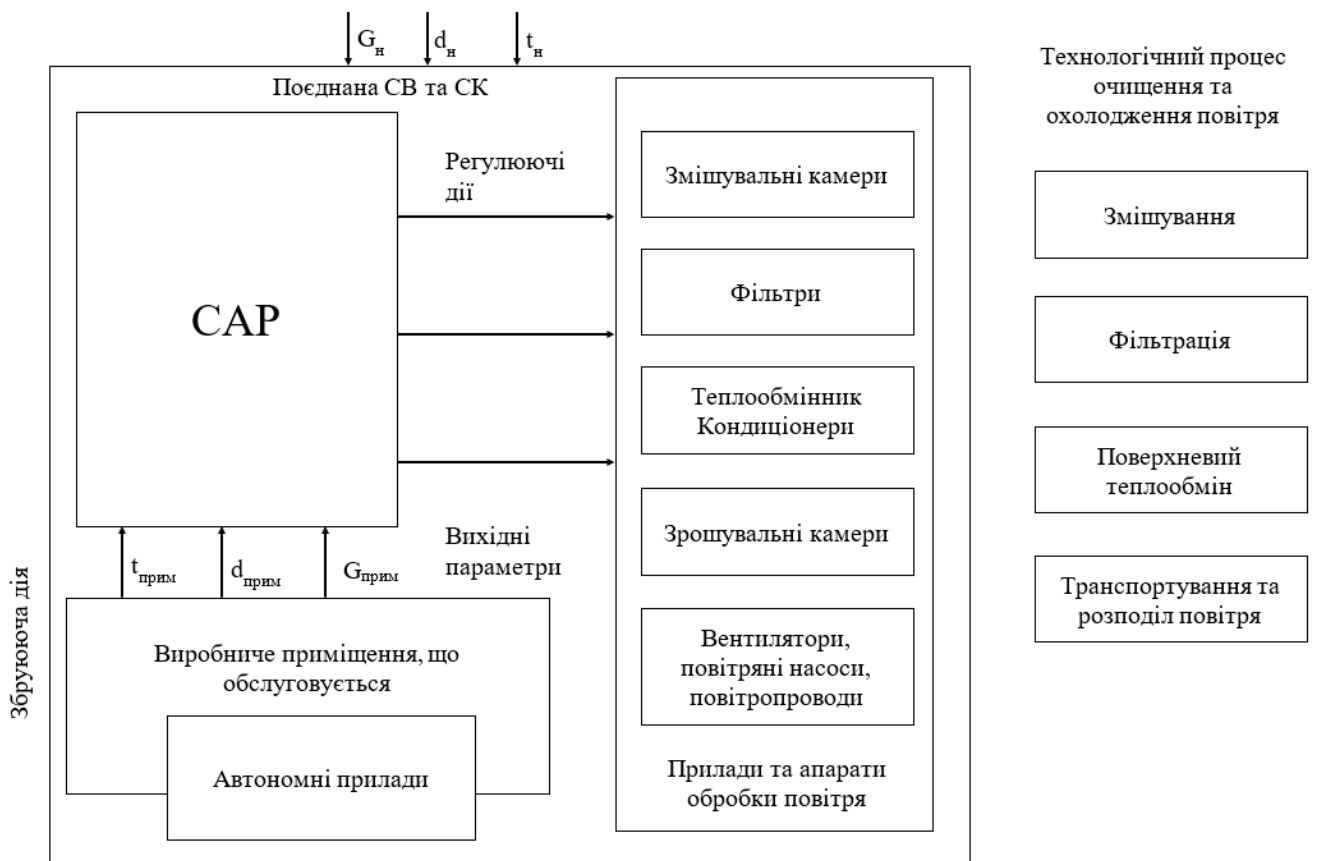


Рисунок 3.3 – Структурна схема САР очищення повітря (узагальнена)

На рис. 3.3 наявні наступні позначення:

- вологість, витрата та температура повітря в приміщенні відповідно  $d_{\text{прим}}$ ,  $G_{\text{прим}}$  та  $t_{\text{прим}}$ ;
- вологість, витрата та температура повітря зовнішнього повітря відповідно  $d_{\text{н}}$ ,  $G_{\text{н}}$  та  $t_{\text{н}}$ .

Основним елементом поєднаних СВ та СК є приміщення, що обслуговується, оскільки в ньому безперервно відбувається процес переходу повітря з одного стану в інший стан. Робота СК та СВ полягає у подачі припливного очищеного та охолодженого повітря у виробниче приміщення із параметрами, які значно відрізняються від параметрів повітря, яке вже знаходиться у виробничому приміщенні. В процесі змішування очищеного повітря із тим, що вже існує в приміщенні, частково відбувається процес витіснення відпрацьованого повітря із неналежними параметрами. При цьому припливне повітря відповідає за асиміляцію вологості і тепла, а також відбувається процес зволоження та підігріву або охолодження повітря в залежності від відхилень його показників відносно оптимальних значень.

Оскільки виробничим приміщенням характерні великі габаритні розміри, то показники якості повітря всередині приміщення можуть значно відрізнятись. Саме тому при вирішенні задачі автоматичного регулювання по причині розосереджених характеристик якості повітря система розглядається як об'єкт із зосередженими параметрами. Тобто вологість та температура повітря будуть визначатись саме у робочій зоні, тобто на робочому місці. Тому датчики параметрів регулювання слід встановлювати саме у зонах робочих місць виробничих приміщень.

У виробничих приміщеннях часто бувають зони із різними параметрами по якості повітря, тому в таких приміщеннях необхідно використовувати багатоканальну СВ. Або ж цю різку відмінність у показниках якості повітря можна врахувати завдяки застосуванню місцевих додаткових приладів, наприклад, автономних кондиціонерів із власним джерелом холоду, фанкойлів у

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

випадку експлуатації СЧФ, зволожувачів повітря, тощо.

На функціональній схемі виробничого приміщення, що обслуговується (рис. 3.4) виокремлені внутрішні збурюючі дії (газове, теплове та вологе навантаження відповідно  $C_{\text{прим}}$ ,  $W_{\text{прим}}$  та  $Q_{\text{прим}}$ ) та зовнішні збурюючі дії (аеродинамічне, вологе та теплове навантаження відповідно  $G_{\text{н}}$ ,  $W_{\text{н}}$  і  $Q_{\text{н}}$ ). Вхідними параметрами САР є витрата повітря, що подається в приміщення, температура та вологість відповідно  $G_{\text{под}}$ ,  $d_{\text{под}}$  і  $t_{\text{под}}$ . В СК для забезпечення комфортних умов та стабілізації стану повітря, яке регламентується нормами, в загальному можна використовувати при керуючі дії:  $G_{\text{под}}$ ,  $d_{\text{под}}$  і  $t_{\text{под}}$ . Особливості застосування кожного із вищезазначених параметрів визначаються вхідними умова, економічними рішеннями та обмеженнями, які застосовуються до САР.

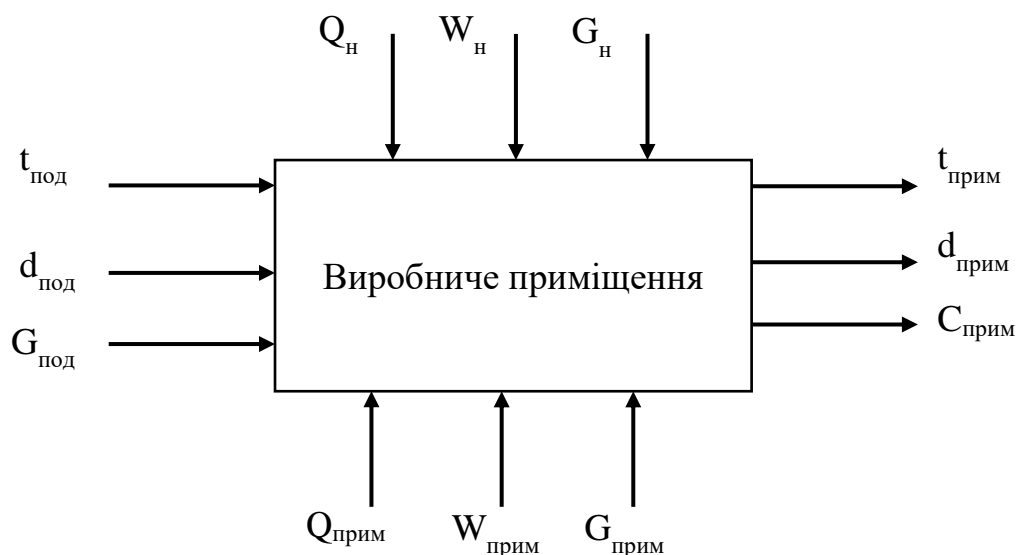


Рисунок 3.4 – Функціональна модуль виробничого приміщення, що обслуговується як об'єкта керування (узагальнена)

В більшості випадків при кондиціонуванні повітря в приміщеннях змінною є саме теплове навантаження, газова потребує мінімальної витрати зовнішнього припливного повітря, а вологісна складова представляє собою відносно постійну. Для таких об'єктів можливим стає використання видів систем із стабілізацією по

такому параметру, як температура – із змінною або постійною витратою повітря.

Керування таким показником, як теплове забруднення повітря, а отже температурою самого повітря у виробничих приміщеннях шляхом зміни витрат повітря, що видаляється та повітря, що подається реалізується не часто. Це пояснюється відносно високим рівнем складності системи керування, особливо у випадку застосування багатозональних систем при встановленні датчиків на робочих місцях працівників. Крім того, таким системам характерні відносно великі капітальні втрати. Найбільш дослідженими системами є саме системи стабілізації температури, для яких ПФ значення постійних часу та коефіцієнтів передач виведені аналітично та експериментально підтверджені. В таких САР стабілізація температури у приміщеннях реалізується шляхом зміни температури повітря, що поступає в приміщення. Найбільш значних змін за показником температури можна досягнути саме у випадку поєднання СВ та СК, оскільки в СК наявне власне джерело холоду.

Динамічні властивості приміщення залежать від наступних факторів:

- розміру приміщення (узагальненого), яке визначається як співвідношення його об'єму до площі поверхонь огорожуючих конструкцій ( $LV = V_{\text{прим}}/F$ );
- постійного часу огороження ( $T_{ог}$ );
- кратності повітрообміну ( $K_{\theta}$ );
- коефіцієнтів теплопередачі огорожуючих конструкцій ( $K_{ог}$ ).

Кратність повітрообміну представляє собою характеристику, яка використовується для оцінки ефективності СВ та СК, тобто вона показує, скільки разів за годину повітря у приміщенні, що вентилюється, повністю оновлюється за своїм складом та якістю [6, 9]. Цей показник залежить від призначення приміщення та повинен відповідати нормам [9]. Приклади кратностей повітрообміну наведені у табл. 3.1.

Тоді аналітична ПФ за показником температури повітря, що подається (припливне) виглядає як:

$$W_t(p) = K_{\text{прим}} \frac{p \cdot T_{\text{ог}} + 1}{p \cdot T_{\text{прим}} + 1}, \quad (3.2)$$

де  $T_{\text{прим}}$  та  $T_{\text{ог}}$  можуть визначатись на основі показників  $LV$ ,  $K_{o_2}$  та  $K_6$ .

Таблиця 3.1 – Кратність повітрообміну окремих виробничих приміщень та приміщень великого об'єму

Вид приміщення	Розрахункова кратність повітрообміну повітря $K_v$
Басейн	10-20
Серверна	5-10
Офісне приміщення	5-7
Фарбувальний цех	25-40
Ресторан	8-10
Гараж і авторемонтна майстерня	6-8
Банк	2-4
Конференц-зал	20-40 м <sup>3</sup> /люд.

На основі наведеної ПФ та експериментальних даних були побудовані криві перехідного процесу (рис. 3.5). Як видно з рис. 3.5, зміні температури у виробничому приміщенні характерні дві ділянки. Ділянка позначена сегментом А представляє собою процес швидкої зміни температури, сама швидкість при цьому залежить від кратності повітрообміну повітря. При подачі повітря із значенням температури, що відрізняється від температури повітря в приміщенні, огорожуючі конструкції та обладнання впливають на зміну характеру поглинання теплоти, яке починає сповільнюватись (ділянка В). Таким чином завершення перехідного процесу може відбутися лише через декілька діб після його початку.

При постановці задач із такими періодами коливань і враховуючи те, що для виробничих приміщень характерним є зміна показників теплового навантаження

на систему, яке триває від декількох хвилин до годин, допускається ігнорування інерційності огорожуючих конструкцій.

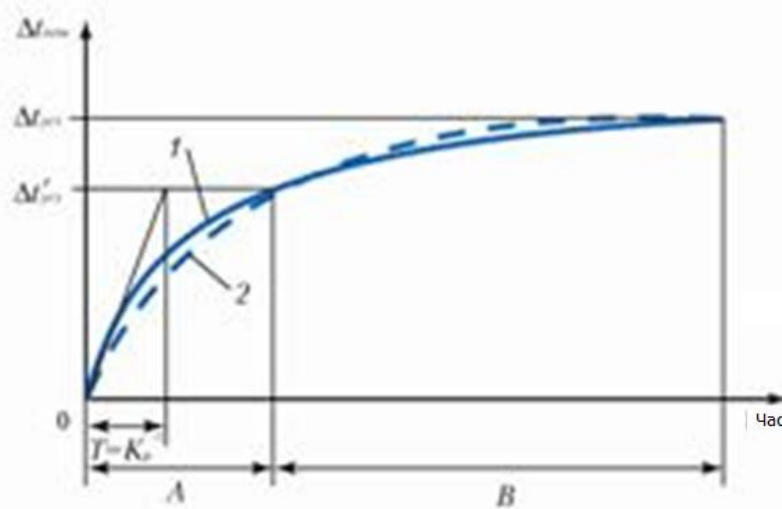


Рисунок 3.5 – Зміни показників температури (теплового забруднення повітря) у виробничому приміщенні:

1 – у відповідності із експериментом; 2 – за розрахунковими даними

Тоді САР може бути представлена аперіодичною ланкою першого порядку із ПФ:

$$W_t(p) = \frac{K_{\text{прим}}}{p \cdot T_{\text{прим}} + 1}. \quad (3.3)$$

В якості збурюючих дій в кондиціонерах як елементах охолодження повітря виступають температура рідини на вході ( $t_{wex}$ ), температура повітря на вході ( $t_{ex}$ ) та витрати повітря  $G_e$  (рис. 3.6). Керуючими діями тоді є витрата повітря  $G_e$ , витрата рідини  $G_w$  та температура рідини  $t_{wex}$ . Регулюючий параметр тоді  $t_{ex}$ .

Експериментальні та теоретичні дослідження автоматизації СВ та СК прказали, що в першому наближенні ПФ описується типовою аперіодичною ланкою першого порядку незалежно від каналу керування:

$$W(p) = \frac{K}{p \cdot T + 1}, \quad (3.4)$$

де  $T$  – постійна часу охолоджуючого елементу;

$K$  – статичний коефіцієнт передачі апарату.

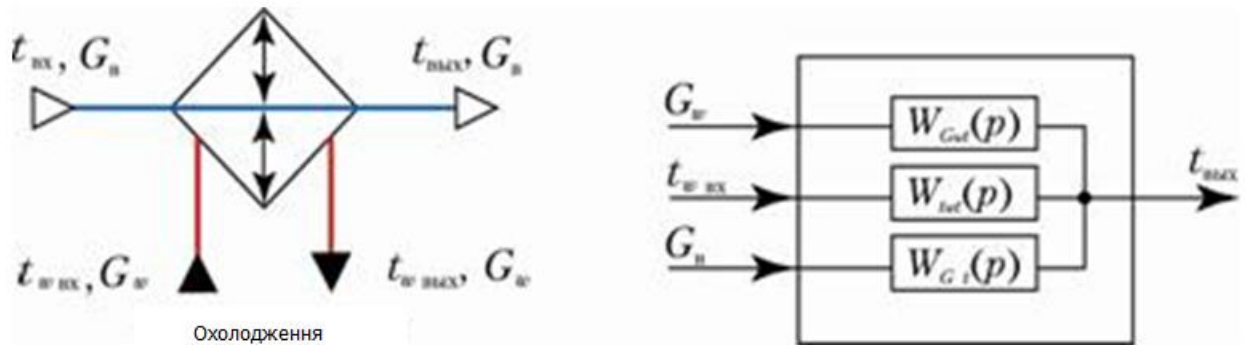


Рисунок 3.6 – Функціональна та структурна схеми охолодження повітря

Статичний коефіцієнт передачі  $K$  описує статичну характеристику апарату, а також може бути отримана шляхом виконання розрахунків. Але така залежність має ще вищий рівень складності, ніж для постійної часу. Тому для проведення оцінки застосовують статичні характеристики, отримані в результаті графоаналітичного методу. При проведенні такого аналізу обов'язково необхідно брати до уваги обмеження, пов'язані із температурою зовнішнього повітря, яке може бути нижче нуля. Тобто, в такому випадку та при швидкостях потоку повітря, які становлять менше 0,1 м/с, існує загроза замерзання приладу.

Керування кондиціонерами може виконуватись трьома каналами: перепуском повітря, витратою рідини та температурою повітря в системі охолодження. Статичний вигляд характеристик та можливі варіанти технічної реалізації наведені на рис. 3.7.

Найбільш поширеним способом є керування витратою рідини (рис. 3.7, в), оскільки йому характерна найнижча вартість та найнижчий рівень складності. Такий варіант керування може реалізовуватись додаванням в СВ та СК одного повітряного клапану.

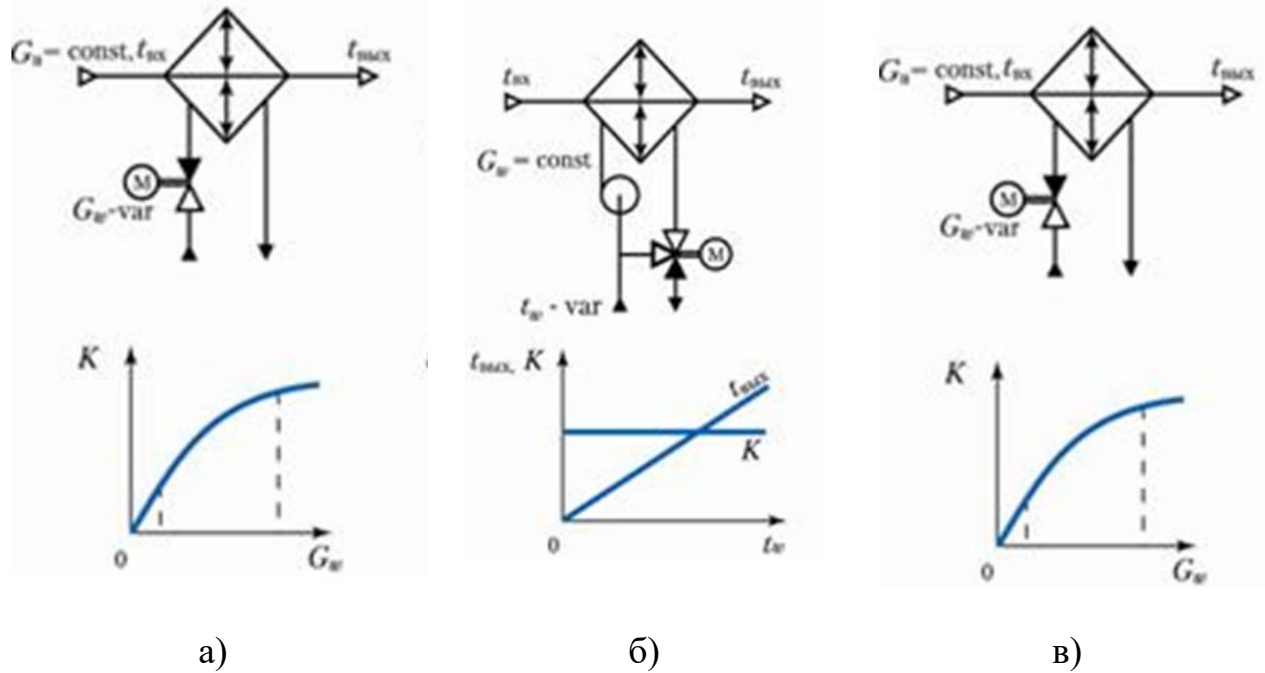


Рисунок 3.7 – Способи керування охолодженням повітря:  
 а – витратою повітря; б – температурою повітря в системі охолодження;  
 в – витратою рідини

Керування температурою повітря в системі охолодження (рис. 3.7, б) забезпечується за допомогою встановлення в СВ та СК двох клапанів та циркуляційного насосу. Коефіцієнт передачі в такому випадку постійний, а характеристика регулювання лінійна.

### 3.2 Визначення передаточних функцій системи автоматичного регулювання

Оскільки об'єкт регулювання астатичний із запізненням, то побудова структурної схеми відповідно до завдання буде наступною:

$$\begin{aligned}
 W_1 &= K_1, \\
 W_2 &= \frac{1}{T_1 p}, \\
 W_3 &= \frac{1}{T_2 p}, \\
 W_4 &= K_2.
 \end{aligned}
 \tag{3.5}$$

де  $W_1$  – передаточна функція регулятора;

$W_2$  – передаточна функція датчика;

$W_3$  – передаточна функція об'єкта регулювання;

$W_4$  - передаточна функція виконавчого механізму.

Тоді:

$$W_C = \frac{e^{-pt}}{T_2 p + 1} \rightarrow W_{ac} = \frac{e^{-pt}}{T_2 p}. \quad (3.6)$$

При початкових умовах:

$$\tau = 0 \rightarrow W_3 = \frac{1}{T_2 p + 1}. \quad (3.7)$$

Звідси випливає, що передаточна функція об'єкта регулювання буде відповідати інтегруючій ланці, так само як і передаточна функція виконавчого механізму. Передаточну функцію передавального механізму було взято із завдання. В той же час, передаточні функції датчика та регулятора у відповідності із завданням аналогічні підсилювальній ланці.

Для визначення передаточної функції САР рівня  $W''$  слід врахувати, що вона буде мати зустрічно-паралельне з'єднання, тобто набуватиме наступного вигляду:

$$W = K_1 \cdot \frac{1}{T_1 p} \cdot \frac{1}{T_2 p} = \frac{K_1}{T_1 T_2 p^2}. \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned} W'' &= \frac{W'}{1 + (W_4 \cdot W)} = \frac{\frac{K_1}{T_1 T_2 p^2}}{1 + \left( K_2 \cdot \frac{K_1}{T_1 T_2 p^2} \right)} = \frac{\frac{K_1}{T_1 T_2 p^2}}{\frac{K_1 K_2}{T_1 T_2 p^2} + T_1 T_2 p^2} = \\ &= \frac{T_1 T_2 p^2}{K_1 K_2 + T_1 T_2 p^2} \cdot \frac{K_1}{T_1 T_2 p^2} = \frac{K_1}{K_1 K_2 + T_1 T_2 p^2}. \end{aligned} \quad (3.9)$$

В результаті можна отримати комплексну часткову характеристику (КХЧ)

із отриманої передаточної функції САР рівня. Оскільки

$$W'' = W(j\omega), \quad (3.10)$$

тоді КХЧ:

$$W(j\omega) = \frac{K_1}{K_1 K_2 - T_1 T_2 \omega^2}. \quad (3.11)$$

Визначення дійсної та уявної частини буде наступним:

$$U(j\omega) = \frac{K_1}{K_1 K_2 - T_1 T_2 \omega^2}; V(\omega) = 0. \quad (3.12)$$

Оскільки в КА в реальності всі об'єкти є інерційними об'єктами регулювання, слід відзначити, що він все ж таки може бути об'єктом без запізнення.

Структурна схема – це графічне зображення математичної моделі САР, яка виглядає як сполучення ланок і відображає, з яких саме динамічних ланок складається система, а також взаємозв'язок цих ланок у системі між собою. В найбільш наочній формі структурна схема показує математичну сторону перетворення змінних за часом сигналів певних окремих елементів та системи вцілому. Структурну схему САР можна отримати із функціональної схеми у тому випадку, якщо відомі параметри всіх елементів системи та їх передаточні функції [5].

Для отримання загальної передаточної функції складного розімкненого кола у випадку використання структурних перетворень початкова схема виглядає так, як це показано на рис. 3.8 [25].

Наявність комплексної змінної  $P$  як множника передаточної функції у знаменнику є однією із ознак астатичної ланки. Розглянемо можливості ІІІ-закону

регулювання САР температури. В такому випадку при побудові структурної схеми необхідно включити ПІ-регулятор (рис. 3.9).

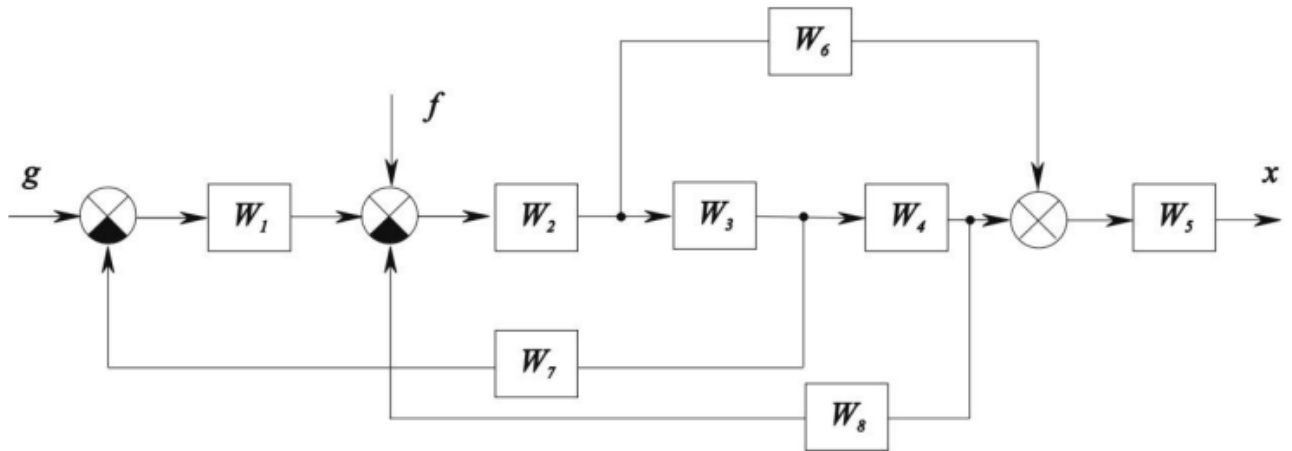


Рисунок 3.8 – Початкова схема передаточної функції

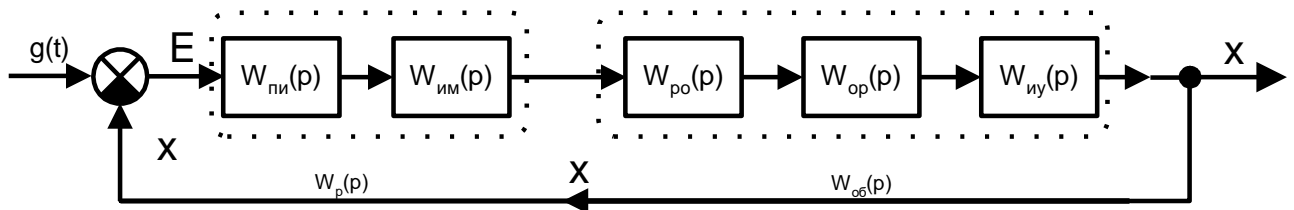


Рисунок 3.9 – Функціональна схема САР температури

Вигляд передаточної функції ПІ-регулятора буде наступним:

$$W_p(p) = K + \frac{1}{T_p}, \quad (3.13)$$

де  $T_p = 30$  сек., а  $K = 15$ .

Знаходження передаточної функції розімкнutoї системи буде виглядати:

$$W_{роз}(p) = W_{об}(p)W_p(p). \quad (3.14)$$

$$W_{роз}(p) = \frac{K_{об} + K_{об} \cdot K_p \cdot T_p(p)}{T_p(p) + T_{об}(p)T_p(p)} = \frac{33 + 1800p \cdot 15 \cdot 30p}{30p + 30p + 800p} \quad (3.15)$$

Тоді знаходження передаточної функції замкненої системи набуде вигляду:

$$\Phi(p) = \frac{W_{роз}(p)}{W_{роз}(p)+1} \quad (3.16)$$

$$\begin{aligned} \Phi(p) &= \frac{K_{об} + K_{об} \cdot K_p \cdot T_p(p)}{K_{об} + T_p(p) + K_{об} \cdot K_p \cdot T_p(p) + T_{об}(p)T_p(p)} = \\ &= \frac{3,3+3,3 \cdot 30 \cdot 15p}{3,3+30p+3,3 \cdot 30 \cdot 15p+1800p \cdot 30p} \end{aligned} \quad (3.17)$$

На основі передаточної функції розімкнутої системи ми можемо побудувати (рис. 3.10) логарифмічно-фазові частотні характеристики (ЛФХЧ) та логарифмічні амплітудно-частотні характеристики (ЛАХЧ), в той же час амплітудно-фазові характеристики (АФХ) можна побудувати по функції замкненої системи (рис. 3.11).

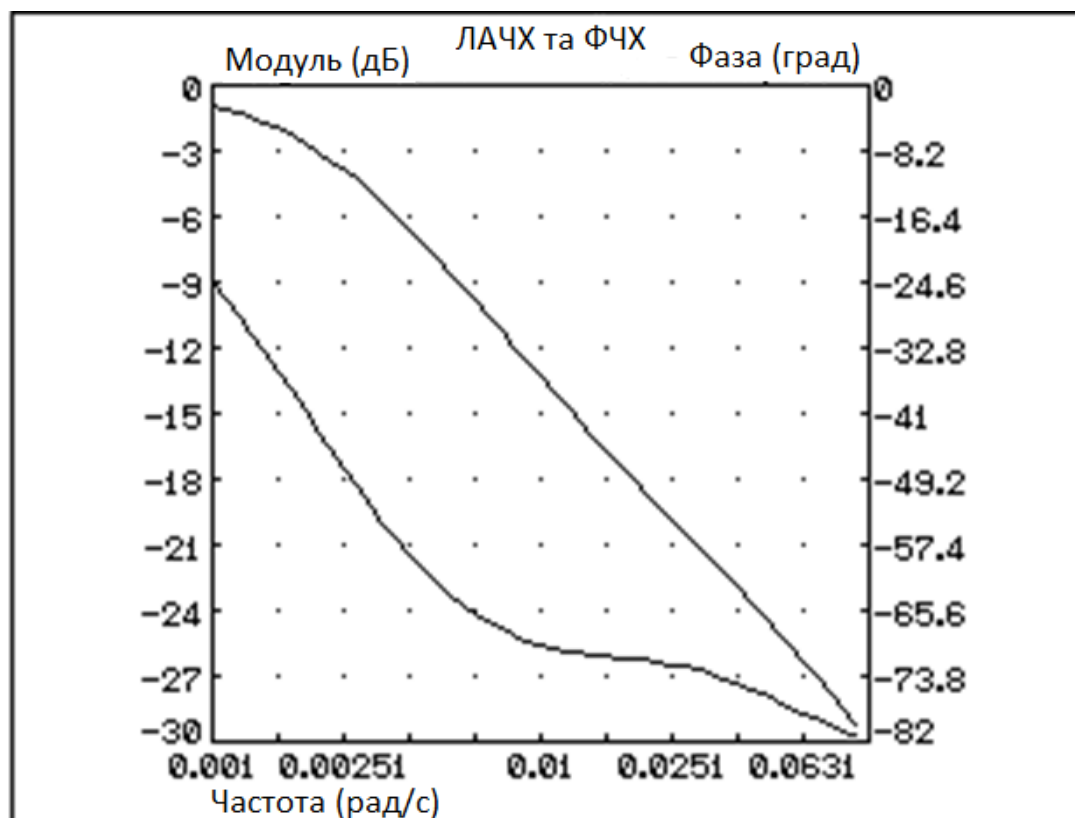


Рисунок 3.10 – ЛФХЧ та ЛАЧХ при астатичному регулюванні

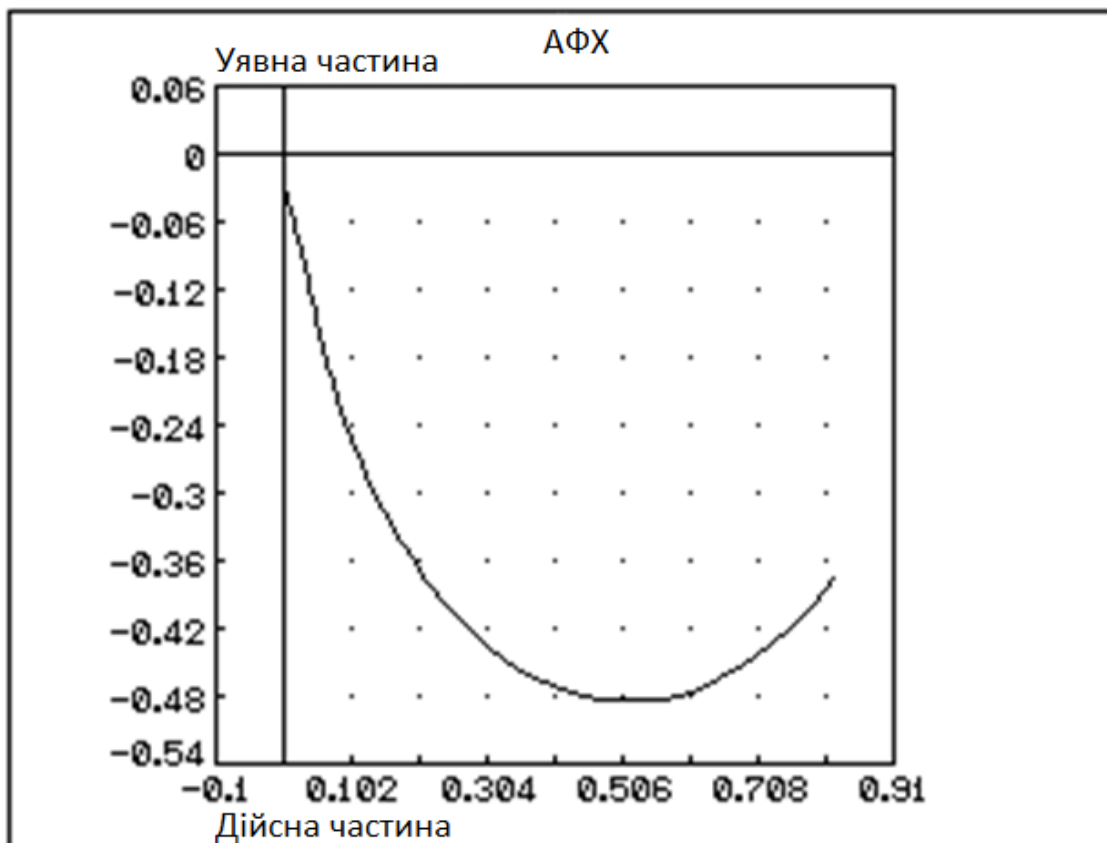


Рисунок 3.11 – Амплітудно-фазова характеристика

Частотні характеристики вказують на те, що у системи є запас стійкості, причому як по фазі, так і по амплітуді. Це пояснюється тим, що на частоті зразу  $\omega_{cp}$  фаза менше  $180^\circ$ , тобто використання ПІ-регулятора для САР температури стає можливим.

### 3.4 Висновки до третього розділу

В розділі проведено вибір та опис засобів автоматизації системи очищення повітря виробничих підприємств від пилу та теплового забруднення, а також його доведення до оптимальних значень за показником вологості повітря. Для автоматизації використовується припливно-витяжна система вентиляції у поєднанні із системою кондиціонування повітря, яка відповідає за подачу охолодженого та очищеного повітря.

Крім того, в розділі визначені передаточні функції САР очищення та

охолодження повітря, а на основі передаточних функцій побудовано логарифмічно-фазові частотні характеристики, логарифмічні амплітудно-частотні характеристики та амплітудно-фазові характеристики системи.

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В першому розділі проведений аналіз конструкцій та видів систем кондиціонування повітря дозволив встановити, що для очищення та охолодження повітря у виробничих приміщеннях найбільш оптимальним вибором є використання центрального кондиціонера або системи із чилерами та фанкойлами. При чому встановлено, що у випадку одного приміщення великого розміру більш оптимальним варіантом є саме центральний кондиціонер, а у випадку великої кількості приміщень різного розміру – система з чилерами та фанкойлами.

Також наведено показники якості повітря, які повинні забезпечуватись у робочих зонах виробничих приміщень. Описано процес проведення перевірки вмісту повітря на його запиленість та наведено показники ГДК, які не повинні перевищувати шкідливі речовини, які розчинені у повітрі.

В другому розділі наведені види повітряних фільтрів, які можуть використовуватись в системі вентиляції повітря як повітряні фільтри окремого монтування та як складові частини фільтрування повітря у випадку кондиціонування повітря у виробничих приміщеннях.

Розділ надає опис принципової електричної схеми очищення та охолодження повітря у виробничих приміщеннях при поєднанні систем вентиляції та кондиціонування для забезпечення припливно-витяжної системи вентиляції повітря. Крім того, наведено опис функціональної схеми автоматизації системи керування очищенням та охолодженням повітря.

В третьому розділі проведено вибір та опис засобів автоматизації системи очищення повітря виробничих підприємств від пилу та теплового забруднення, а також його доведення до оптимальних значень за показником вологості повітря. Для автоматизації використовується припливно-витяжна система вентиляції у поєднанні із системою кондиціонування повітря, яка відповідає за подачу охолодженого та очищеного повітря.

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Крім того, в розділі визначені передаточні функції САР очищення та охолодження повітря, а на основі передаточних функцій побудовано логарифмічно-фазові частотні характеристики, логарифмічні амплітудно-частотні характеристики та амплітудно-фазові характеристики системи.

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59



студентів 4 курсу заочної форми навчання напряму 0921 (6.060101) “Будівництво”, спеціальності “Теплогазопостачання і вентиляція” та слухачів другої вищої освіти) / В. В. Гранкіна; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 123 с.

9. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. – 147 с.

10. Джеджула В.В. Вентиляція та кондиціонування громадських об’єктів : навчальний посібник / Джеджула В. В. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 71 с.

11. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (дата звернення – 15.03.2023)

12. ДСП-201-97. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97#Text> (дата звернення – 15.03.2023)

13. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. - К.: УкрНДІССІ, 1994. - 92 с.

14. Дубровська В.В. Теплотехніка та енергетичні машини. Розрахунок системи кондиціонування: Розрахункова робота: навч. посіб. для студ. спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В. Дубровська, В.І. Шкляр. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 56 с.

15. Жихарєва, Н. В. Оптимізація обладнання систем кондиціонування повітря [Текст] : навч. посіб. / Жихарєва Наталія Віталіївна ; Одес. нац. акад. харч. технологій. - Одеса, 2014. - 118 с.

16. Кваліфікаційна робота : методичні вказівки щодо її виконання для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / уклад.: Ю.В. Форкун, Г.І. Радельчук, І.В. Форкун, А.С. Каштальян,

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

В.В. Мартинюк. Хмельницький : ХНУ, 2020. – 50 с.

17. Кирилков В.А. Охорона праці та безпека життєдіяльності: Лабораторний практикум. Навчальний посібник / В. А. Кирилков, А. А. Нестер, І. І. Ковтун, В. В. Мисліборський. – Хмельницький : ХНУ, 2011. – 137 с.

18. Корпань Я. В. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного управління» для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології денної форми навчання [Електронний ресурс] / [Упорядник Я. В. Корпань]; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2019. – 124 с.

19. Кравченко В.С. Інженерне обладнання будівель: Підручник / В.С. Кравченко, Л.А. Саблій, В.І. Давидчук, Н.В. Кравченко. – Рівне: НУВГП, 2005. – 413 с.

20. Куцик А. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах: навч. посіб. / А. Куцик, В. Місюренко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 200 с.

21. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами. Навчальний. посібник / Ладанюк А.П., Архангельська К.С., Власенко Л.О. – К.:НУХТ, 2014. – 274с.

22. Левченко О.І. Основи автоматизації теплоенергетичних процесів та установок. Навчальний. посібник / Левченко О.І., Сідлецький В.М. – К.:НУХТ, 2014. – 227с.

23. Лобода О.І. Теоретичні основи автоматики. Практикум: навчальне видання / О. І. Лобода, О. М. Тодоріко, С. В. Дубініна. – Мелітополь: ФОП Однорог Т. В., 2020. – 158 с.

24. Методичні рекомендації та завдання з дисципліни «Промислова вентиляція та кондиціонування повітря» (для студентів заочно-дистанційної форми навчання з напрямку «Гірництво») / Упоряд.: С.О. Алексеєнко, І.А. Шайхлісламова, В.Г. Марченко – Д.: Національний гірничий університет, 2009. – 34 с.

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

25. Миколаєць Д.А. Основи теорії авторегулювання: [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка», освітньої програми «Електронні компоненти і системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Миколаєць Д.А., Клен К.С., Ямненко Ю.С. – Електронні текстові данні (1 файл: 5918 кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 216 с.

26. О.П. Губарев. Мехатроніка: Циклічно-модульний підхід до вирішення практичних задач автоматизації / Губарев О.П., Ганпанцурова О.С. // К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 160 с.

27. Пономарчук І.А. Вентиляція та кондиціонування повітря: Навчальний посібник / І.А. Пономарчук, О.Б. Волошин. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 121 с.

28. Прецизійні кондиціонери – що це таке і де вони використовуються? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://alterair.ua/stati/pretsizionnye-konditsionery/> (дата звернення 03.03.2023)

29. Промислова вентиляція і кондиціонування. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.airvent.com.ua/statti/promislova-ventilyatsiya-i-konditsiyuvannya> (дата звернення - 12.04.2023)

30. Проць Я.І., Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів./ Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулля, 2011. – 344с.

31. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навч. посіб / [Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П.]. – К. : Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.

32. Росковшенко Ю.К. Теплогазопостачання і вентиляція: Навчальний посібник. / Ю.К. Росковшенко, М.В. Степанов. – Київ: ІВНВКП «Укреліотех», 2008. – 256 с.

33. Сабо А.Г., Лобода О.І. Методичні вказівки до дипломного проектування. Вибір регуляторів для систем автоматичного керування для здобувачів ступеня вищої освіти "Бакалавр" зі спеціальності 141

"Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" - Мелітополь, ТДАТУ, 2020. - 20 с.

34. Савченко І. Д. Приводи систем керування [Текст]: навч. посіб./ І. Д. Савченко.—Д.: РВВ ДНУ, 2014. – 112 с.

35. Ситник В.Ф. Основи інформаційних систем: Навч. посібник. – Вид. 2-ге, перероб. і доп. / В. Ф. Ситник, Т. А. Писаревська, Н. В. Єрьоміна, О. С. Краєва; За ред. В. Ф. Ситника. — К.: КНЕУ, 2001. — 420 с.

36. Соколан Ю.С. Інженерне обладнання будівель. Навчальний посібник для студентів, які навчаються за освітньо-професійною програмою підготовки бакалавра за спеціальністю 191 «Архітектура та містобудування» / Ю.С. Соколан. - Хмельницький: ХНУ, 2021. – 226 с.

37. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації. Навч. пос. — К: Видавництво Ліра-К., 2014. — 344с.

38. TRM133. Контролер припливної вентиляції. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://owen.ua/ru/arhiv-produkcii/kontroller-pritochnoj-ventiljacji-oven-trm133> (дата звернення – 19.04.2023)

39. Фільтрація повітря. Фільтри в кондиціонерах. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://teplotime.com/ua/a387778-filtratsiya-povitrya-filtri.html> (дата звернення 10.03.2023)

40. Штіфзон О.Й. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»; уклад.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В.П. Бунь. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 144 с.

41. Шушляков Д.О. Методичні вказівки до проведення самостійної роботи та практичних занять з дисципліни "Вентиляція та кондиціонування повітря" (для студентів 3 курсу денної та заочної форм навчання за напрямом 6.060101 "Будівництво" спеціальності "Міське будівництво і господарство" спеціалізації

"Технічне обслуговування, ремонт і реконструкція будівель") / Харк. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; Уклад.: Д. О. Шушляков – Х.: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2013. – 20 с.

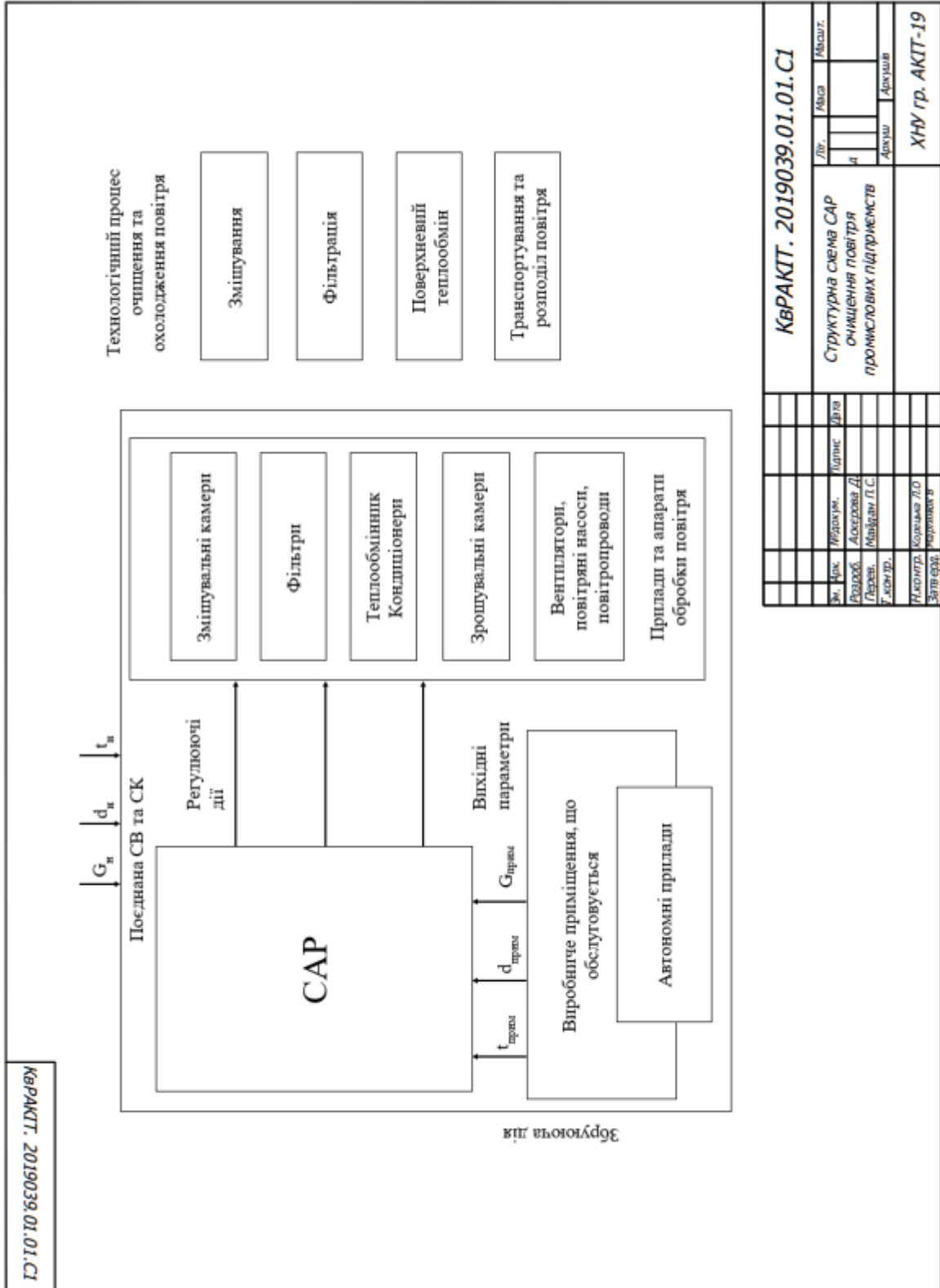
42. Що таке вентиляція. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vent.com.ua/vydy-system-ventyliatsii/> (дата звернення – 21.04.2023)

					<i>КвРАКІТ. 2019039.01.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

# Додатки

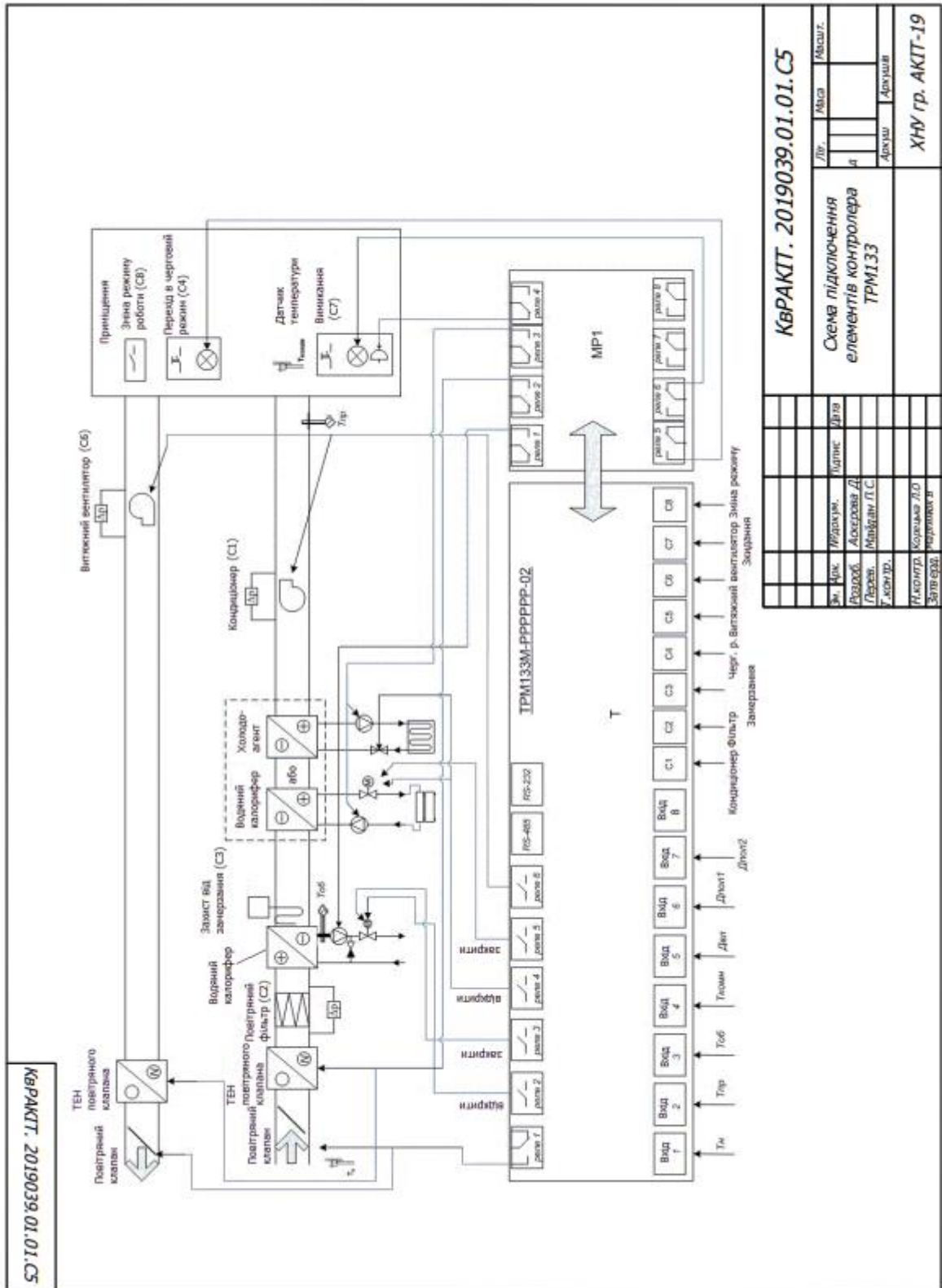
Додаток А  
(обов'язковий)

Копія креслення «Структурна схема САР очищення повітря промислових підприємств»



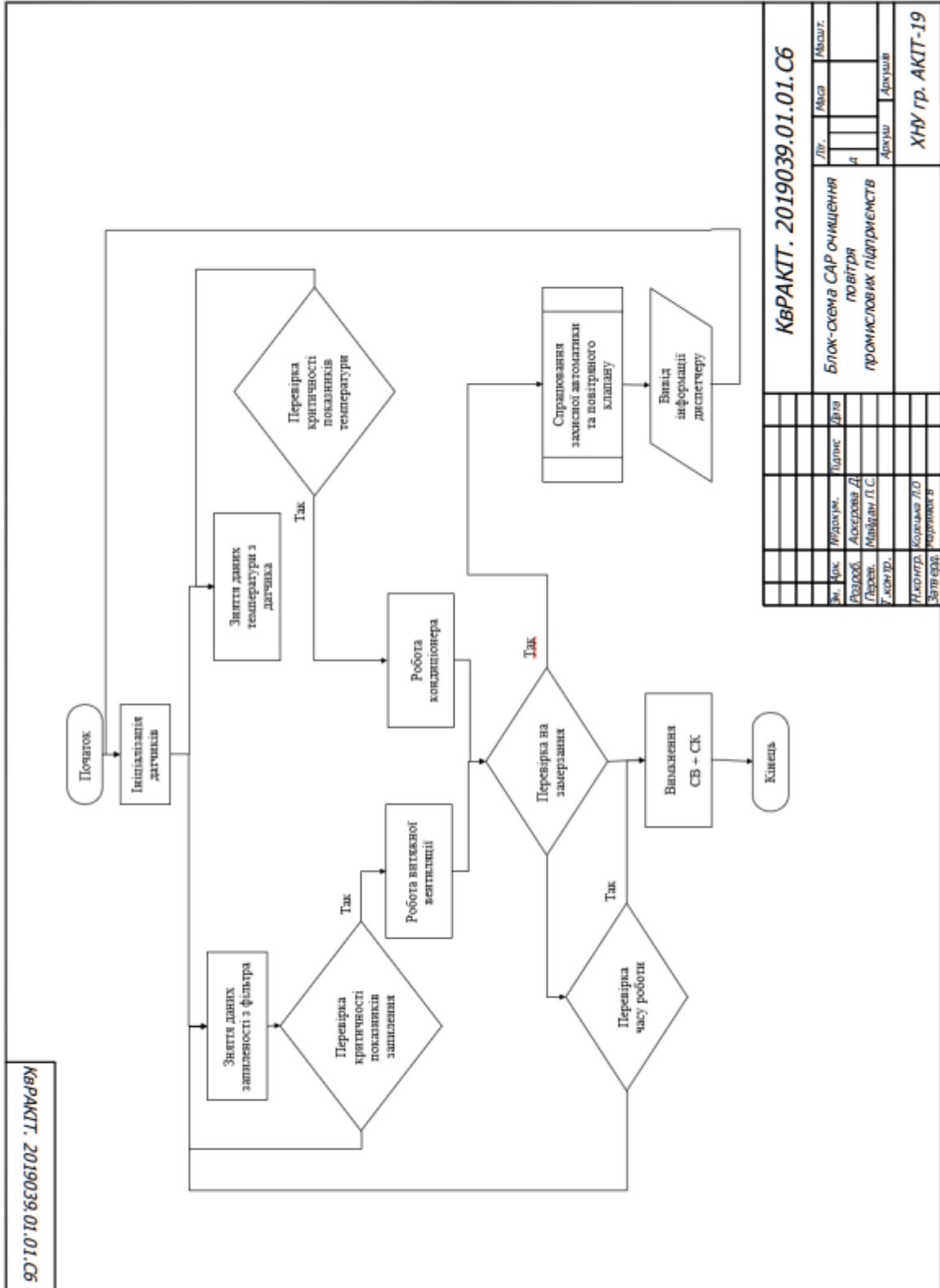
Додаток Б  
(обов'язковий)

Копія креслення «Схема підключення елементів контролера TRM133»



Додаток В  
(обов'язковий)

Копія креслення «Блок-схема САР очищення повітря промислових підприємств»



КВРАКТ. 2019039.01.01.С6

КВРАКТ. 2019039.01.01.С6		Лт.	Місяц	Місц.
		Д		
Блок-схема САР очищення повітря промислових підприємств		Арх.	Людис	Дата
		Авдодб	Авдодова Д	
ХНУ гр. АКТГ-19		Переп.	Майдан П.С.	
		У.ком.ур.		
Клиент		Исполн.	Корюша Л.О.	
		Визнач.	Червонов В	

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
РОБОТОТЕХНІКИ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизація системи очищення повітря промислових підприємств  
 Автор: Аскерова Дар'я Рустамівна  
 Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
 Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
 Науковий керівник: Майдан Павло Сергійович, кандидат технічних наук, доцент  
 Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

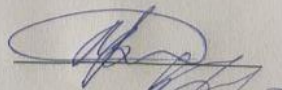
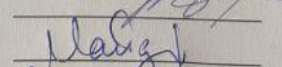

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 1,74% і адресується до 29 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Дата 08.06.2023р.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Павло МАЙДАН

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Аскерова Дар'я Рустамівна

Тема: Автоматизація системи очищення повітря промислових підприємств

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 65

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: створено систему автоматизації процесу очищення повітря промислових підприємств

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз конструкцій та видів систем кондиціонування повітря дозволив встановити, що для очищення та охолодження повітря у виробничих приміщеннях найбільш оптимальним вибором є використання центрального кондиціонера або системи із чилерами та фанкойлами. В другому розділі наведені види повітряних фільтрів, які можуть використовуватись в системі вентиляції повітря. Розділ надає опис принципової електричної схеми очищення та охолодження повітря у виробничих приміщеннях при поєднанні систем вентиляції та кондиціонування. В третьому розділі проведено вибір та опис засобів автоматизації системи очищення повітря виробничих підприємств від пилу та теплового забруднення, а також його доведення до оптимальних значень за показником вологості повітря. Для автоматизації використовується припливно-витяжна система вентиляції у поєднанні із системою кондиціонування повітря, яка відповідає за подачу охолодженого та очищеного повітря.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

---

---

---

---

5. Негативні сторони роботи: у роботі розглядається лише очищення повітря від пилу та теплового забруднення, але не розглянуто питання чищення загазованого повітря

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

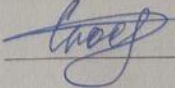
8. Інші зауваження: відеутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3,5/D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) \_\_\_\_\_

Соколан Юлія Сергіївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри Будівництва та цивільної безпеки Хмельницького національного університету

“ 08 ” 06 2023 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР  
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Аскерова Д.Р.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи АКІТ-19-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

06.06.2023

дата



підпис

Ім'я користувача:  
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:  
1015494188

Дата перевірки:  
08.06.2023 07:33:39 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
08.06.2023 09:51:45 EEST

ID користувача:  
100005862

Назва документа: Аскерова

Кількість сторінок: 65 Кількість слів: 9864 Кількість символів: 74420 Розмір файлу: 1.75 MB ID файлу: 1015150700

1439 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

## 1.02% Схожість

Найбільша схожість: 0.23% з Інтернет-джерелом ([http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=77854](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77854))

0.93% Джерела з Інтернету 117 ..... Сторінка 67

0.34% Джерела з Бібліотеки 8 ..... Сторінка 68

## 0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Посилання 1 ..... Сторінка 68

## 0% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

0% Вилученого тексту з Бібліотеки 1 ..... Сторінка 68

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 78

# Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальне співпадіння з одним документом 3.0%**

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Помилоч в документах: 9%**

ID: 115145 Назва: БКР Автоматизація системи очищення повітря промислових підприємств Додано в БД: 2023-06-08 Автора: Аскерова Д. Керівники: Майдан П.С. Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	56309	850	2621 (5%)	42 (5%)

## Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми