

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра автоматизації енергетичних процесів

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Володимир ВОЛОЩУК

«___» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»

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

на тему: «Автоматизація системи вентиляції складського приміщення»

Виконав:

студент ІV курсу, групи ТА-91

Пустовіт Ігор Володимирович _____

Керівник:

Старший викладач,

Гікало Павло Валерійович _____

Консультант з розділу «Охорона праці»:

Доцент,

Каштанов Сергій Федорович _____

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2023 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики
Кафедра автоматизації енергетичних процесів**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Володимир ВОЛОЩУК

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

**на дипломний проєкт студенту
Пустовіту Ігорю Володимировичу**

1. Тема проєкту **«Автоматизація системи вентиляції складського приміщення»**, керівник проєкту Гікало Павло Валерійович, старший викладач, затверджені наказом по університету від «29» травня 2023р. №2039-с
2. Термін подання студентом проєкту 15 червня 2023р.
3. Вихідні дані до проєкту створити автоматизовану систему вентиляції складського приміщення, площа складу 450 м².
4. Зміст пояснювальної записки:

Вступ, Постановка задачі АСК ТОК, Проєктування АСУТП, Інженерний розрахунок САР, Опис графічної частини проєкту, Программування ПТКЗА, Імітаційне моделювання АТК, Охорона праці, Розрахунок техніко – економічної ефективності АСК, Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Схема автоматизації функціональна, Специфікація обладнання, Схема принципова електрична (розширена), Креслення загального виду щита, Відомість дипломного проекту, Ілюстрації.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каштанов С. Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання 2 травня 2022 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Постановка задачі АСК ТОК	17.05.2023	
2	Схема функціональна автоматизації. Схема структурна ПТК		
3	Схема принципова електрична		
4	Розрахунок і моделювання САР	19.05.2023	
5	Креслення загального виду щита	21.05.2023	
6	Розрахунок надійності функціонування АСК	22.05.2023	
7	Розробка програмного забезпечення	25.05.2023	
8	Імітаційне моделювання і аналіз функціонування АТК	25.05.2023	
9	Охорона праці	01.06.2023	
10	Розрахунок техніко-економічної ефективності АСК	07.06.2023	
11	Відомість дипломного проекту	09.06.2023	
12	Передзахист ДП	17.06.2023	
13	Захист ДП	22.06.2023	

Студент

Ігор ПУСТОВІТ

Керівник

Павло ГІКАЛО

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт виконаний на тему «Автоматизація системи вентиляції складського приміщення».

У процесі виконання роботи всі поставлені задачі були виконані. Було проведено ознайомлення з об'єктом автоматизації, визначено технологічні параметри системи вентиляції, здійснено вибір обладнання. Також було проведено розрахунки вимірювального каналу та каналу САР, було обрано одноконтурну САР, вказано головні вимоги до функцій управління автоматизованої системи вентиляції складського приміщення.

Проведено роботу з графічною частиною проєкту, розроблено функціональну схему автоматизації, схему електричну, креслення щита, схему зовнішніх з'єднань, монтажну схему щита та специфікацію обладнання.

Додатково було розроблено програму для контролера в середовищі CodeSys. За допомогою програмного забезпечення для розробки інтерфейсів Indusoft Web Studio було створено SCADA-систему. Для перевірки працездатності було використано імітаційне моделювання, створене у Simulink. Для забезпечення взаємодії між різними пристроями, використовувалась платформа MatrikonOPC Explorer.

Наступний етап проєкту був присвячений охороні праці та техніко-економічним розрахункам. Аналіз заходів безпеки показав, що на об'єкті управління дотримано всі норми, система вентиляції готова до використання. За результатами техніко-економічних показників встановлено, що система є економічно вигідною.

Ключові слова: система вентиляції складського приміщення, автоматизована система керування, температура повітря.

ANNOTATION

The diploma project was carried out on the topic "Automation of the warehouse ventilation system".

In the course of the work, all tasks were completed. Familiarization with the automation object was carried out, the technological parameters of the ventilation system were determined, and the equipment was selected. Calculations of the measuring channel and the SAR channel were also made, a single-circuit SAR was chosen, and the main requirements for the control functions of the automated warehouse ventilation system were specified.

Work was carried out with the graphic part of the project, a functional automation diagram, an electrical diagram, a panel drawing, a diagram of external connections, a panel assembly diagram and equipment specification were developed.

In addition, a program for the controller in the CodeSys environment was developed. A SCADA system was created using Indusoft Web Studio interface development software. A simulation created in Simulink was used to test the performance. To ensure interaction between various devices, the MatrikonOPC Explorer platform was used.

The next stage of the project was devoted to labor protection and technical and economic calculations. The analysis of safety measures showed that all norms were observed at the control facility, the ventilation system is ready for use. According to the results of technical and economic indicators, it was established that the system is economically profitable.

Keywords: warehouse ventilation system, automated control system, air temperature.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- САР – система автоматичного регулювання;
- ПЛК – програмований логічний контролер;
- ВМ – виконавчий механізм;
- ВК – вимірювальний канал;
- РО – регулюючий орган;
- ПЛК – програмно-логічний контролер;
- ТЕН – трубчастий електронагрівник;
- АТК – автоматизований технологічний комплекс;
- SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition;
- ПТК – програмно-технічний комплекс;
- РАФХ – розширена амплітудно-фазова характеристика;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- СКВ – система кондиціонування та вентиляції
- ПК – персональний комп'ютер.

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизація системи вентиляції складського
приміщення»**

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1 ПРОЄКТУВАННЯ АСУТП	11
1.1 Характеристика технологічного об'єкту управління.....	11
1.2 Вибір і обґрунтування структури АСУТП ТОВ	16
1.3 Технологічні параметри АСУТП ТОВ	21
1.4 Функції АСУТП	22
1.5 Схема автоматизації функціональна	23
1.6 Схема структурна програмно-технічного комплексу	26
1.7 Перелік і аналіз джерел техніко-економічної ефективності АТК ТОВ	28
РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК САР	30
2.1 Інженерний розрахунок вимірювальних каналів САР	30
2.1.1 Перелік вимірювальних каналів	30
2.1.2 Схеми структурні вимірювальних каналів	30
2.1.3 Особливості електричних підключень давачів вимірювальних каналів	33
2.1.4 Монтаж технічних засобів вимірювальних каналів	35
2.1.5 Захист технічних засобів вимірювальних каналів від перешкод.....	37
2.1.6 Схеми структурні надійності вимірювальних каналів.....	39
2.1.7 Метрологічний розрахунок вимірювальних каналів.....	40
2.1.8 Розрахунок надійності вимірювальних каналів.....	42
2.1.9 Функції первинної обробки даних вимірювання в ПЛК.....	43
2.1.10 Висновок щодо роботоздатності вимірювальних каналів САР	43
2.2 Інженерний розрахунок регульовально-виконавчих каналів САР	44
2.2.1 Перелік систем автоматичного регулювання.....	44
2.2.2 Функціональна і структурна схеми САР	44
2.2.3 Схема структурна регульовально-виконавчого каналу САР	46
2.2.4 Схема структурна програмно-технічних засобів САР	46
2.2.5 Схема структурна надійності реалізації управляючої функції САР....	47
2.2.6 Розрахунок надійності реалізації управляючої функції САР.....	48
2.2.7 Розрахунок регуляторів і моделювання САР.....	48
РОЗДІЛ 3 ОПИС ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЄКТУ	62
3.1 Схема функціональна автоматизації ТОВ	62

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П			
Зм.	Кільк	Недок.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пустовіт І.В.			Автоматизація системи вентиляції складського приміщення	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів.		Гікало П.В.					8	110
Т.контр.						<i>НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», ІАТЕ, АЕП</i>		
Н. Контр.		Некрашевич О.В.						
Затв..		Волощук В.А.						

3.2	Схема структурна ПТК.....	62
3.3	Схема принципова електрична АСР	62
3.4	Креслення загального виду щита	65
3.5	Схема монтажна щита (таблиця з'єднань)	67
3.6	Схема зовнішніх з'єднань	68
3.7	Специфікація обладнання	69
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ПТКЗА		74
.....		74
4.1	Програмування функціональності ПЛК	74
4.2	Програмування функціональності SCADA-системи.....	76
РОЗДІЛ 5 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АТК		78
5.1	Схема структурна полігону імітаційного моделювання АТК ТОУ	78
5.2	Функціональне моделювання ОУ в СКМ Matlab Simulink.....	78
5.3	Реалізація контролерної функціональності САР в софтПЛК CoDeSys.....	79
5.4	Реалізація супервізорної HMI-Standard функціональності в HMI/SCADA-системі WebStudio	80
5.5	Реалізація супервізорної MES-Lite функціональності в HMI/SCADAсистемі WebStudio	82
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ		84
РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК		96
ВИСНОВКИ		103
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		105

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

ВСТУП

У сучасному світі, де промисловий розвиток і технологічні інновації швидко змінюються, ефективне управління складськими приміщеннями стає все більш важливим завданням. Одним з ключових аспектів оптимізації роботи складу є автоматизація системи вентиляції. Вентиляційна система відіграє критичну роль у забезпеченні належних умов зберігання товарів, збереженні якості продукції та забезпеченні комфорту для працівників.

Ефективна вентиляція у складському приміщенні має велике значення для забезпечення оптимальних умов зберігання різних товарів. Вона сприяє підтриманню потрібних температурних режимів, вологості та якості повітря, що є важливими факторами для збереження продуктів у належному стані. Однак, традиційні системи вентиляції, які працюють на основі ручного управління, можуть бути недостатньо ефективними та незручними у використанні. Тут на допомогу приходить автоматизація системи вентиляції, що дозволяє досягти оптимальних результатів у керуванні та контролі за процесами вентиляції у складському приміщенні.

Мета дипломного проектування – розробити техно-робочий проект автоматизації системи вентиляції складського приміщення.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 1 ПРОЄКТУВАННЯ АСУТП

1.1 Характеристика технологічного об'єкту управління

Прямоточна система кондиціонування та вентиляції повітря є однією з найпоширеніших систем вентиляції, яка використовується для забезпечення свіжого повітря в приміщеннях. Основна ідея прямоточної системи полягає в тому, що свіже повітря постачається ззовні та подається прямим шляхом в приміщення, а використане повітря відводиться на вулицю.

Системи вентиляції складаються з припливної та витяжної частини. Припливна частина включає повітряну заслінку, нагрівач 1-го і 2-го підігріву, охолоджувач, припливний фільтр, зволожувач, вентиляторну секцію. Витяжна частина складається з витяжного фільтра, повітряної заслінки та вентилятора.

Детальна структура прямоточної системи вентиляції може включати наступні компоненти: вентилятор, фільтр, вентиляційні канали, повітряні заслінки, нагрівач, охолоджувач, зволожувач.

Вентилятор є одним з головних компонентів системи вентиляції і відіграє важливу роль у забезпеченні потоку повітря у системі. Основна роль вентилятора є переміщення повітря через вентиляційну систему, відведення забрудненого повітря та постачання свіжого повітря в приміщення.

Фільтри встановлюються на вході і виході системи вентиляції з метою очищення повітря від пилу, бактерій та інших забруднень. Це важливий елемент для підтримання високої якості повітря всередині приміщення.

Вентиляційні канали служать для перенесення повітря між різними зонами приміщення або між вулицею та внутрішнім середовищем будівлі, використовують для подачі свіжого повітря в приміщення, забезпечують рівномірний розподіл повітря по всій зоні. Канали зазвичай виготовляються з металу або пластику і мають гладкі внутрішні поверхні для забезпечення безперешкодного руху повітря.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Повітряні заслінки встановлюються на вході та виході системи вентиляції, дозволяють регулювати обсяг свіжого повітря, що надходить у приміщення. Заслінки виконуються багатостулковими з паралельними лопатками і керуються електроприводом синхронно. Кількість повітря, що надійшло до приміщення, повинна дорівнювати кількості віддаленого повітря.

Нагрівач відповідає за нагрів повітря, що подається в приміщення. Процес нагрівання повітря відбувається за рахунок трубчастого електронагрівача, який перетворює електричну енергію в теплову енергію за допомогою опору матеріалу нагрівального елемента.

Охолоджувач забезпечує охолодження свіжого повітря, яке надходить у приміщення, та зменшує його температуру до комфортного рівня. Охолоджувач зазвичай складається з компресора, конденсатора, евапоратора та рідинного фільтру. Компресор стискає холодоагент (фреон), який циркулює в системі, та перекачує його до конденсатора. Холодоагент охолоджується та конденсується, перетворюючись з газоподібного в рідкий стан. Потім він пройде через евапоратор, де відбувається процес випаровування, та віддасть тепло в повітря, що протікає через евапоратор. Холодне повітря потім надходить у приміщення.

Зволожувач використовується для збільшення вологості повітря в приміщенні, коли вона занадто низька.

Технологічні процеси, які відбуваються у прямоточній СКВ повітря, включають наступні етапи: подача свіжого повітря, обробка повітря, розподіл повітря, відведення відпрацьованого повітря.

1. Подача свіжого повітря

Свіже повітря надходить до системи через вентиляційні заслінки, які зазвичай розташовані на зовнішніх стінах будівлі. Потім це повітря очищується припливним фільтром, щоб видалити забруднення.

2. Обробка повітря

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

При надходженні свіжого повітря в систему воно проходить через додаткові процеси обробки. Ці процеси включають в себе охолодження або нагрівання повітря для регулювання температури, а також зволоження або осушення для контролю вологості.

3. Розподіл повітря

Після обробки свіже повітря розподіляється по всій будівлі або приміщенню за допомогою вентиляційних каналів, які можуть мати вбудовані розподільники або решітки. Це дозволяє рівномірно розподіляти повітря в різних зонах і кімнатах.

4. Відведення відпрацьованого повітря

Відпрацьоване повітря, яке містить забруднення, запахи або вологу, видаляється з приміщення через витяжні канали. Це допомагає підтримувати якість повітря всередині будівлі, видаляючи забруднення та виробляючи заміну повітря.

Прямоточна система вентиляції повітря має декілька матеріальних та енергетичних потоків, які взаємодіють між собою для забезпечення ефективної роботи системи та забезпечують обмін повітрям у приміщенні.

Вхідним потоком є повітря зовнішнього середовища, яке потрібно привести до потрібної температури та вологості.

Проміжним потоком є повітря, яке переміщається вентиляційними каналами. Проміжний потік включає повітря, яке проходить через фільтри, пропускається через заслінки, переміщається каналами і трубопроводами і витягується через вентиляційні отвори. Ці потоки повітря можуть мати різну температуру, вологість та склад газів.

Вихідним потоком є повітря у приміщенні, яке поступово відводиться через витяжні канали системи вентиляції.

Енергетичний потік являє собою електроживлення системи та теплову енергію, яка необхідна для підігріву повітря. Електричний потік складається з енергії, необхідної для роботи вентиляторів, калориферів, а також енергії, що

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

витрачається на приведення в дію системи управління вентиляцією. Тепловий потік включає енергію, яку потрібно споживати для підігріву або охолодження повітря в приміщенні.

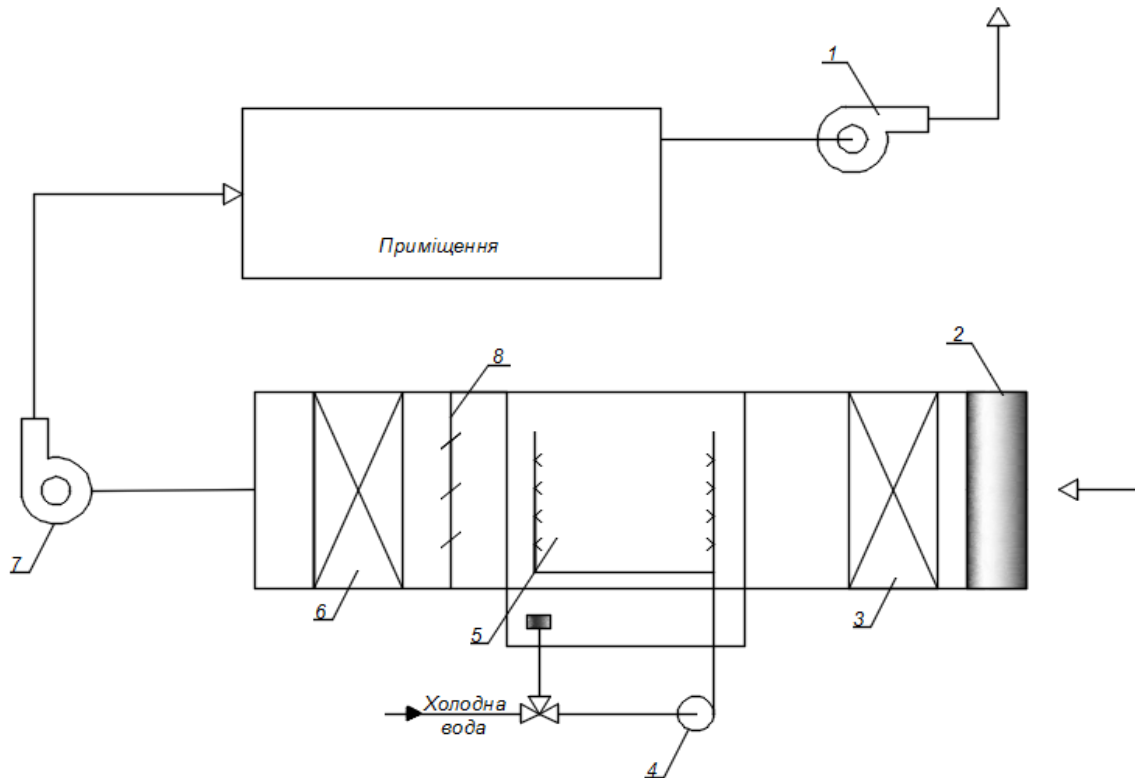


Рисунок 1.1 – Технологічна схема прямооточної системи вентиляції повітря:

1 – витяжний вентилятор; 2 – фільтр; 3 – трубчастий електронагрівач 1-го підігріву або охолоджувач; 4 – насос; 5 – камера зволоження; 6 – трубчастий електронагрівач 2-го підігріву; 7 – припливний вентилятор; 8 – жалюзійний сепаратор.

На технологічній схемі зображено процес вентиляції повітря. Свіже повітря надходить через повітряний клапан. Потрапляючи через заслінку, свіже повітря проходить через фільтр 2, де воно очищується від пилу та шкідливих компонентів. Після чого, свіже повітря нагрівається чи охолоджується 3 в залежності від заданого значення температури у приміщенні. Наступним етапом після 1-го підігріву свіже повітря зволожується. При взаємодії повітря з краплинами води, повітря охолоджується і зволожується, набуваючи в кінці зрошувальної камери 5 заданий вологовміст. Підтримка температури

										Арк.
										14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТА-91404.0012.001.АТХ.П					

здійснюється за датчиками, встановленими в приміщенні, що обслуговується. Вологість можна регулювати двома способами – за вологістю повітря в приміщенні або за температурою точки роси повітря після камери зрошення. При регулюванні вологості за температурою точки роси в процес підготовки повітря встановлюють два нагрівачі - 1-го підігріву та 2-го підігріву. Датчик вологості, встановлений після камери зрошення, допомагає налаштувати потужність першого повітрянагрівача так, щоб температура повітря після процесу зволоження стабілізувалася в області точки роси. Повітрянагрівач 2-го підігріву 6, розташований після камери зрошення, доводить до необхідної температури припливне повітря. Рух підготовленого повітря до приміщення здійснюється вентилятором 7. Відпрацьоване повітря за допомогою вентилятора 1 потрапляє у вентиляційні канали, де відводиться через повітряний клапан назовні.

Кількісні характеристики параметрів прямої системи вентиляції

Таблиця 1.1 Кількісні параметри об'єкта управління

№	Назва параметру	Діапазон зміни	Номінальне значення
1	Кратність повітрообміну	1...2 м ³ /год	1 м ³ /год
2	Температура повітря зовні	-20...30 °С	18 °С
3	Температура відпрацьованого повітря	20...25 °С	23 °С
4	Температура повітря після 1-го підігріву	16...28 °С	25 °С
5	Температура повітря після охолодження	18...22 °С	20 °С
6	Вологість повітря	30...60 %	40 %
7	Температура повітря після 2-го підігріву	20...28 °С	25 °С
8	Тиск повітря через фільтр	50...500 Па	250 Па
9	Тиск повітря через вентилятор	50...500 Па	250 Па

Прямочна система вентиляції може працювати у різних режимах в залежності від потреб користувачів та зовнішніх умов.

Режими роботи прямої системи вентиляції повітря:

1. В режимі обігріву, свіже повітря проходить через теплообмінник, де

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Система з рекуперацією працює за принципом повітропостачання та відведення повітря з приміщення з використанням теплообмінника, який дозволяє відновлювати значну частину теплової енергії, яка віддається при відведенні витрат повітря. У системі вентиляції з рекуперацією, повітря, яке відводиться з приміщення, проходить через теплообмінник, де відбувається теплообмін з протилежним потоком чистого повітря, яке подається в приміщення. Під час теплообміну віддається значна частина теплової енергії, яка зберігається в чистому повітрі, що подається в приміщення. Таким чином, система забезпечує ефективну рекуперацію тепла, що дозволяє зменшити витрати на опалення приміщення.

Основними перевагами систем вентиляції з рекуперацією є:

- зменшення витрат на опалення та кондиціонування повітря;
- забезпечення постійного свіжого повітря в приміщенні;
- підвищення ефективності систем опалення та кондиціонування повітря.

Недоліки системи вентиляції з рекуперацією тепла є:

- високі витрати на монтаж та установку;
- потребують регулярного технічного обслуговування та очистки;
- вразливість до забруднення повітря зовнішнього середовища.

Система вентиляції з рециркуляцією є одним з видів систем вентиляції, яка дозволяє використовувати повітря з внутрішнього приміщення для подальшого циркулювання у системі, замість того, щоб відводити його на зовнішню сторону та підкачувати свіже повітря. Така система є економічною, оскільки дозволяє заощадити на опаленні та електроенергії, яке використовує для роботи.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- Стають менш ефективними у забезпеченні достатнього рівня свіжості повітря, коли у приміщенні перебуває значна кількість різних запахів;
- Під час збільшення кількості людей у приміщенні знижується ефективність рециркуляції повітря.

Стандарт ISA-95 описує ієрархію інтегрованої автоматизованої системи управління виробництвом, що складається з п'яти рівнів: рівень бізнесу (L4), рівень управління (L3), рівень супервізорної автоматизації (L2), рівень контролерної автоматизації (L1) та рівень локальної автоматики (L0). Автоматизована система управління вентиляцією розміщена на рівні L2.

На рівні локальної автоматики знаходяться вимірювальні прилади, для вентиляції це датчики вологості, температури, перепаду тиску, концентрації CO₂. Вони використовуються для вимірювання параметрів повітря. Крім вимірювальних приладів, на цьому рівні також встановлюється виконавча апаратура - електронагрівачі, клапани, вентилятори, насоси, які забезпечують підігрів та надходження повітря до приміщення. Задачі управління на цьому рівні полягають у забезпеченні точних вимірювань параметрів повітря, а також управлінні виконавчими пристроями. Особи, що приймають рішення на цьому рівні, зазвичай є інженери. Вони відповідають за контроль і налагодження роботи виконавчих пристроїв, підключення датчиків. Терміни управління на рівні L0 – реальний час. Для рівня локальної автоматики важливими показниками КПЕ вважається стабільність роботи приладів без відмов і збоїв, швидкість реагування на вхідні сигнали або зміни у технологічних процесах.

На рівні контролерної автоматизації ПТК встановлений контролер, який забезпечує контроль за роботою виконавчих пристроїв на локальному рівні, а також здійснює обробку даних, отриманих від давачів. Задачі управління на цьому рівні полягають у забезпеченні правильної роботи виконавчих пристроїв та обробці даних для визначення потреби в регулюванні. Персонал,

						ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			19

який відповідає за цей рівень, складається з інженерів з автоматизації, технологів. Вони забезпечують обслуговування та підтримку системи вентиляції. Терміни управління на контролерному рівні складає реальний час. Для контролерного рівня ключовими показниками ефективності є швидкість обробки сигналів, точність керування, завадостійкість, масштабованість та надійність контролерів.

На рівні супервізорної автоматизації розташована система збору і обробки даних. Задачею рівня супервізорної автоматизації є моніторинг та аналіз даних про роботу системи вентиляції. Збір, обробка та відображення даних з датчиків, контролерів та інших пристроїв здійснюється в реальному часі. На основі аналізу зібраних даних система може автоматично виконувати різноманітні завдання. Крім цього, керування різними механізмами в системі вентиляції може виконуватись віддалено. Особи, які приймають рішення на рівні супервізорної автоматизації, зазвичай складаються з технологів та операторів з автоматизації. Вони відповідають за розробку та впровадження стратегії управління системою вентиляції, займаються моніторингом та аналізом даних про роботу системи, розробкою та підтримкою алгоритмів управління, прийняттям рішень. Терміни управління на рівні L2 складаються із зміни. Ключовими показниками ефективності управління на рівні контролерної автоматизації є мінімізація собівартості продукції.

Дворівнева структура АСУТП є більш простою та ефективною в реалізації для невеликих об'єктів автоматизації.

Дворівнева структура є оптимальним вибором з багатьох причин. По-перше, вона передбачає наявність двох рівнів автоматизації: контролерного та супервізорного. На контролерному рівні розташовані датчики, пристрої збору і передачі даних, а також виконавчі механізми, що забезпечують функціонування окремих пристроїв прямої СКВ. На супервізорному рівні розташована система управління, що забезпечує централізоване управлін-

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

ня і контроль над системою. По-друге, дворівнева структура АСУТП забезпечує максимальну ефективність управління прямою СКВ. Контролерний рівень забезпечує швидке реагування на зміну параметрів і забезпечує правильну роботу окремих вузлів системи. Супервізорний рівень забезпечує централізоване керування всією системою і забезпечує можливість швидкої реакції на зміни в умовах роботи. По-третє, така структура забезпечує більш високу надійність прямої СКВ. Контролерний рівень забезпечує автоматичний перехід на резервний режим роботи в разі виникнення аварійної ситуації, що дозволяє уникнути перерви в роботі системи і забезпечити постійне забезпечення вентиляції.

Трирівнева структура ПТКЗА передбачає використання трьох рівнів автоматизації. Така структура є більш складною та дорожчою в розробці та експлуатації, але дозволяє отримати більш точне управління і забезпечити високу надійність СКВ.

Перший рівень ПТКЗА включає в себе переробку вхідних сигналів і формування сигналів для подальшої обробки на наступному рівні. Другий рівень ПТКЗА складається з обчислювальних блоків, які виконують логічні операції та математичні обчислення над даними, отриманими на першому рівні. Цей рівень є ключовим для забезпечення роботи автоматизованої системи і дозволяє забезпечити високу швидкість обробки даних та точність управління технологічним процесом. Третій рівень забезпечує централізований контроль за роботою всіх рівнів ПТКЗА. На ньому розташована система диспетчеризації, яка відповідає за управління та моніторинг усім процесом. На основі зібраних даних проводиться аналітика, яка допомагає прийняти рішення щодо технологічного процесу.

1.3 Технологічні параметри АСУТП ТОУ

Режимні параметри:

- Температура повітря в приміщені.

Захисні параметри:

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- Перепад тиску у припливному фільтрі;
- Перепад тиску у припливному вентиляторі;
- Перепад тиску у витяжному фільтрі;
- Перепад тиску у витяжному вентиляторі.

Контрольні параметри:

- Температура зовнішнього повітря;
- Вологість повітря на виході зі зволожувача;
- Температура повітря на виході зі зволожувача;
- Температура припливного повітря;
- Температура повітря на виході з повітронагрівача першого підігріву;
- Температура повітря на виході з повітронагрівача другого підігріву.

1.4 Функції АСУТП

Управляючі функції:

- Стабілізація температури повітря у приміщенні шляхом зміни потужності у трубчастому електронагрівачі.

Захисні функції:

- Захист припливного і витяжного фільтру від перепаду тиску;
- Захист припливного і витяжного вентилятора від перепаду тиску.

Інформаційні функції:

- Вимірювання температури повітря в приміщенні;
- Вимірювання температури повітря на виході з охолоджувача;
- Вимірювання перепаду тиску у припливному фільтрі;
- Вимірювання перепаду тиску у припливному вентиляторі;
- Вимірювання перепаду тиску у витяжному фільтрі;
- Вимірювання перепаду тиску у витяжному вентиляторі;
- Вимірювання температури зовнішнього повітря;
- Вимірювання вологості повітря на виході зі зволожувача;

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- Вимірювання температури припливного повітря;
- Вимірювання температури повітря на виході з повітронагрівача першого підігріву;
- Вимірювання температури повітря на виході з повітронагрівача другого підігріву.

1.5 Схема автоматизації функціональна

У підрозділі 3.1 ПЗ ДПБ зображено схему автоматизації прямої СКВ. Як видно зі схеми 3.1, технологічна частина системи вентиляції складається з припливної та витяжної заслінки, фільтрів, трубчастих електронагрівачів, охолоджувача повітря, припливного та витяжного вентилятора та камери зрошення. Крім основного обладнання, система вентиляції має вимірювальні та виконавчі прилади, які допомагають у процесі обробки повітря.

Для вимірювання параметрів повітря, що надходить у складське приміщення, використовуються датчики температури та вологості. У цій системі вентиляції використовується п'ять датчиків температури та один датчик для вологості.

Датчик температури 1а встановлений зовні. Він вимірює температуру повітря, яка надходить у систему вентиляції. Датчик зовнішнього повітря встановлюється з холодного боку складу і має такі ж умови впливу сонячних променів і температури, як і інші датчики, які розташовані в каналах системи вентиляції. Діапазон температури змінюється у межах $-10...+30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Датчики температури 7а та 9а встановлені у вентиляційні канали після електронагрівачів Н1 і Н2. Вони входять до складу контурів регулювання. Ці датчики призначені для вимірювання температури повітря, яке вже пройшло через електронагрівачі. Вони фіксують температуру нагрітого повітря і передають її до контролера. Контролер отримує інформацію, звіряє з уставкою та приймає відповідне рішення, залежно від заданої температури змінюється потужність трубчастих електронагрівачів. Температури змінюються у межах $18... 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $20... 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

										Арк.
										23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТА-91404.0012.001.АТХ.П					

Канальний датчик температури 4а встановлено у витяжній частині системи вентиляції. Він вимірює температуру відпрацьованого повітря, яка надходить у витяжні канали. Діапазон температури змінюється у межах 20...26 °С.

Датчик температури 8а встановлено у вентиляцій канал після охолоджувача. Він використовується для вимірювання температури охолодженого повітря. Температура повітря змінюється у межах 17...20 °С.

Датчик перепаду тиску 2а,3а,5а,6а встановлено на фільтрах та вентиляторах. Він вимірює різницю тиску перед фільтром, вентилятором та після них. У разі виявлення небезпечних умов, сигналізує про заблоковані або забруднені фільтри, проблеми з роботою вентиляторів. Тиск змінюється у межах 0.5...5 мбар.

Для керування припливно-витяжними заслінками 146,156, використовується електропривід. Електропривід встановлено на корпус заслінки, таке розташування забезпечує найбільш точне і пряме керування рухом заслінки, оскільки виконавчий механізм впливає безпосередньо на її механізм руху. Управління електроприводом здійснюється аналоговим сигналом 0-10 В.

Процес підігріву свіжого повітря здійснюється за допомогою трубчастих електронагрівачів. Для плавного та ефективного управління нагрівачами 76, 96 використовується тиристорний регулятор напруги. Керування здійснюється аналоговим сигналом 0-10 В. Регулювання потужності здійснюється завдяки відкриванню та закриванню тиристорів відповідно до сигналу керування. Такий підхід дозволяє запобігти надмірному нагріванню або перегріву нагрівача та забезпечити оптимальне використання енергії.

Керування системою вентиляції забезпечує контролер Modicon M171 Optimized. Це сучасний програмований логічний контролер, розроблений компанією Schneider Electric. Він входить до сімейства контролерів серії Modicon, які використовуються для автоматизації та керування різними процесами в промисловості, будівництві, енергетиці, системах

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

водопостачання та вентиляції. Modicon M171 пропонує широкий спектр функціональності та можливостей. Він має потужний процесор, вбудовану пам'ять для програм та даних.

Даний тип ПЛК має два типи живлення 100-240 В та 12-24 В змінного струму, або 24 В постійного струму. M171 Optimized має 22 вбудованих аналогових, дискретних входів-виходів. Для взаємодії з іншими приладами, ПЛК обладнаний портами зв'язку RS 485 і LAN.

Для дискретних сигналів виділено 6 входи та 6 виходи. Дискретні входи мають силу струму до 5 мА та з відкритим колектором. Дискретні виходи поділяються на 3 виходи для реле з силою струму 2 А і напруга 230 В змінного струму з одним загальним проводом, 1 вихід для SPDT з силою струму 2 А і напруга 230 В змінного струму з незалежними спільними проводами.

Для аналогових сигналів виділено 5 входів та 5 виходів. Аналогові входи у свою чергу поділяються на 3 входи для NTC, дискретних входів, 2 входи для NTC, 0-20 мА, 4-20 мА, 0-10 В, 0-5 В, 0-1 В. Аналогові виходи поділяються на 2 виходи з відкритим колектором для ФІМ/ШІМ 12 В, 3 виходи для 0-10 В.

Дана модель контролера має можливість підключити додатково модуль розширення у разі нестачі входів-виходів. ПЛК M171 має вбудований дисплей. Графічне відображення підключається за допомогою шини LAN. Контролер разом з модулем розширення встановлюється на 35 мм DIN-рейку.

Modicon M171 використовує програмне забезпечення EcoStruxure Machine Expert – HVAC, яке відповідає стандарту MEK 61131-3. Його можна використовувати для розробки систем вентиляції, опалення, безпеки. ПЗ підтримує 5 мов програмування стандарту MEK 61131-3.

ПЛК встановлено у спеціальному приміщенні з обмеженим доступом, щоб запобігти фізичному пошкодженню, забрудненню або несанкціонованому доступу. Монтаж ПЛК здійснено поруч із операторською панеллю, щоб мати зручний доступ до ПЛК для обслуговування, налаштування та моніторингу. Додатково контролер повинен бути захищений від впливу шкідливих факторів

										Арк.
										25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТА-91404.0012.001.АТХ.П

навколишнього середовища, таких як пил, волога, вібрація або електромагнітні перешкоди, тому ПЛК встановлено у щит автоматизації, який забезпечує надійний захист. Для уникнення перерв у роботі системи вентиляції, поряд з контролером у щиті автоматизації розташоване резервне джерело живлення.

Робоча станція SCADA-системи розташована у пункті керування, звідки оператори можуть ефективно керувати та моніторити систему. Крім цього, таке розташування дозволяє операторам з легкістю спостерігати за усіма процесами та управляти елементами SCADA зі своїх робочих місць. Станція SCADA повинна мати доступ до стабільного електропостачання та інфраструктури зв'язку, щоб передавати дані між SCADA та контрольованими пристроями. Важливо враховувати наявність резервних джерел енергії та можливість встановлення надійного зв'язку.

1.6 Схема структурна програмно-технічного комплексу

Для обміну даними між PLC та сервером використовується польова шина з інтерфейсом Ethernet та протоколом Modbus RTU. Обмін інформацією між сервером, IPCT та операторською станцією здійснюється по інформаційній магістралі з інтерфейсом RS 485 та протоколом Modbus RTU.

Вимірювальна апаратура (ВМА) призначена для вимірювання температури, вологості, тиску в системі вентиляції. Вона складається з давачів, які вимірюють фізичні параметри, і перетворюють їх в електричні сигнали. Перетворені сигнали надходять з вимірювальної апаратури до ПЛК.

Виконавча апаратура (ВКА) відповідає за виконання команд, які передаються з ПЛК. Основне призначення виконавчої апаратури є забезпечення автоматичного керування повітряними клапанами, положенням клапанів теплоносія, що вимагають дії на об'єкті. Взаємодія виконавчої апаратури з контролером здійснюється за допомогою цифрових або аналогових сигналів.

ПЛК забезпечує автоматизоване керування процесом з використанням про

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

грамних алгоритмів. Вони працюють на основі написаної програми, що передається в ПЛК і зберігається у внутрішній пам'яті. ПЛК взаємодіють з вимірювальною апаратурою та виконавчою апаратурою. Сенсори відповідають за збір даних про стан процесу. Ці дані передаються до ПЛК, де згідно з написаною програмою проводяться розрахунки і приймаються рішення. Після цього ПЛК передає команди виконавчій апаратурі, яка забезпечує реалізацію цих рішень.

SCADA виконує контроль за роботою технологічного процесу, збору та аналізу даних. Збір інформації про технологічні процеси на об'єкті автоматизації вбудовані в ПЛК. ПЛК обмінюється даними з сервером по протоколу Modbus. Сервер відповідає за збереження, обробку та аналіз даних, які надходять від об'єктів автоматизації.

IPCT використовується для моніторингу та керування процесами в реальному часі. Вона надає інженерам і операторам зручний інтерфейс, за допомогою якого вони можуть отримувати інформацію про роботу обладнання та процесів, контролювати параметри процесів, керувати різними пристроями та устаткуванням. IPCT взаємодіє з сервером, щоб управляти процесами та отримувати інформацію про поточний стан об'єкта.

Клієнтська робоча станція використовується для забезпечення доступу користувачів до інформаційних ресурсів системи та управління технологічним процесом. Взаємодія клієнтської робочої станції з АСУТП зазвичай відбувається через мережу Інтернет або локальну мережу.

Промислова мережа застосовуються у виробничому середовищі для збору, передачі та обробки даних з різних датчиків та приладів, що дозволяє виконувати різні задачі, такі як контроль та керування процесами, моніторинг умов роботи технологічного обладнання, збір та аналіз даних для управління процесом виробництва. Мережа характеризується інтерфейсом і протоколом.

Інтерфейс, який використовується для системи вентиляції - Ethernet.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Протокол, який застосовується для системи вентиляції - Modbus RTU. Інтерфейс Ethernet дозволяє передавати дані зі швидкістю до 50 Мбіт/с і забезпечує надійну та швидку передачу даних в мережі. Основні переваги інтерфейсу Ethernet полягають у його високій швидкості передачі даних, відносно низькій вартості та можливості використовувати різні типи кабелю для підключення пристроїв. Особливість Modbus RTU полягає в тому, що він дозволяє передавати дані дуже швидко, що робить його ідеальним для застосування в системах з великою кількістю пристроїв і швидкісними вимогами. Також він має просту структуру, що робить його легко зрозумілим і налагоджуваним. Modbus RTU є широко використовуваним протоколом у промисловості і є стандартом у багатьох виробниках обладнання.

1.7 Перелік і аналіз джерел техніко-економічної ефективності АТК ТОУ

Джерела техніко-економічної ефективності для управляючих функцій АСУТП:

- Покращення якості повітря.

Джерела техніко-економічної ефективності для захисних функцій АСУТП:

- Уникнення непередбачуваних ситуацій, що можуть призвести до зниження якості фільтрації повітря;
- Сигналізація про стан вентиляторів дозволяє виявляти проблеми і усувати їх перш, ніж вони стануть критичними.

Джерела техніко-економічної ефективності для інформаційних функцій АСУТП:

- Збільшення продуктивності та ефективності виробничих процесів завдяки моніторингу та аналізу даних про роботу системи вентиляції;
- Зменшення часу на реакцію на аварійні ситуації та зниження часу відновлення роботи системи після збоїв або відключень;

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- Зниження витрат на обслуговування та ремонт системи шляхом моніторингу технічного стану обладнання та прогнозування часу його відмови, що дозволяє здійснювати запобіжний ремонт та уникнути необхідності в проведенні дорогих ремонтних робіт;
- Зменшення витрати на енергопостачання, зокрема за рахунок оптимізації режимів роботи, підвищення ефективності обладнання, раціонального розташування датчиків і клапанів;
- Покращення умов праці для співробітників.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК САР

2.1 Інженерний розрахунок вимірювальних каналів САР

2.1.1 Перелік вимірювальних каналів

Перелік ВК ІВС АСУТП прямої СКВ:

- ВК температури зовнішнього повітря;
- ВК температури відпрацьованого повітря;
- ВК температури повітря після нагрівача 1-го підігріву;
- ВК температури повітря після нагрівача 2-го підігріву;
- ВК температури охолодженого повітря;
- ВК перепаду тиску у припливному фільтрі;
- ВК перепаду тиску у припливному вентиляторі;
- ВК перепаду тиску у витяжному фільтрі;
- ВК перепаду тиску у витяжному вентиляторі;
- ВК вологості повітря у камері зволоження.

2.1.2 Схеми структурні вимірювальних каналів

ВК тиску:

Інформаційно вимірювальна система тиску складається з давача та контролера. У якості давача диференціальний датчик тиску, SPD 360, з вихідним сигналом 0-10 В.

Одиниці вимірювання тиску: Паскаль (Па).

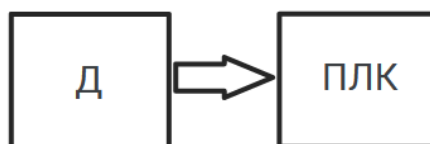


Рисунок 2.1 – Структурна схема ВК ІВС тиску

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Вхідні і вихідні сигнали давача і контролера ВК ІВС тиску:

- Вхідний сигнал датчика: тиск, Па
- Вихідний сигнал датчика: уніфікований сигнал напруги, 0-10 В
- Вхідний сигнал ПЛК : уніфікований сигнал напруги, 0-10 В

Диференціальний датчик тиску Schneider Electric SPD 360 призначений для вимірювання різниці тиску між двома точками в системі. Він здатен виявляти навіть невеликі зміни тиску і перетворювати їх у вимірювальний сигнал. Диференціальний датчик застосовуються в різних галузях і системах, включаючи опалення, вентиляцію, кондиціонування повітря, системи контролю тиску. Датчик забезпечує точне і надійне вимірювання різниці тиску, що дозволяє забезпечити ефективну роботу системи та знизити витрати енергії.

Прилад має діапазон вимірювань від 50 до 500 Па, встановлюють на вентиляторах, фільтрах, повітропроводах, клас точності 0.1, вихідний сигнал 0-10 В.

ВК вологості:

Інформаційно вимірювальна система вологості складається з давача та контролера. У якості давача візьмемо каналний датчик вологості, SHD 100, з уніфікованим вихідним сигналом 0-20 мА.

Одиниці вимірювання вологості: %

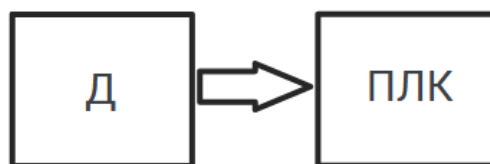


Рисунок 2.2 – Структурна схема ВК ІВС вологості

Вхідні і вихідні сигнали давача і контролера ВК ІВС вологості:

- Вхідний сигнал датчика: вологість, %
- Вихідний сигнал датчика: уніфікований струмовий сигнал, 0-20 мА

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- Вхідний сигнал ПЛК : уніфікований струмовий сигнал, 0-20 мА

Датчик вологості Schneider Electric SHD 100 призначений для забезпечення точного і надійного вимірювання вологості в повітрі з метою контролю і оптимізації умов в приміщенні. Використовується у системах кондиціонування повітря, вентиляції, управління кліматом та автоматизації будівель. Він здатен вимірювати вологість у відсотках, що дозволяє визначати оптимальний рівень вологості в приміщенні залежно від потреб користувача.

Прилад має діапазон вимірювань від 0 до 95 % , точність становить $\pm 2\%$, вихідний сигнал уніфікований 0-20 мА, встановлюється всередині повітровою.

ВК температури:

Інформаційно вимірювальна система температури складається з датчика, контролера. У якості датчиків візьмемо термоперетворювачі опору, LF20 та ESMT.

Одиниці вимірювання температури: градуси Цельсія ($^{\circ}\text{C}$).

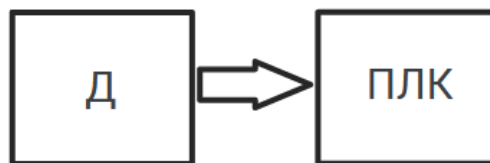


Рисунок 2.3 – Структурна схема ВК ІВС температури
Вхідні і вихідні сигнали датчика і приладів ВК ІВС температури.

- Вхідний сигнал датчика: температура, градуси Цельсія ($^{\circ}\text{C}$)
- Вихідний сигнал датчика: вихідний аналоговий сигнал.
- Вхідний сигнал ПЛК : вхідний аналоговий сигнал.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Датчики температури Honeywell LF20 та Danfoss ESMT використовуються в системах кондиціонування та вентиляції повітря. Honeywell LF20 може вимірювати витяжне, припливне повітря. Danfoss ESMT вимірює температуру повітря на вулиці. Вони зазвичай мають стандартний вихідний сигнал, яким може бути зміна опору. Датчики мають компактний розмір і прості в установці, що робить їх зручними для використання у різних системах.

Прилади мають діапазони вимірювань від -20 до 100 °С та від -50 до 50 °С, клас точності становить 0.2, встановлюється всередині повітровою, кріпиться зовні приміщення.

2.1.3 Особливості електричних підключень датчиків вимірювальних каналів

Підключення уніфікованих вихідних сигналів датчиків за напругою і струмом вимагає деяких особливостей, щоб забезпечити правильну передачу сигналу і надійну роботу системи вимірювання. Основною метою підключення є забезпечення точного передавання вихідного сигналу датчика до ПЛК.

Датчики за напругою можуть мати аналогові вихідні сигнали у вигляді напруги, такі як 0-10 В. Датчики за струмом можуть мати аналогові вихідні сигнали у вигляді струму, наприклад, 0-20 мА. При підключенні необхідно забезпечити відповідність типу сигналу датчика вхідним можливостям приймача.

При підключенні датчика за напругою до вхідного пристрою, такого як аналоговий вхід ПЛК, необхідно враховувати значення опору навантаження. Деякі датчики вимагають підключення зовнішнього резистора навантаження для стабілізації вихідного сигналу. Крім того, при підключенні датчика за струмом слід враховувати опір навантаження.

Датчики температури з уніфікованими сигналами підключаються за допомогою спеціальних схем підключення.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

сигналу вимірювання. У цій схемі два провідники використовуються для живлення датчика, а два інших провідника використовуються для передачі сигналу вимірювання. Схема підключення з уніфікованим сигналом забезпечує більшу стійкість до шумів та інтерференції, оскільки сигнал передається через окремі провідники.

Трипровідна схема підключення аналогового датчика уніфікованого сигналу передбачає використання трьох провідників для передачі сигналу вимірювання. У такій схемі окремий провідник використовується для живлення датчика, інший провідник використовується для передачі сигналу вимірювання, а третій провідник забезпечує заземлення системи. Основна перевага трипровідної схеми полягає в тому, що вона дозволяє компенсувати вплив опору проводів на точність вимірювання.

2.1.4 Монтаж технічних засобів вимірювальних каналів

Засоби автоматизації, що встановлюються безпосередньо на об'єкті управління, повинні встановлюватися відповідно до креслень проекту автоматизації. Перед встановленням датчики повинні бути звірені зі специфікацією та схемою.

Установка датчиків зовнішнього повітря вимагає врахування певних вимог для забезпечення надійності та точності вимірювань. Основні вимоги до установки датчиків зовнішнього повітря включають:

- конструкція корпусу датчика повинна надійно захищати сам датчик від прямих сонячних променів, мінімізуючи їх вплив на його роботу;
- для забезпечення точності вимірювань необхідно уникати установки датчиків у нішах, стінах, над вікнами або близько до витяжних повітроводів, оскільки це може викривити результати через вплив потоків теплого повітря;
- оптимальним розташуванням датчиків зовнішнього повітря є їхнє розташування на найхолоднішому фасаді будівлі;

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для запобігання спотворення показань і можливого виходу з ладу датчика, необхідно гарантувати повну герметичність місця прокладання електропроводки до нього, уникаючи потрапляння вологи у внутрішній простір датчика.

У повітроводах вентиляційних каналів встановлюються наступні датчики: перепаду тиску на фільтрах та вентиляторах, температури та вологості повітря у повітроводі.

Після встановлення всіх секцій вентиляційного клапана можна приступати до монтажу приладів. Зазвичай, для кріплення чутливих елементів датчиків до стін секцій або повітропроводу використовуються фланцеві з'єднання згідно зі специфікаціями монтажу, наведеними в інструкціях. Для закріплення вторинних перетворювачів датчиків можна використовувати як корпуси секцій вентиляційного каналу, так і окремі щити.

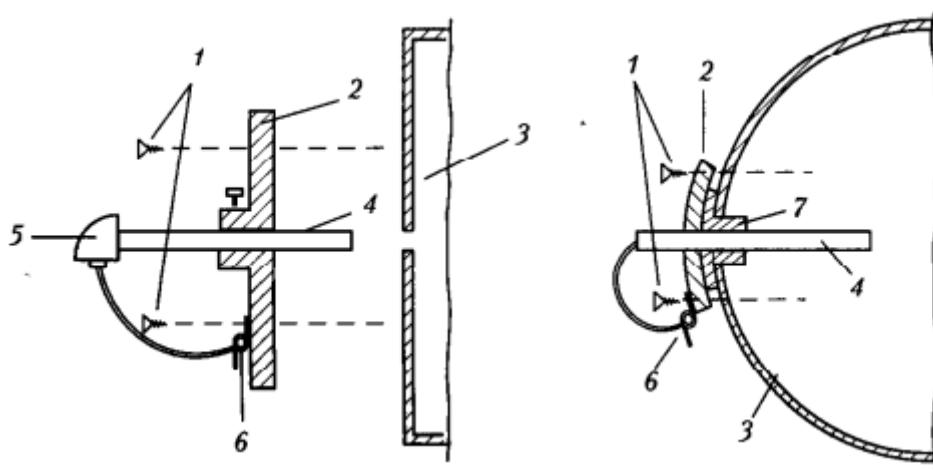


Рисунок 2.5 – Кріплення чутливого елемента датчика: а – прямокутний повітропровід; б – круглий повітропровід; 1 – саморізи; 2 – фланець; 3 – корпус повітропроводу; 4 – чутливий елемент; 5 – вторинний перетворювач; 6 – кабельний тримач; 7 – ущільнювач;

На рисунку 2.5 зображено приклади кріплення чутливих елементів каналних датчиків. Монтаж виконується наступним чином:

1. У секції вентиляційного каналу вибирається місце для встановлення, що забезпечує працездатність датчика.

2. У повітроводі (3) свердлиться отвір, що збігається з діаметром чутливого елемента і в який вставляється ущільнювач (7) і чутливий елемент (4).
3. За допомогою фланця (2), проводиться розмітка місць прикріплення для подальшого монтажу.
4. Датчик кріпиться до повітропроводу за допомогою гвинтів-саморізів (1).
5. Поряд з одним із гвинтів (1) може бути розміщений спеціальний кабельний затискач (6), що використовується для надійного кріплення електричних проводів.

2.1.5 Захист технічних засобів вимірювальних каналів від перешкод

Однією з ключових задач в проектуванні систем автоматизованого управління та контролю технологічних процесів (АСУТП) є захист вимірювальної апаратури від електромагнітних наведень. Електромагнітні перешкоди можуть спотворювати сигнали, спричиняти помилки в вимірюваннях та негативно впливати на надійність і працездатність системи.

Для забезпечення надійності та стійкості вимірювальної апаратури від електромагнітних наведень застосовуються такі типові способи захисту як заземлення та екранізація.

Використання захисного екранування сприяє зниженню негативного впливу паразитних ємнісних і індуктивних зв'язків. Екрани можуть бути виготовлені з металу або спеціальних матеріалів, що мають високу екранізаційну ефективність. Екранізація дозволяє відбивати або поглинати електромагнітні хвилі, запобігаючи їх проникненню до вимірювального пристрою.

Заземлення є важливим аспектом захисту вимірювальної апаратури від електромагнітних наведень. Його основна мета полягає в створенні електричного шляху для відведення статичної та електромагнітної енергії в землю. Заземлення допомагає усунути накопичення електростатичного заряду та забезпечує нормальну роботу вимірювальних пристроїв у заземленій системі.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Для підключення щита автоматизації використовується силовий кабель типу ВВГ 3х1.5. Цей кабель призначений для передачі електричної потужності від джерела живлення до електричних пристроїв. Для підключення вимірювальної та виконавчої апаратури використовується кабель контрольний типу КВВГ 3х0.75. Цей кабель використовується для забезпечення зв'язку та передачі сигналів між різними компонентами системи. Його застосовують в пожежонебезпечних приміщеннях, каналах, в умовах агресивного середовища при відсутності механічних впливів на кабель.

При підключенні щита автоматизації, вимірювального та виконавчого обладнання використовують відкриту електропроводку. Прокладання відкритої електропроводки здійснюється по поверхням стін, вздовж опор і інших структурних елементів будинку. Основна перевага відкритої електропроводки - простота монтажу і зручний доступ до кабелів для інсталяції, обслуговування та ремонту.

Кабелі прокладають у лотках, гнучких металевих рукавах, коробах, електротехнічних плінтусах. Прокладання в коробах, лотках, рукавах дозволяє істотно прискорити монтажні роботи і добре захищає кабелі від механічних пошкоджень.

Внутрішня фільтрація сигналів дає можливість покращити якість і точність обробки сигналів.

Доцільність внутрішньої фільтрації сигналів полягає у забезпеченні надійності та стабільності роботи системи, а також у покращенні якості отримуваних даних. Вона допомагає виключити або знизити вплив шумів, електромагнітних перешкод, артефактів і спотворень на сигнали, що вводяться в ПЛК, тим самим забезпечуючи більш точні результати обробки.

Способи внутрішньої фільтрації сигналів в ПЛК включають програмні фільтри, які застосовуються на рівні програмної логіки контролера. Це може бути реалізовано за допомогою алгоритмів цифрової обробки сигналів, які відфільтровують непотрібні компоненти, такі як шуми або високочастотні

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

спотворення, і залишають сигнали із потрібною інформацією.

Способи внутрішньої фільтрації сигналів включають: низькочастотний, високочастотний, режекторний, статистичний фільтр.

Статистичний фільтр використовуються для покращення якості сигналу шляхом видалення шумів та спотворень. Він ґрунтується на обробці статистичних характеристик сигналу для виявлення і видалення випадкових відхилень, аномалій або непотрібних даних. Основним призначенням статистичного фільтра є зменшення впливу шумів та спотворень на сигнал, зберігаючи при цьому корисну інформацію. Для досягнення цього, фільтр використовує статистичні методи для оцінки характеристик сигналу.

Високочастотний фільтр використовується для обробки сигналів з високими частотами шляхом підсилення або приглушення конкретних діапазонів частот. Його основна мета - відфільтрувати небажані компоненти сигналу, які знаходяться в високочастотному діапазоні, зберігаючи при цьому сигнали нижчих частот.

Низькочастотний фільтр використовується для зменшення амплітуди низькочастотних коливань в сигналі. Його основна мета полягає в фільтрації повільних змін сигналу або постійних складових, які можуть бути несуттєвими для процесу.

Режекторний фільтр приглушує сигнали в певному діапазоні частот, але дозволяє проходити сигналам поза цим діапазоном. Його основна мета фільтра приглушити певну частоту або діапазон частот, які необхідно відфільтрувати, забезпечуючи при цьому нормальний пропуск інших частот.

2.1.6 Схеми структурні надійності вимірювальних каналі

Структурна схема надійності, також відома як блок-схема надійності, є графічним зображенням, що показує взаємозв'язки між компонентами системи та їх вплив на надійність системи в цілому.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

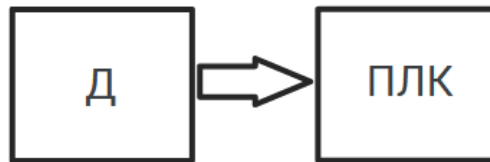


Рисунок 2.6 - Структурна схема надійності для керуючої функції

Структурна схема надійності вимірювального каналу включає всі компоненти, які можуть впливати на надійність вимірювальної системи. Схема складається із: давача та ПЛК.

2.1.7 Метрологічний розрахунок вимірювальних каналів

Точність вимірювання безпосередньо впливає на достовірність інформації, отриманої з вимірювального каналу. Слід дотримуватись певних вимог до точності вимірювання ВК, які включають:

1. Діапазон вимірювання. Точність повинна бути забезпечена в межах усього діапазону вимірювання.
2. Вплив зовнішніх факторів. Потрібно враховувати можливий вплив зовнішніх факторів, таких як температура, вологість, тиск, електромагнітні поля.
3. Стабільність. Здатність вимірювального каналу зберігати однакову точність протягом тривалого періоду часу. Це важливо для забезпечення сталої та надійної роботи системи вимірювання.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Таблиця 2.1 – Елементи ВК

ВК	Елемент ВК	Клас точності	Діапазон вимірювання	Межа допустимої похибки ВК
1	Термоперетворювач опору, LF20	0.2	-20...100 °С	0.316 %
	Контролер, Modicon M171	0.1	-	

Межа основної приведенної похибки давача: $\varepsilon_D = 0.245\%$

Межа основної приведенної похибки контролера: $\varepsilon_{ПЛК} = 0.2\%$

Межа допустимої похибки ВК :

$$\sqrt{\varepsilon_D^2 + \varepsilon_{ПЛК}^2} = \sqrt{0.245^2 + 0.2^2} = 0.316 \%$$

Таблиця 2.2 – Абсолютна похибка кожного елемента ВК

ВК	Елемент ВК	Абсолютна похибка
1	Термоперетворювач опору, LF20	$\Delta = \frac{0.2 \cdot (80 - (-30))}{100} = 0.22 \text{ } ^\circ\text{C}$
	Контролер, Modicon M171	$\Delta = \frac{0.1 \cdot (80 - (-30))}{100} = 0.11 \text{ } ^\circ\text{C}$

Абсолютна похибка ВК:

$$\Delta_{ВК} = \sqrt{(0.22)^2 + (0.11)^2} = 0.246 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Отже, згідно розрахунків умова виконується, абсолютна похибка ВК менше за межу допустимої похибки ВК.

											Арк.
											41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТА-91404.0012.001.АТХ.П						

2.1.8 Розрахунок надійності вимірювальних каналів

Таблиця 2.3 – Значення інтенсивності відмов і середнього часу напрацювання на відмову кожного елемента системи

Назва елемента	T_{cp} , год	λ , 1/год
Термометр опору, LF20	17 500	$5.71 \cdot 10^{-5}$
ПЛК, Modicon M171	40 000	$2.5 \cdot 10^{-5}$

Розрахуємо загальну інтенсивність відмов та середнє напрацювання на відмову.

$$1) \lambda = 5.71 \cdot 10^{-5} + 2.5 \cdot 10^{-5} = 8.21 \cdot 10^{-5}$$

$$2) T_{cp} = 17500 + 40000 = 57500 \text{ год}$$

Задаємося періодом у 1000 год для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи для функції згідно з формулою (2.1).

$$P_{\delta}(\tau) = e^{-\tau/T_{cp}} = e^{-\lambda\tau} \approx 1 - \frac{\tau}{T_{cp}} = 1 - \lambda\tau \quad (2.1)$$

$$1) P_{\delta}(\tau) = 0.982$$

Задаємося середнім часом відновлення працездатності $T_B = 2$ год та допустимим часом функціонування об'єкту при невиконанні керуючої функції $T_{доd} = 4$ год для розрахунку ймовірності відновлення працездатності згідно з формулою (2.2).

$$P_B(\tau) = 1 - e^{-T_{доd}/T_B} \approx \frac{T_{доd}}{T_B} \quad (2.2)$$

$$P_B(\tau) = 0.86$$

Для керуючої функції розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи за 1000 годин з урахуванням відновлення згідно з формулою (2.3).

$$P_c(\tau) = P_{\delta}(\tau) + [1 - P_{\delta}(\tau)] \times P_B(\tau) \\ P_c(\tau) \geq P_{\delta}(\tau) \quad (2.3)$$

$$P_c(\tau) = 0.982 + (1 - 0.982) \cdot 0.86 = 0.99$$

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.9 Функції первинної обробки даних вимірювання в ПЛК

До функцій первинної обробки належать: зчитування, нормалізація, фільтрація, масштабування.

Зчитування сигналів дозволяє ПЛК отримувати вхідні дані, необхідні для контролю та управління системою. Ці сигнали можуть бути аналоговими або цифровими.

Деякі датчики можуть мати нелінійну характеристику, що означає, що залежність вихідного сигналу від вхідного не є прямолінійною. Функція нормалізації дозволяє коригувати вихідні дані датчика, щоб вони відповідали лінійному закону або певній математичній моделі. Це забезпечує більш точні результати вимірювання.

Часто сигнали, які отримуються з датчиків, можуть бути зашумлені або потрапляють під дію електромагнітних перешкод. Фільтрація сигналів в ПЛК дозволяє видалити шуми та забезпечити чистий та стабільний сигнал для подальшої обробки. Це допомагає покращити точність вимірювання та надійність системи.

ПЛК може масштабувати вхідні сигнали для перетворення їх у зручні одиниці вимірювання або діапазони значень. Це дозволяє зручніше працювати зі значеннями сигналів та забезпечує більш точну обробку та порівняння.

2.1.10 Висновок щодо роботоздатності вимірювальних каналів САР

Під час дослідження вимірювального каналу було вивчено структуру каналу, проведено обчислення на точність та надійність.

За допомогою розрахунків було встановлено, що умова точності вимірювального каналу виконується та становить $\Delta_{вк}=0.246$ °С, що менше за допустиму похибку. Також було дотримано умова для надійності ВК, яка становить $P_c(\tau)=0.99$, прилади будуть працювати безвідмовно більшу частину часу. Отже, прилади встановлені у вимірювальному каналі, задовольняють умовам точності, надійності, вони придатні для вимірювання даного технологічного параметра.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

2.2 Інженерний розрахунок регулювально-виконавчих каналів САР

2.2.1 Перелік систем автоматичного регулювання

Перелік САР АТК:

- Одноконтурна САР температури повітря після 1-го підігріву;
- Одноконтурна САР температури повітря після 2-го підігріву.

Для системи вентиляції була вибрана одноконтурна САР. Оскільки така система регулювання є простою у встановленні та експлуатації. Вона не потребує складних налаштувань або складної інфраструктури, що дозволяє її ефективно використовувати. Також ця САР вимірює один параметр – температуру, що дозволяє їй більш точно та швидко регулювати потужність для нагрівача. Одноконтурна САР не має складних компонентів, тому шанс виникнення помилок є малий.

До регульованого параметра належить температура повітря. Залежно від уставки та температури свіжого повітря змінюється потужність нагрівача.

Об'єктом керується в цьому контурі є трубчастий електронагрівач з регулятором потужності. Об'єкт керування із самовирівнюванням, керування здійснюється за допомогою уніфікованого аналогового сигналу.

Управляюча функція АСУТП - стабілізація температури повітря у приміщенні шляхом зміни потужності у трубчастому електронагрівачі.

Регульований параметр – температура повітря, в межах 20...25 °С. Задана те значення температури на складі 22 °С.

2.2.2 Функціональна і структурна схеми САР

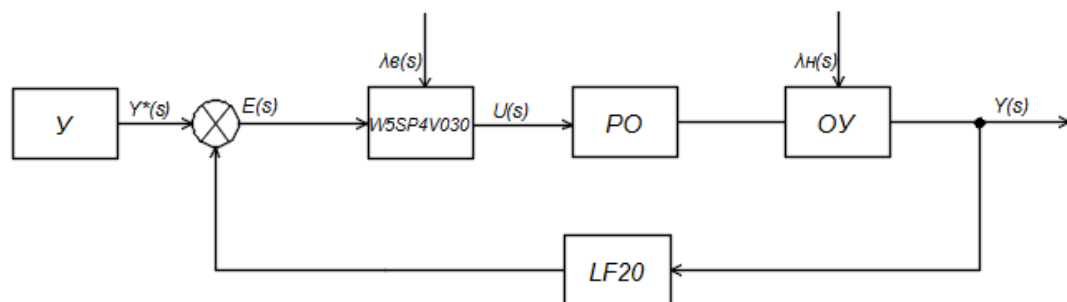


Рисунок 2.7 - Функціональна схема одноконтурної САР

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

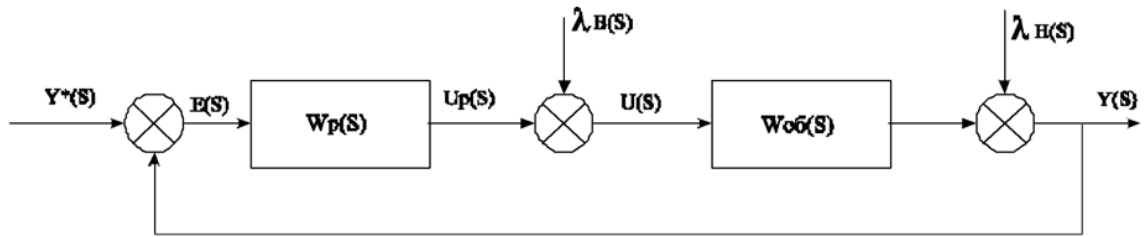


Рисунок 2.8 - Структурна схема одноконтурної САР

Схема структурна містить наступні компоненти:

- $W_{об}(s)$ – передавальна функція ОУ;
- $W_p(s)$ – передавальна функція регулятора;
- $Y^*(s)$ – уставка – температура нагрітого повітря (22 °C);
- $Y(s)$ – поточне значення температури нагрітого повітря;
- $E(s)$ – різниця заданого значення температури і поточного значення;
- $U_p(s)$ – керуюча дія регулятора – зміна потужності електронагрівача;
- $U(s)$ – управляюча дія на ОУ – потужність електронагрівача з урахуванням збурення;
- $\lambda_B(s)$ – збурення зі сторони нагрівача, зміна напруги у мережі;
- $\lambda_H(s)$ – збурення зі сторони навантаження, різка зміна температури свіжого повітря, закриття або відкриття повітряних заслінок.

Збурення виникають з різних причин. Вони пов'язані з взаємодією приладів або з навколишнім середовищем.

Зміна напруги в мережі живлення викликає збурення. Коли напруга знижується або підвищується, це призводить до коливань потужності нагріву або до недостатнього нагрівання.

Неправильне підключення електричних проводів, пошкодження електричних з'єднань також спричиняє збурення в роботі електронагрівача.

На роботу електронагрівача впливають екстремальні умови навколишнього середовища, пил, корозія. Висока вологість призводить до витoku струму або короткого замикання.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

2.2.3 Схема структурна регулювально-виконавчого каналу САР

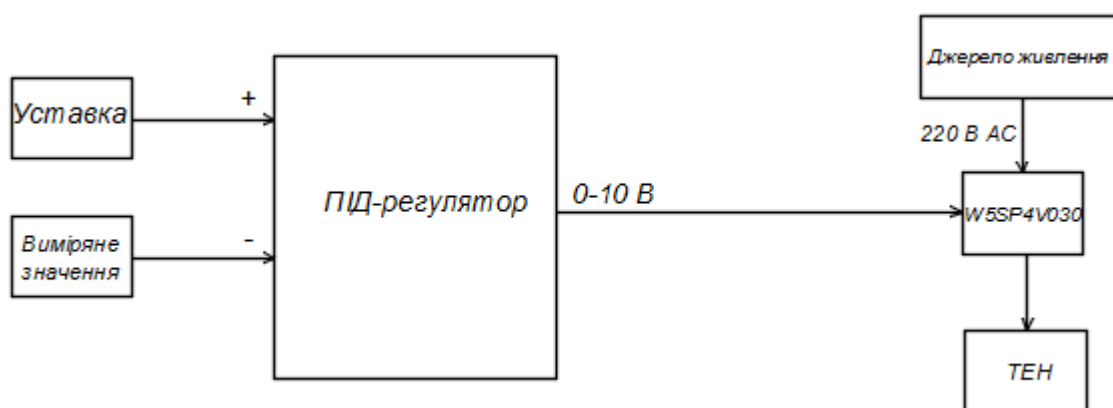


Рисунок 2.9 - Структурна схема регулювально-виконавчого каналу САР

Структура регулювально-виконавчого каналу САР складається з контролера і виконавчого механізму. Плавне регулювання здійснюється завдяки аналогового сигналу 0-10 В. Виконавчим механізмом є регулятор потужності W5SP4V030, регулюючим органом - трубчастий електронагрівач. Виконавчий механізм має ручне керування та автоматичне. Перемикач вибору режиму встановлено на приладі.

Принцип дії трубчатого електронагрівача полягає у перетворенні електричної енергії в теплову енергію за допомогою нагрівального елемента. Зміна потужності нагрівача досягається шляхом зміни напруги або струму, що подається на нагрівальний елемент.

2.2.4 Схема структурна програмно-технічних засобів САР

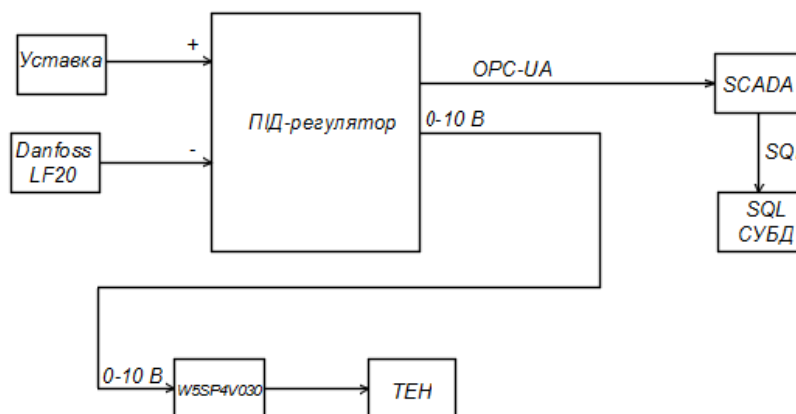


Рисунок 2.10 - Структурна схема програмно-технічних засобів САР

Датчик LF 20 вимірює температуру повітря у повітропроводі. Після, він генерує аналоговий сигнал, який відображає значення температури. Аналоговий сигнал, отриманий від датчика, перетворюються у цифровий сигнал за допомогою АЦП. Цифровий сигнал з АЦП передається ПІД-регулятора, який здійснює обробку даних. Він формує вихідний сигнал для виконавчого механізму, порівнює виміряне значення з заданим. Вихідний сигнал, сформований ПІД-регулятором, передається до виконавчого механізму. Виконавчий механізм перетворює сигнал і корегує роботу регулюючого органу. Інформація про вимірювання, стан регулюючих органів передаються в SCADA-систему. SCADA-система забезпечує візуалізацію даних у зручному форматі та архівує дані. Дані про вимірювання, події архівуються в SQL.

2.2.5 Схема структурна надійності реалізації управляючої функції САР

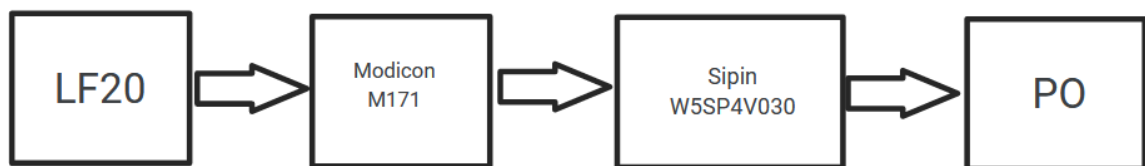


Рисунок 2.11 - Схема структурна надійності реалізації управляючої функції САР

Структурна схема надійності керуючої функції САР складається з чотирьох елементів: каналного датчика температури LF20, ПЛК, виконавчого механізму W5SP4V030 і регулюючого органу.

Датчик вимірює фізичний параметр та формує вимірювальний сигнал. Вимірювальний сигнал перетворюється, лінеаризується та надходить на аналоговий вхід ПЛК. ПЛК аналізує отриманий сигнал і формує сигнал керування у вигляді аналогового сигналу 0-20 мА, який надходить до регулятора потужності. Регулятор розраховує нову потужність для ТЕНу, щоб він зміг підігріти повітря до певної температури.

										Арк.
										47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТА-91404.0012.001.АТХ.П					

2.2.6 Розрахунок надійності реалізації управляючої функції САР

Таблиця 2.4 – Значення інтенсивності відмов і середнього часу напрацювання на відмову кожного елемента системи

Назва елемента	T_{cp} , год	λ , 1/год
Термометр опору, LF20	17 500	$5.71 \cdot 10^{-5}$
ПЛК, Modicon M171	40 000	$2.5 \cdot 10^{-5}$
Регулятор потужності	50 000	$2 \cdot 10^{-5}$
Електронагрівач	10 000	$1 \cdot 10^{-5}$

Розрахуємо загальну інтенсивність відмов та середнє напрацювання на відмову:

$$\lambda = 5.71 \cdot 10^{-5} + 2.5 \cdot 10^{-5} + 2 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-5} = 1.12 \cdot 10^{-4}$$

$$T_{cp} = 17500 + 40000 + 50000 + 10000 = 117500 \text{ год}$$

За допомогою формули 2.1.1 розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи:

$$P_s(\tau) = 0.991$$

За допомогою формули 2.2 розрахуємо ймовірність відновлення працездатності:

$$P_v(\tau) = 0.86$$

За допомогою формули 2.3 розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи:

$$P_c(\tau) = 0.991 + (1 - 0.991) \cdot 0.86 = 0.998$$

2.2.7 Розрахунок регуляторів і моделювання САР

У цьому контурі управління регульованою величиною є температура припливного повітря.

Передавальна функція:

$$W(s) = \frac{0.28e^{-21p}}{112p + 1}$$

									Арк.
									48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТА-91404.0012.001.АТХ.П				

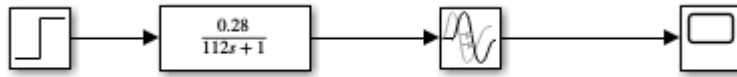


Рисунок 2.12 - Модель об'єкта управління

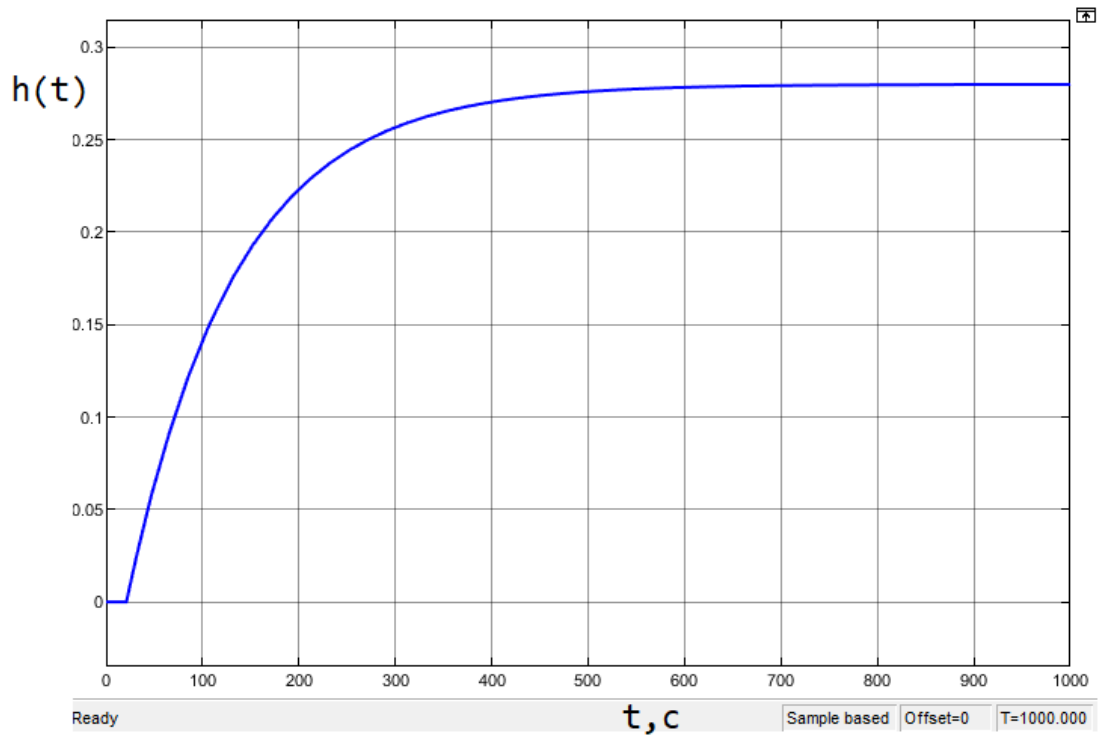


Рисунок 2.13 - Крива розгону для об'єкта управління

Побудуємо за допомогою Matlab годографи АФХ.

```
>> w=0:0.0001:2;
s=1i*w;
Wo=(0.28*exp(-21*s))./(112*s+1);
Re=real(Wo);
Im=imag(Wo);
plot(Re,Im);
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on
```

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТА-91404.0012.001.АТХ.П

Арк.

49

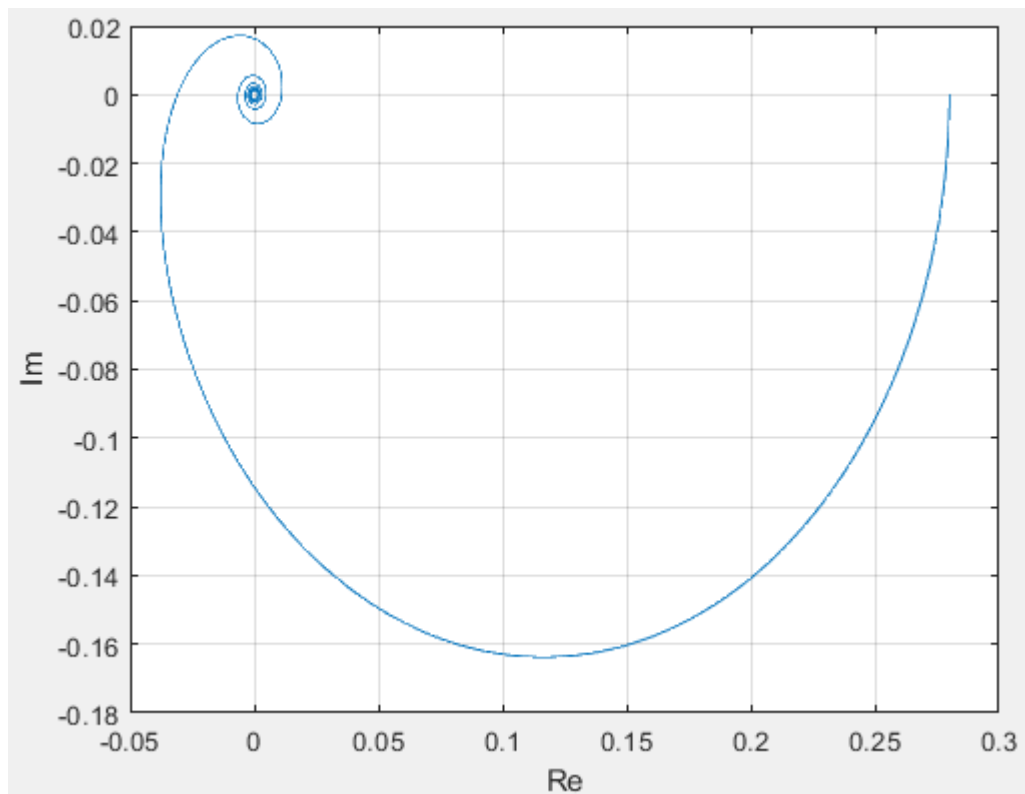


Рисунок 2.14 - Годограф АФХ для об'єкта управління

Розрахуємо параметри регулятора методом РАФХ. Прийmemo ступінь коливальності $\psi=0,9$, відповідно $m=0.366$.

$$K_P = -\frac{mQ_{об}(m, \omega) + P_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)}$$

$$K_I = -\omega(m^2 + 1) \frac{Q_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)}$$

$$\text{де } K_I = \frac{K_P}{T_I}, A_{об}(m, \omega) = \sqrt{P_{об}^2(m, \omega) + Q_{об}^2(m, \omega)}$$

(2.4)

За допомогою Matlab:

```
>> w=0:0.00001:0.07;
m=0.366;
s=w.*(1j-m);
Wo=(0.28*exp(-21*s))./(112*s+1);
Re=real(Wo);
Im=imag(Wo);
Kp=-(m*Im+Re)./(Im.^2+Re.^2);
Ki=-w*(m.^2+1).*Im./(Im.^2+Re.^2);
plot(Kp,Ki);
xlabel('Kp');
ylabel('Ki=Kp/Ti');
grid on
```

						ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			50

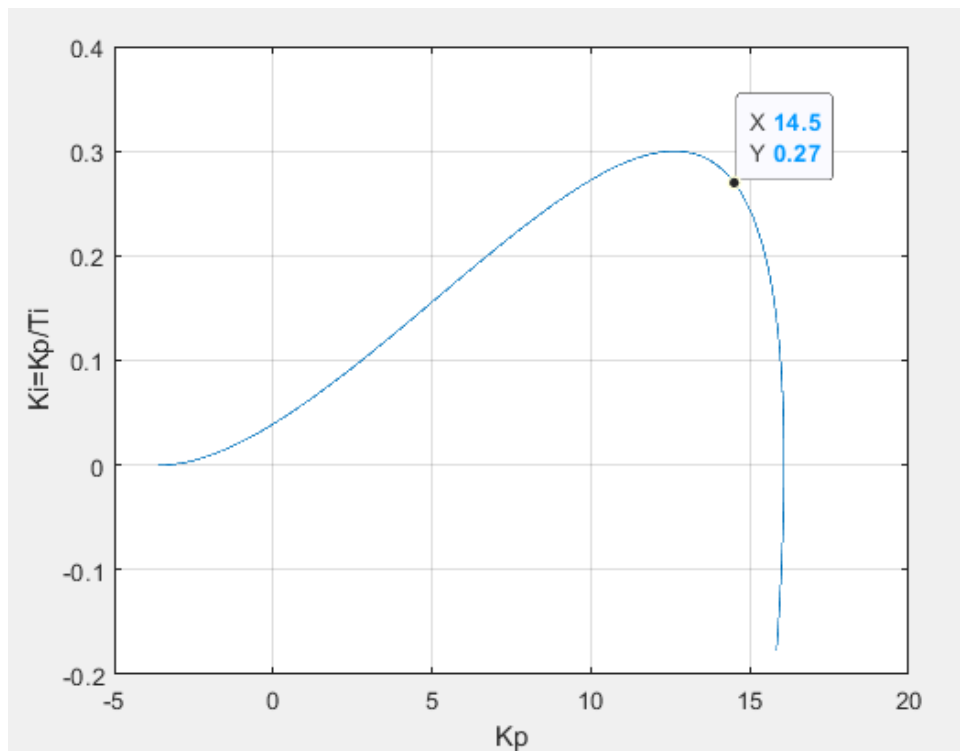


Рисунок 2.15 - Крива налаштувань параметрів для ступеня коливальності $m=0.366$

$$K_p = 14.5; K_u = 0.27; T_u = 53.7$$

Передавальна функція регулятора набуде вигляду: $W_p(s) = K_p(1 + \frac{1}{T_{up}}) = 14.5(1 + \frac{1}{53.7p})$

Побудуємо перехідні характеристики одноконтурної САУ з отриманими настройками.

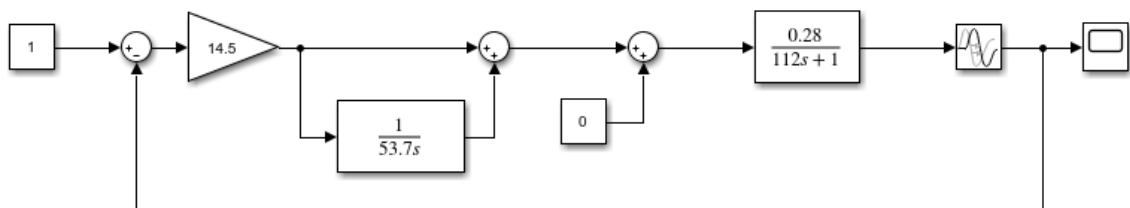


Рисунок 2.16 - Схема процесу по каналу «завдання-вихід»

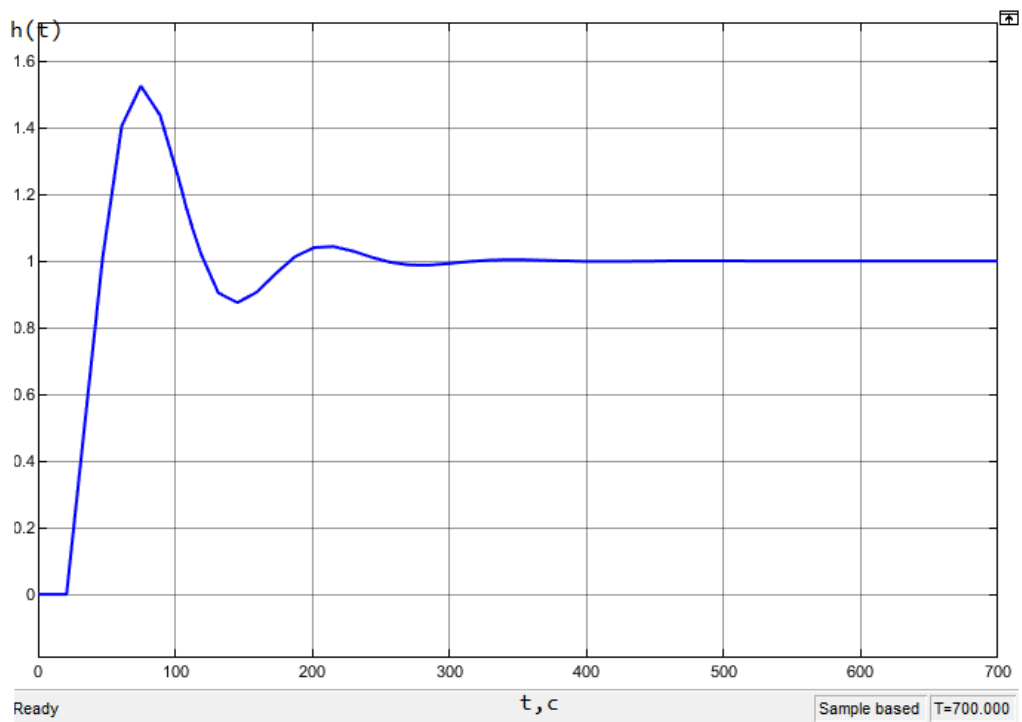


Рисунок 2.17 - Перехідна характеристика по каналу «завдання-вихід»

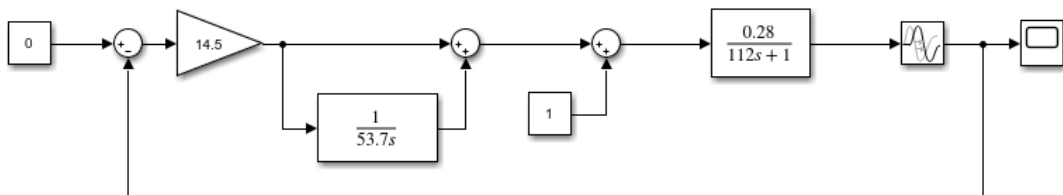


Рисунок 2.18 - Схема процесу по каналу «збурення-вихід»

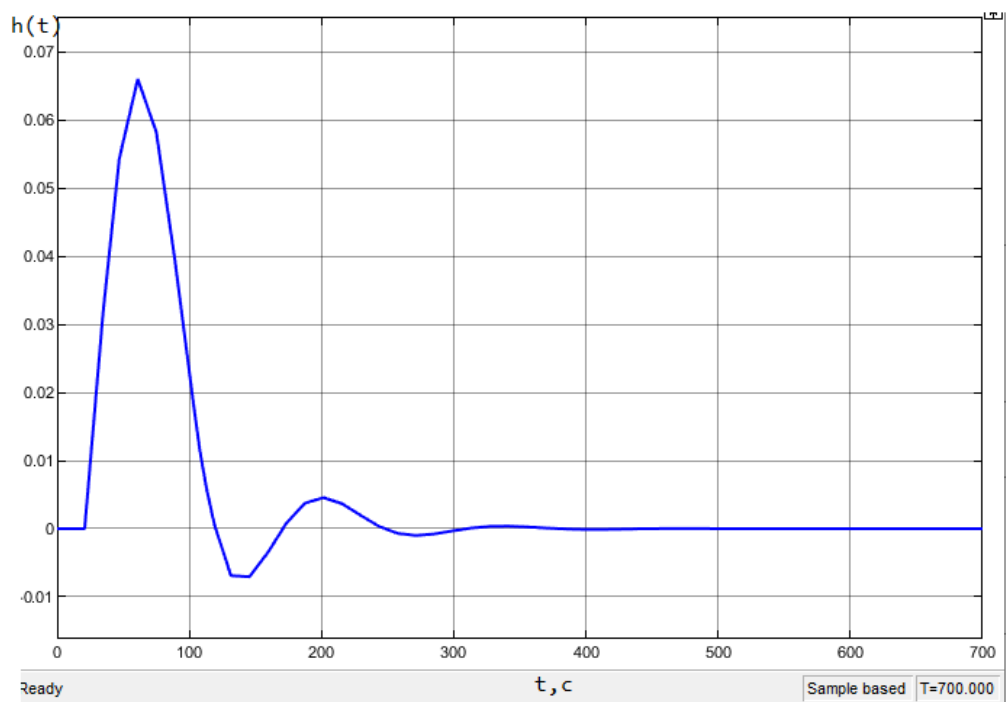


Рисунок 2.19 - Перехідна характеристика по каналу «збурення-вихід»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТА-91404.0012.001.АТХ.П

Арк.

52

Таблиця 2.5 - Показники якості

Показники якості	Канал «завдання-вихід»	Канал "збурення-вихід"
Статична похибка, $\Delta_{ст}$	0	0
Динамічна похибка, $\Delta_{дин}$	0.52	0.066
Ступінь затухання, ψ	0.89	0.94
Перерегулювання, %	53.4	13.4
Час регулювання, $t_{рег}$ (с)	194	247

Розрахунок налаштувань регулятора інженерним методом

Побудуємо перехідну характеристику об'єкта:



Рисунок 2.20 - Схема у середовищі Matlab

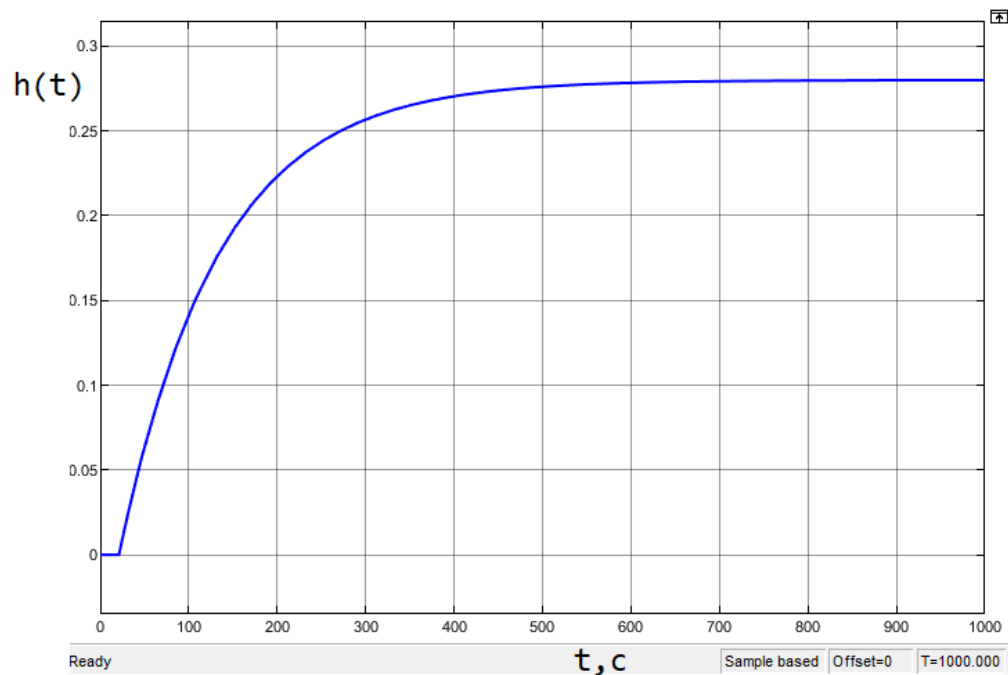


Рисунок 2.21 - Перехідна характеристика об'єкта

Апроксимуємо даний процес аперіодичною ланкою запізнення за допомогою логарифмування:

$$t_A = f(0.33K_{об})$$

$$t_B = f(0.7K_{об})$$

$$T = 1.25(t_B - t_A)$$

$$\tau = 0.5(3t_A - t_B)$$

Підставимо дані та виконаємо розрахунок:

$$K_{об} = 0.28$$

$$0.33 * K_{об} = 0.33 \cdot 0.28 = 0.0924$$

$$0.7 * K_{об} = 0.7 \cdot 0.28 = 0.196$$

$$t_A = f(0.33K_{об}) = f(0.0924) = 67$$

$$t_B = f(0.7K_{об}) = f(0.196) = 157$$

$$T = 1.25(t_B - t_A) = 1.25(157 - 67) = 112.5$$

$$\tau = 0.5(3t_A - t_B) = 0.5(3 \cdot 67 - 157) = 44$$

За рахунок апроксимації отримали передаточну функцію:

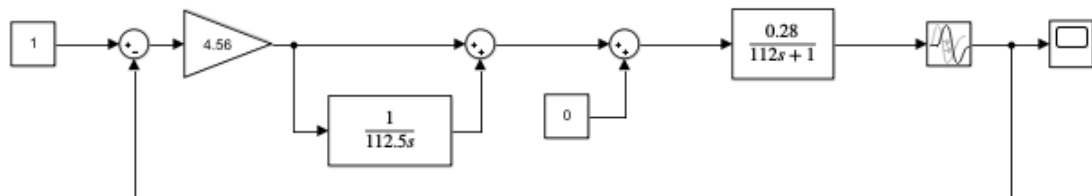
$$W(s) = \frac{0.28e^{-44p}}{112.5p + 1}$$

За допомогою інженерного метода розрахуємо налаштування для ПІ регулятора:

$$K_p = \frac{0.5T_m}{\tau_m K_m} = \frac{0.5 * 112.5}{44 * 0.28} = 4.56;$$

$$T_j = T$$

Розрахуємо прямі показники якості, розглянувши перехідні процеси за каналами «завдання-вихід» та «збурення-вихід»:



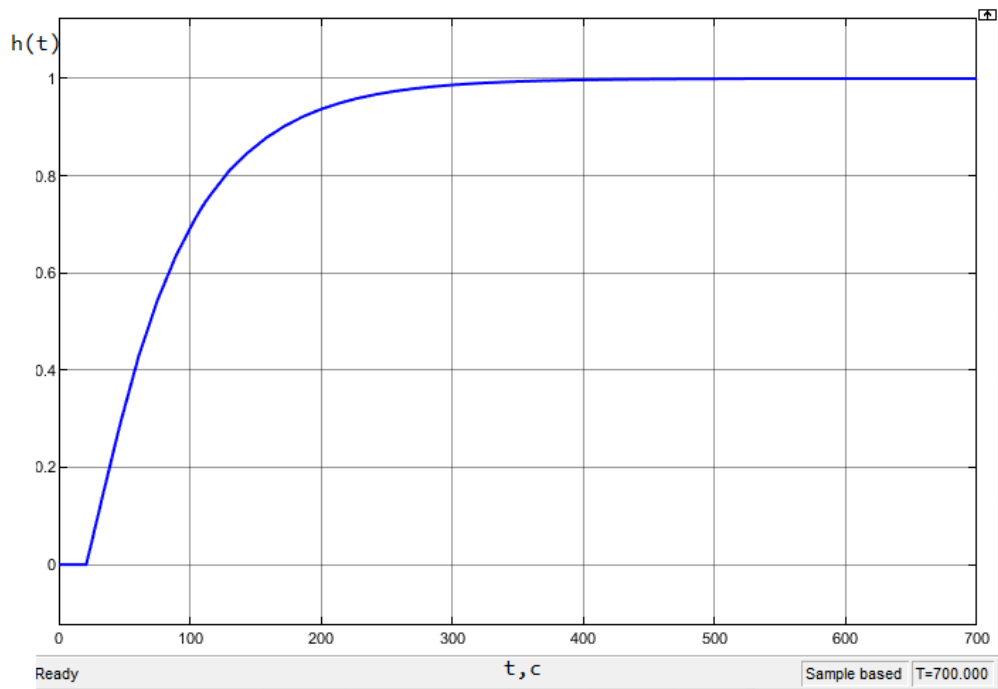


Рисунок 2.22 - Перехідний процес за каналом «завдання-вихід»

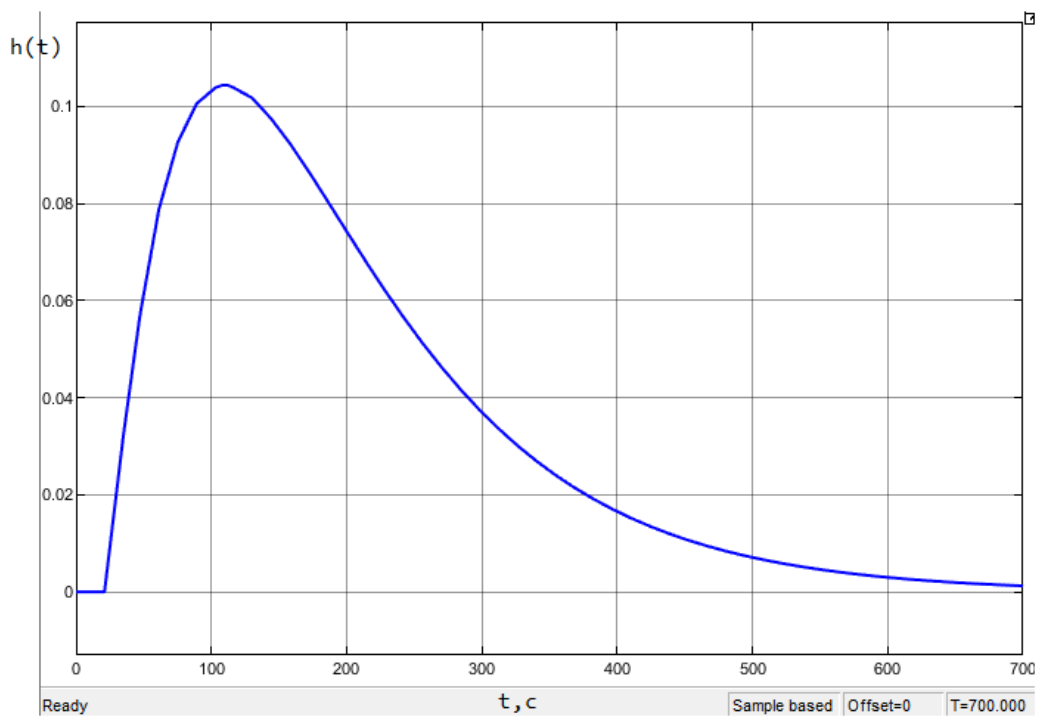
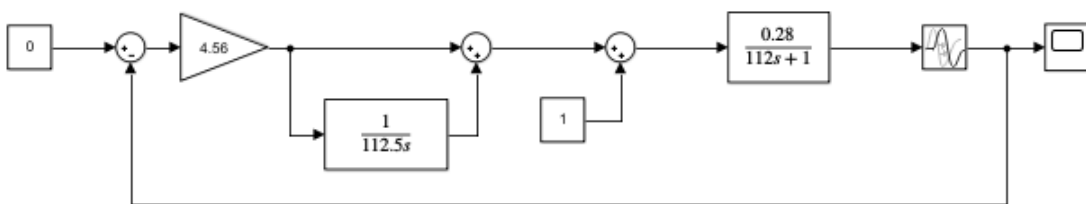


Рисунок 2.23 - Перехідний процес за каналом «збурення-вихід»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТА-91404.0012.001.АТХ.П

Арк.

55

Таблиця 2.6 - Показники якості

Показники якості	Канал «завдання-вихід»	Канал "збурення-вихід"
Статична похибка, $\Delta_{ст}$	0	0
Динамічна похибка, $\Delta_{дин}$	0	0.104
Ступінь згасання, Ψ	1	1
Перерегулювання, %	0	0
Час регулювання, $t_{рег}$ (с)	343	561

Порівняння перехідних процесів

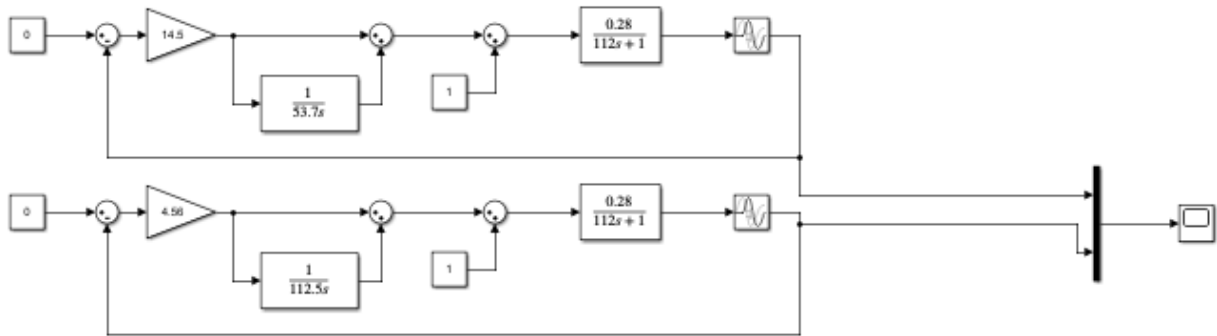


Рисунок 2.24 - Модель процесу по каналу «збурення-вихід»

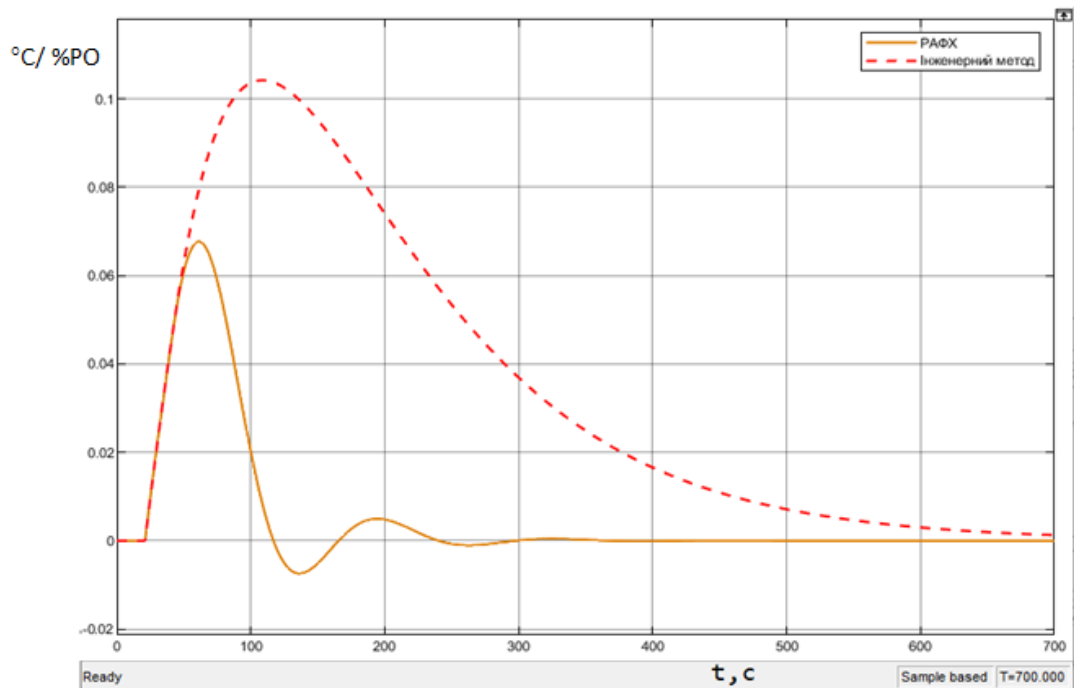


Рисунок 2.25 - Перехідний процес по каналу «збурення-вихід»

Таблиця 2.8 - Порівняння показників якості

Показники якості	Метод РАФХ	Інж. метод
Статична похибка, $\Delta_{ст}$	0	0
Динамічна похибка, $\Delta_{дин}$	0.066	0.104
Ступінь згасання, ψ	0.94	1
Перерегулювання, %	13.4	0
Час регулювання, $t_{рег}$ (с)	247	561

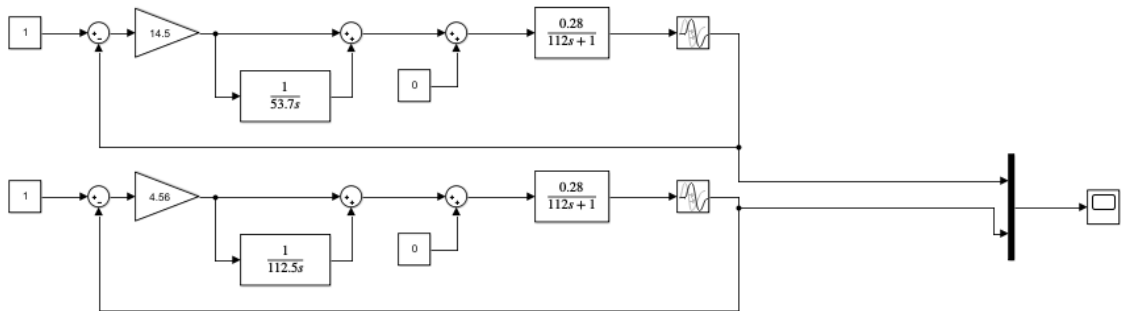


Рисунок 2.26 - Модель процесу по каналу «завдання-вихід»

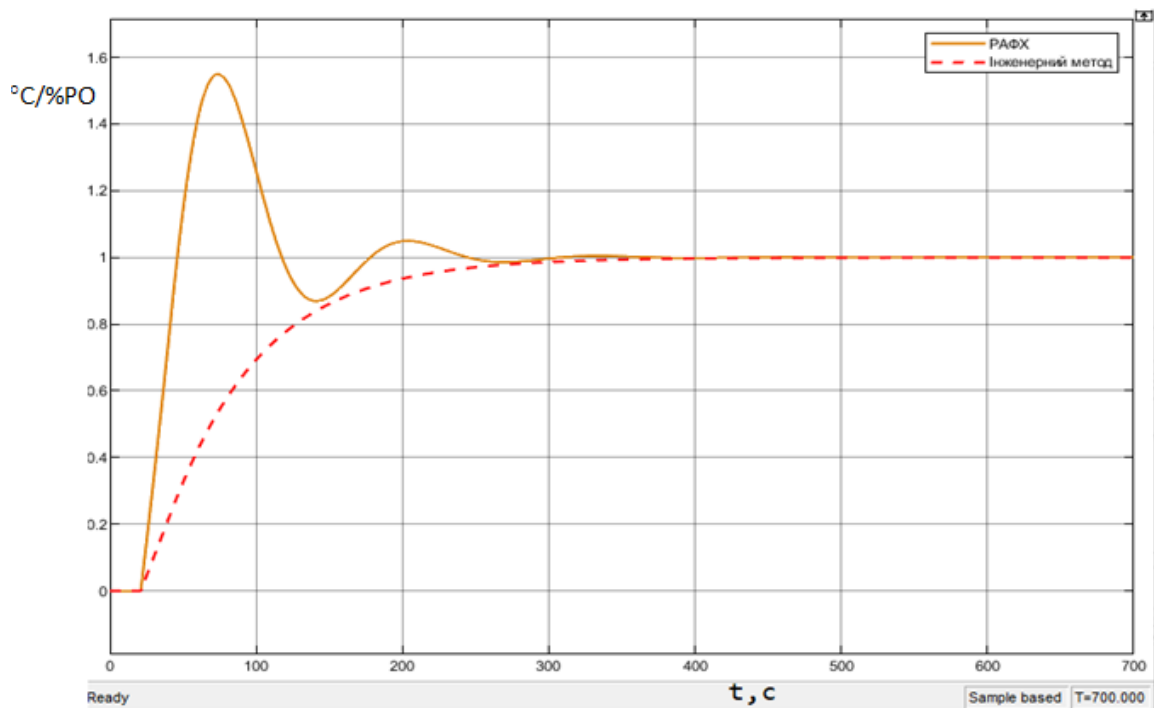


Рисунок 2.27 - Перехідний процес по каналу «завдання-вихід»

Таблиця 2.9 – Порівняння показників якості

Показники якості	Метод РАФХ	Інж.метод
Статична похибка, $\Delta_{ст}$	0	0
Динамічна похибка, $\Delta_{дин}$	0.52	0
Ступінь затухання, ψ	0.89	1
Перерегулювання, %	53.4	0
Час регулювання, $t_{рег}$ (с)	194	343

Аналізуючи перехідні процеси та показники якості двох методів, можна зробити висновок, що налаштування регулятора методом РАФХ підходить більше. Однак інженерний метод по каналу «завдання-вихід» показав кращі результати, у нього менша динамічна похибка та перерегулювання.

Перевірка системи на чутливість

Перевіримо чутливість, проваріювавши значення об'єкта в межах 15%, методом РАФХ, за каналом «збурення-вихід».

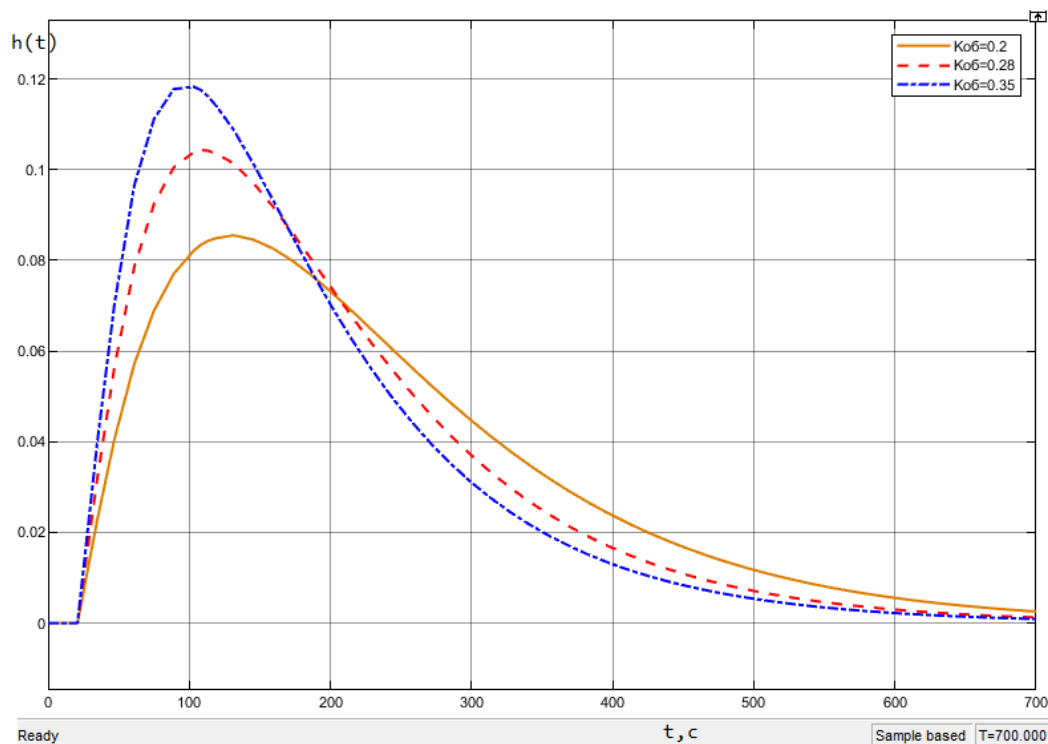


Рисунок 2.28 - Перехідні процеси з різними коефіцієнтами підсилення

k_z – відносний коефіцієнт чутливості;

Z – поточне значення;

Z_{opt} – оптимальне значення параметру;

R, R_{opt} – показник якості та значення при оптимальних параметрах.

Таблиця 2.13 – Відносні коефіцієнти чутливості

Параметри			Коефіцієнти чутливості
$K_{об}$	$T_{об}$	$\tau_{об}$	$K_{відt_{nn}}$
0.2	112	21	0.793
0.35	112	21	0.447
0.28	104	21	0.832
0.28	120	21	0.291
0.28	112	14	0.07
0.28	112	28	0.106

Визначені коефіцієнти чутливості показують, що система не груба. Всі коефіцієнти чутливості менше одиниці.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

РОЗДІЛ 3 ОПИС ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЄКТУ

3.1 Схема функціональна автоматизації ТОУ

Опис функціональної схеми автоматизації ТОУ наведений в підрозділі 1.5 ПЗ ДПБ.

3.2 Схема структурна ПТК

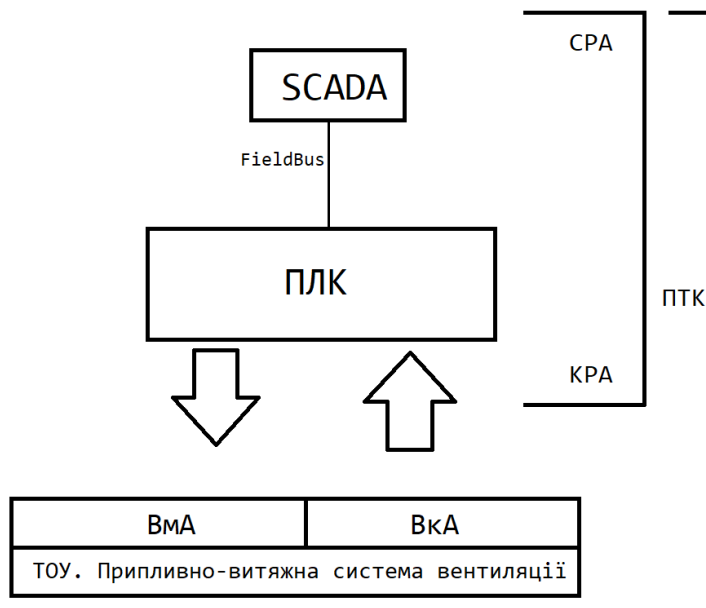


Рисунок 3.1 - Структурна схема ПТК

Опис структурної схеми ПТКЗА наведений в підрозділі 1.6 ПЗ ДПБ.

3.3 Схема принципова електрична АСР

Принципова електрична схема включає всі електричні компоненти та пристрої, необхідні для забезпечення та контролю електричних процесів у системі, а також всі електричні зв'язки між ними.

На електричній схемі зображено основні елементи системи та підключення всіх приладів між собою. Зі схеми видно, що вона складається з блоку живлення (PS1), автоматичних вимикачів (QF1, SF1), контролера (A1), датчиків (B1-B4) та виконавчих механізмів (A2, A4). Також показана схема підключення всіх приладів між собою.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Блок живлення (PS1) перетворює електричну енергію з джерела живлення в форму, необхідну для живлення електронних пристроїв. Основна функція блока живлення полягає в постачанні стабільного та безперебійного живлення для підключених електронних пристроїв. Він забезпечує потрібну напругу та струм для роботи цих пристроїв і захищає їх від перенапруги, короткого замикання, перевантаження та інших небезпек, які можуть виникнути в електричній мережі. Блок живлення, розташований на схемі, вхідними контактами L, N підключений до мережі з напругою 220 В. Він перетворює напругу 220 В у 24 В. Через вихідні контакти дротами 201-202 подається живлення 24 В до ПЛК, датчиків та виконавчих механізмів.

Перед блоком живлення розташовані автоматичні вимикачі (QF1, SF1) з номінальною напругою 230 В, які захищають від перенапруги та короткого замикання. Автоматичні вимикачі допомагають запобігти пошкодженню підключених пристроїв в разі аварії в електричній системі.

ПЛК здійснює керування та моніторинг процесів у системі. Він виконує програми та логічні алгоритми, які визначають послідовність дій для здійснення конкретного процесу або операції. Паралельно з цим контролер збирає дані з датчиків, вимірювальних пристроїв, які потім обробляються згідно з програмою. На основі цих даних приймаються рішення щодо керування процесом. З двох сторін ПЛК розташовуються вбудовані аналогові та дискретні входи/виходи. ПЛК підключений до блоку живлення дротами 201-202. Датчики підключаються до аналогових входів ПЛК дротами 209-213, 214, 218. Виконавчі механізми підключаються до аналогових виходів дротами 203-208, 220-221.

Виконавчий механізм (A4) використовується для управління електронагрівачем у контурі нагрівання. ВМ має 4 контакти для підключення. Контакти +V,-V призначені для підключення живлення 220 В до ВМ, контакти Y,U підключають до ПЛК для управління механізмом. Управління здійснюється за допомогою аналогового сигналу 0-10 В. Живлення подається

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

по дротах 806, 803, управління регулятором виконується по дротах 205-206. В

Виконавчий механізм (A2) використовується для керування повітряним клапаном. Він регулює надходження свіжого повітря в систему вентиляції та вихід відпрацьованого повітря із системи. ВМ має 4 контакти для підключення. Контакти -, + призначені для підключення живлення до ВМ, контакти Y,U підключають до ПЛК для управління механізмом. Управління здійснюється за допомогою аналогового сигналу 0-10 В. Живлення подається по дротах 201-202, управління електроприводом виконується по дротах 203-204.

Датчик вологості (B3) використовується для вимірювання вологості повітря після камери зволоження. Він має 2 виходи, на контакти +V подається живлення 24 В, по дроту 209 подається вимірювальний сигнал до ПЛК. Датчик перепаду тиску (B4) потрібен для сигналізації аварії. Він контролює тиск у фільтрах та вентиляторах. Використовує аналоговий вихідний сигнал 0-10 В. Має 2 контакти, для подачі живлення та аналогового сигналу. Аналоговий сигнал подається по дроту 210. Датчик температури (B2) використовується для вимірювання температури у вентиляційних каналах. Підключається до аналогового входу ПЛК по дроту 211. Датчик температури (B1) потрібен для вимірювання температури зовні і підключається до ПЛК дротом 212.

Проходження сигналу від давача до регулюючого органу передбачає послідовний шлях, по якому сигнал поступово перетворюється та обробляється.

На початку процесу давач вимірює фізичний параметр і перетворює його в вихідний вимірювальний сигнал. Аналоговий (вимірювальний) сигнал представлений неперервною зміною струму або напруги, що залежить від величини вимірюваного параметра. Наступним етапом є перетворення сигналу, аналоговий сигнал потребує подальшої обробки. Його фільтрують, підсилюють та перетворюють у цифровий вид за допомогою аналого-цифрового перетворювача. Після перетворення сигналу вимірювання, він стає

										Арк.
										64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТА-91404.0012.001.АТХ.П					

сигналом управління, який використовується для керування регулюючим органом. Керуючий сигнал, представлений у вигляді аналогового сигналу, подається з ПЛК до регулюючого органу. Аналоговий сигнал включає різні рівні струму 4-20 мА або напруги 0-10 В, які вказують на необхідну дію. Регулюючий орган приймає сигнал управління і здійснює відповідну дію для зміни параметрів системи.

3.4 Креслення загального виду щита

Принцип і порядок монтажу апаратури на щиті складається з наступних етапів: підготовка щита, визначення монтажних місць, маркування, тестування, документування.

Перед монтажем апаратури, щит повинен бути готовий для встановлення компонентів. Внутрішній простір щита повинен бути очищений від бруду, перевірено електричне заземлення та надано відповідний простір для розміщення компонентів.

Відповідно до проектних вимог і функціонального призначення щита, визначаються монтажні місця для кожного компонента. Це включає розташування контактних пристроїв, вимикачів, реле, блока живлення, контролера тощо.

Монтаж кожного компонента здійснюється на відповідному місці в щиті. Забезпечується правильне підключення проводів і кабелів до відповідних з'єднувачів, затягування гвинтів та фіксація компонентів. Після монтажу апаратури, кожен компонент маркується або мітиться для легкої ідентифікації і розпізнавання.

Після завершення монтажу, здійснюється перевірка правильності підключення, функціонування і взаємодії компонентів. Виконуються необхідні тестування для переконання у належному функціонуванні щита і його компонентів. Проводиться документування, включаючи оновлення креслень, створення списку компонентів і їх характеристик, а також збереження інших відповідних технічних даних.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

На кресленні щита загального виду зображено фасад та монтажна сторона щита типу ЩШМ. Особливістю цього щита є його розміри - 600 мм (висота) x 400 мм (ширина) x 350 мм (глибина), що забезпечує достатньо простору для монтажу необхідного обладнання.

Для забезпечення комфортних умов експлуатації та безпечного обслуговування, прилади та засоби автоматизації в щитах розташовані на певних відстанях від нижньої кромки опорної рами.

На фасадній частині щита розташовані 4 сигнальні світлодіоди (HL1 - HL4) на висоті 450 мм і рівновіддалені один від одного на відстані 60 мм.

На монтажній стороні щита встановлено обладнання, що відповідає за роботу вентиляції. Прилади кріпляться на DIN-рейки (P1-P3), які розташовані у три рівня. На 1 DIN-рейку (P1) встановлено ПЛК (A1), модуль вводу-виводу (A6), блок живлення (PS1). На 2 DIN-рейці (P2) знаходяться вимикачі напруги (SF1-SF2) та вимикач напруги (Q1). На 3 DIN-рейці (P3), встановлені клемні колодки (XT1, XT2). Пластикові коробки (K1-K5), які розташовані біля правої, лівої сторони, верхньої частини щита та між DIN-рейками, використовуються для прокладення електропроводки в щиті. Клемні колодки зазвичай розміщуються знизу щита біля вводу кабельної траси в щит. Кожен клемник чітко позначений номером, який дозволяє легко встановити зв'язок між клемником і відповідним проводом. Клемні колодки розміщені таким чином, щоб уникнути можливості випадкового доторкання до напруги чи елементів, що можуть створювати небезпеку.

Кожен компонент апаратури на щиті має чітке позначення, яке допомагає легко і швидко знайти необхідний елемент і зрозуміти його функціональність. При розташуванні компонентів на щиті не використовується перекриття, яке може призвести до плутанини кабелів, незручного доступу до окремих елементів. Важливі компоненти апаратури розташовані на таких місцях, щоб можна було легко спостерігати за їхнім станом та індикаторами.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

3.5 Схема монтажна щита (таблиця з'єднань)

Монтажна схема щита (таблиця з'єднань) розробляється для візуального представлення електричних і трубопровідних ліній всередині щитів і пультів, а також їх підключення до приладів і засобів автоматизації, які встановлені на цих щитах.

Залежно від функціонального призначення і структурних особливостей щита, на кресленні можуть бути вказані наступні елементи:

1. перелік виробів і матеріалів;
2. електричну і трубну комутацію;
3. примітки та пояснення;
4. вигляд монтажного боку щита з зображенням встановлених засобів автоматизації та допоміжної апаратури.

На монтажній схемі щита розташування апаратури відповідає фактичному розміщенню в конструкції шафи. Обладнання на щиті встановлено в три яруси. Поруч з кожним електричним компонентом розташований особистий порядковий номер та позиційне позначення. На верхньому ярусі розташовано ПЛК 02/А1, модуль вводу-виводу 03/А6, блок живлення 04/PS1. На нижньому ярусі - автоматичний вимикач 07/QF1, вимикачі 07/SF1,08/SF2. На нижньому ярусі встановлена клемна колодка 12/XT1 і клемна колодка для слабострумівих сигналів 13/XT2.

З'єднання ланцюгів виконується маркувальним методом. Як бачимо на схемі, спочатку дріт живлення приєднують до автоматичного вимикача 04/QF1. З виходів вимикача L, N виходять дроти 802-803, які закріплюються в клемній колодці 12/XT1. Від клемної колодки дріт 802 підключаються до вимикачів напруги 08/SF1, 09/SF2. Вихід вимикача напруги (08/SF1) підводять до клемної колодки (12/XT1). Зрештою, вимикач напруги з'єднується з блоком живлення (04/PS1) через клемну колодку по дротах 803, 805. Від блоку живлення (04/PS1) змінилися параметри напруги та сили струму, його підключають до ПЛК (02/А1) дротами 201-202. З'єднання внутрішньощитової проводки із зовнішніми електричними лініями (датчики, виконавчі механізми)

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

здійснюється через комутаційні затискачі, що збираються у блоки затискачів (12/ХТ2). Від блоку затискача, датчики та виконавчі механізми підключаються до ПЛК(02/А1) дротами з маркуванням 13-02.

Для електричної проводки в щитах, застосовуються дроти з мідними жилами ПВ2, ПВ4 з діаметром 1.5 кв. мм. ПВ2, ПВ4 підходять для проводок до засобів автоматизації установлених на рухомих елементах.

3.6 Схема зовнішніх з'єднань

Схема з'єднань зовнішніх проводок представляють собою креслення, на якому відображаються всі лінії з'єднань між елементами, які знаходяться поза щитом, а також між цими елементами та пристроями, розташованими на щитах і пультах. Її призначення полягає у забезпеченні зрозумілого та структурованого опису способу підключення компонентів системи до зовнішнього середовища.

Основні функції схеми зовнішніх з'єднань включають: послідовність з'єднань, опис зовнішніх пристроїв, маркування з'єднань, визначення з'єднань.

1. Опис зовнішніх пристроїв надає опис та ідентифікацію зовнішніх пристроїв, з якими система повинна бути підключена.
2. Визначення з'єднань вказує, які конкретні кабелі, проводи або інші засоби зв'язку використовуються для підключення системи до зовнішніх пристроїв.
3. Послідовність з'єднань вказує послідовність підключення компонентів до зовнішніх пристроїв. Вона описує, які з'єднання потрібно здійснити, щоб система працювала належним чином.
4. Маркування з'єднань може містити ідентифікатори для кожного з'єднання. Це полегшує розуміння та легку ідентифікацію під час монтажу, налагодження та обслуговування системи.

На схемі показані лінії з'єднань позащитових елементів (датчиків і виконавчих механізмів) із щитом автоматизації. Позащитові пристрої зображені з жилами та контактами, що дозволяє розібратися в підключенні.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Також вказані типи кабелів, які з'єднують між собою щит автоматизації та прилади. У верхній частині креслення розміщується таблиця даних, яка містить інформацію про засоби автоматизації, які встановлені за місцем. На цій таблиці можна дізнатися, де встановлено прилад, який параметр вимірює, його позначення, в якому середовищі проводить вимірювання.

Підведення живлення до щита здійснюється від електромережі 220 В силовим кабелем 1. Для підключення датчиків (В1 – В10) до щита автоматизації використовується контрольний кабель з номерами 4, 6-8 та 11-15. Датчики встановлюються у повітропроводі, на вентиляторах, фільтрах та на зовнішній стороні будівлі для вимірювання характеристик повітря та для відстеження стану обладнання. Для підключення виконавчих механізмів (А2, А6) використовується контрольний кабель з номерами 2,3,10,9. Виконавчі механізми встановлюються на повітряних заслінках та допоміжних конструкція для регулювання потужності електронагрівача та потоків повітря.

Використовується силовий кабель марки ВВГ, трижильний, перетином 1.5 мм². Використовується контрольний кабель марки КВВГ, трижильний та п'ятижильний, перерізом 0.75 мм², для додаткового захисту прокладений у нержавіючому металорукаві.

3.7 Специфікація обладнання

Schneider Electric є одним з провідних світових виробників електротехнічного обладнання та рішень для енергетики та автоматизації. Ця компанія має багаторічний досвід у галузі електротехнічного обладнання та автоматизації. Продукція Schneider Electric відома своєю високою якістю та надійністю. Виробник ставить великий акцент на дослідження, розробку та тестування своїх продуктів, щоб гарантувати їхню безперебійну роботу та довговічність.

Посилання на сайт виробника: <https://www.se.com/ww/en/>

Датчик тиску SPD360

Диференціальний датчик тиску SPD360 розроблено для ефективного кон-

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

тролю перепаду тиску у повітропроводах, фільтрах та вентиляторах систем кондиціонування повітря. Датчик тиску оснащений РК-дисплеєм, який точно відображає значення диференціального тиску у Па.

Технічні характеристики

Живлення	24 В змін. струму / 5 - 36 В пост. струму
Вихідний сигнал	0-10 В
Діапазони виміру	0 – 1000 Па
Похибка	≤ 2.5% ± від повного діапазону

Датчик вологості SHD100

SHD100 – це інноваційний датчик, спеціально розроблений для точного вимірювання відносної вологості повітря відсотках і перетворення отриманих даних у стандартні сигнали струму в діапазоні 4-20 мА або напруги від 0 до 10 В. Датчик SHD100 призначений для зручного монтажу всередині повітропроводу, що дозволяє ефективно і контролювано вимірювати вологість у потоці повітря з високою точністю і надійністю.

Технічні характеристики

Выход	Выбирается: 0 - 10 В пост. тока или 4 - 20 мА
Диапазон измерения	От 0 до 95 % отн. влажности
Погрешность	±2%
Питание	24 В пер. тока/15 - 36 В пост. тока

Рисунок 3.8 - Технічні характеристики SHD100

Контролер Modicon M171

Modicon M171 - це сучасний контролер, який використовується для автоматизації та керування різноманітними процесами в промислових системах. Цей контролер володіє високою надійністю, широким функціоналом і простотою в налаштуванні

Технічні характеристики

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Main

Range of product	Modicon M171/M172
Product or component type	Controller
Product specific application	HVAC and pumping solution
Variant	Programmable
Total inputs/outputs	22
Discrete input number	6
Discrete output number	1 for open collector 3 for relay outputs SPST with same common 2 for relay outputs SPST with independent common
Discrete output current	2 A for relay
Analogue input number	2 configurable 3 analog input NTC
Analogue output number	2 PWM/PPM 3 voltage, range: 0...10 V

Complementary

Number of port	1 LAN expansion bus 1 RS485 - screw terminal block (Modbus serial link)
Input/Output number	5 analog output(s) 6 digital input(s) 5 analog input(s) 6 digital output(s)
Discrete input logic	Sink or source (positive/negative)
Contacts usage	Volt-free contacts
Analogue input type	voltage 0...5 V (ratiometric) voltage 0...10 V NTC temperature probe - 50...100 °C - resolution: 0.1 °C current 0...20 mA/4...20 mA voltage 0...1 V
Sensor power supply	12 V DC at 85 mA 5 V DC at 20 mA
[Us] rated supply voltage	12...24 V +/- 10 % AC 24 V +/- 10 % DC
Power consumption in W	4 W
Realtime clock	Built-in clock at -20...55 °C
Display type	Four 7-segment display units

Рисунок 3.9 - Технічні характеристики Modicon M171

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

дуктів і рішень для енергоефективності, контролю температури, кліматичних систем та автоматизації. Компанія спеціалізується на розробці та виробництві широкого спектру продуктів, включаючи компресори, насоси, клапани, регулятори тиску, регулятори температури, приводи, датчики та системи автоматизації.

Датчик температури ESMT

Технічні характеристики

- Робочий елемент: Pt 1000 (1000 Ом/0°C).
- Електричне з'єднання: клемна колодка з 2 проводами в основі.
- Клас захисту корпусу: IP 54
- Постійна часу: менше 15 хв.
- Монтаж: на гвинтах на стіні (поставляються в комплекті)
- Розміри датчика: 84x84

Рисунок 3.10 - Технічні характеристики ESMT

Однофазний регулятор потужності W5SP4V030

Технічні характеристики

Вид:	однофазный	Тип коммутации:	фазовое регулирование
Напряжение коммутации:	180...480V AC	Ток нагрузки:	30A
Падение напряжения в цепи нагрузки:	≤1,6V	Ток утечки:	<10mA
Напряжение питания:	220V AC	Способ монтажа:	винтами на вертикальную поверхность

- Коммутируемое напряжение 180-480V AC 47-63Гц
- Максимальный ток нагрузки 30A
- Тип коммутации фазовое управление
- Управляющий сигнал 0-10В, 4-20мА
- Регулируемое время плавного включения
- Габариты 162x98x133мм
- Масса 1.3кг

Рисунок 3.11 - Технічні характеристики W5SP4V030

										Арк.
										73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТА-91404.0012.001.АТХ.П					

РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ПЛКЗА

4.1 Програмування функціональності ПЛК

Для програмування ПЛК використовується програмне забезпечення CodeSys V3.5 Patch 5. Програми написані за допомогою мови FBD.

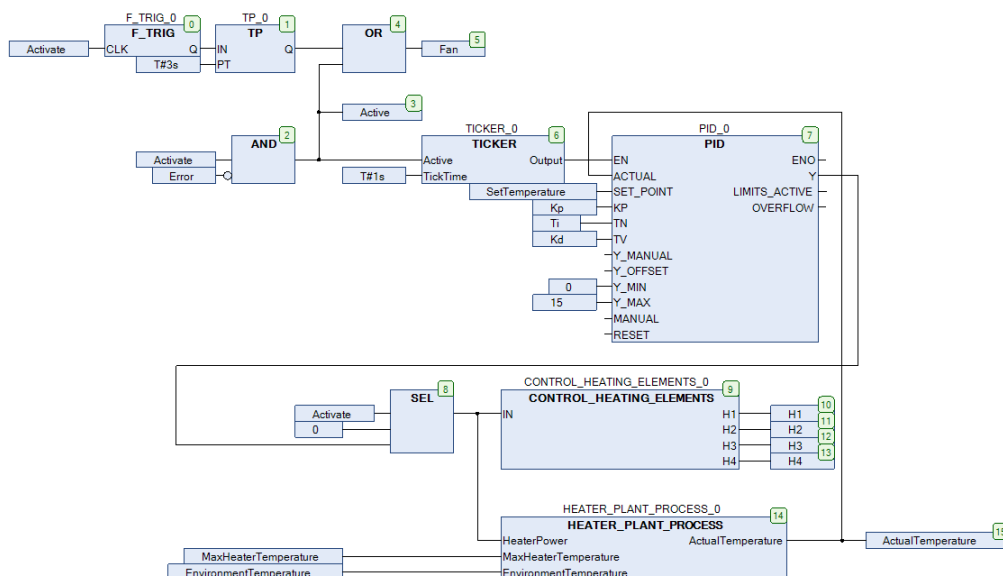


Рисунок 4.1 – Код програми

Код програми на рис. 4.1 складається з ПІД-регулятора та захисного механізму. Захисний механізм не дозволяє ПІД-регулятору розраховувати температуру у разі виникнення помилки. Коли з'являється помилка, значення змінної Error інвертується і сигнал ланцюга стає false, значення Active теж змінюється на false.

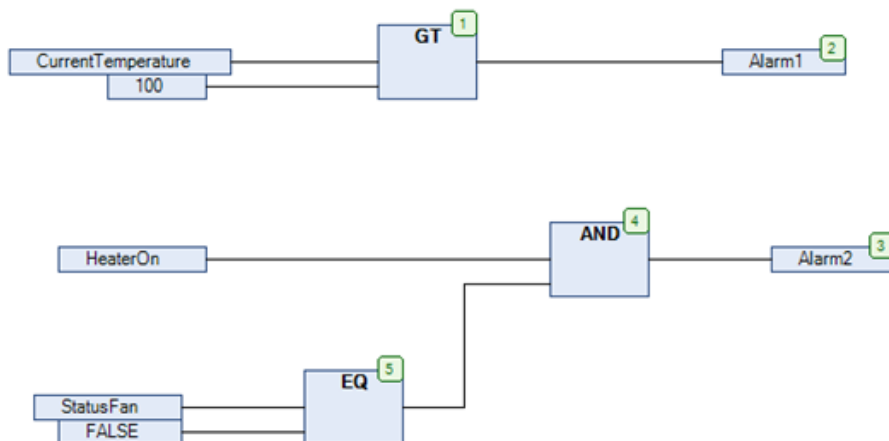


Рисунок 4.2 – Код програми

					Арк.
					74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТА-91404.0012.001.АТХ.П

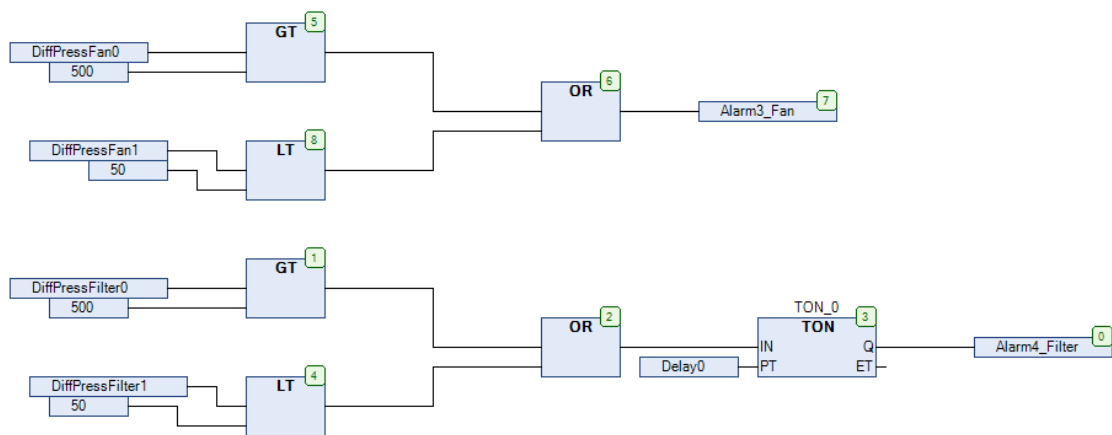


Рисунок 4.3 – Код програми

На рисунках 4.2 зображені програми, які сигналізують про можливі аварії у системі вентиляції. На малюнку 4.2 перша частина коду стежить, щоб нагрівач не перегрівся. Блок GT порівнює поточну температуру нагрівача з максимально допустимою, у разі перевищення температури на змінну Alarm1 подається сигнал true. Друга частина коду стежить, щоб нагрівач працював разом з увімкненим вентилятором. Блок EQ порівнює стан вентилятора з false. Якщо стан вентилятора співпадає, значить на блок AND подається сигнал true і вмикається тривога.

На рисунку 4.3 зображені дві програми, які стежать за перепадом тиску у фільтрі та вентиляторі. Поточне значення тиску порівнюється із зазначеним діапазоном, за допомогою блоків GT та LT. Коли поточне значення вийшло за межі діапазону, спрацьовує сигнал тривоги. Сигналізації про забрудненість фільтра буде вмикатись через певний час Delay0.

4.2 Програмування функціональності SCADA-системи



Рисунок 4.4 – Вікно «Menus»

Вікно «Menus», на рисунку 4.4, дозволяє переміщуватись між іншими розділами програми.

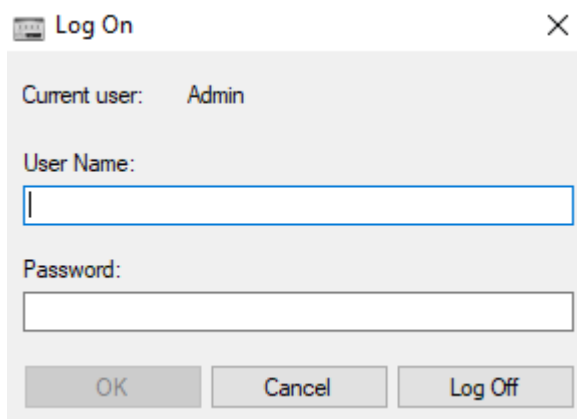


Рисунок 4.5 – Кнопка «Accounts»

Щоб розпочати роботу, потрібно авторизуватись, натиснувши кнопку «Accounts».

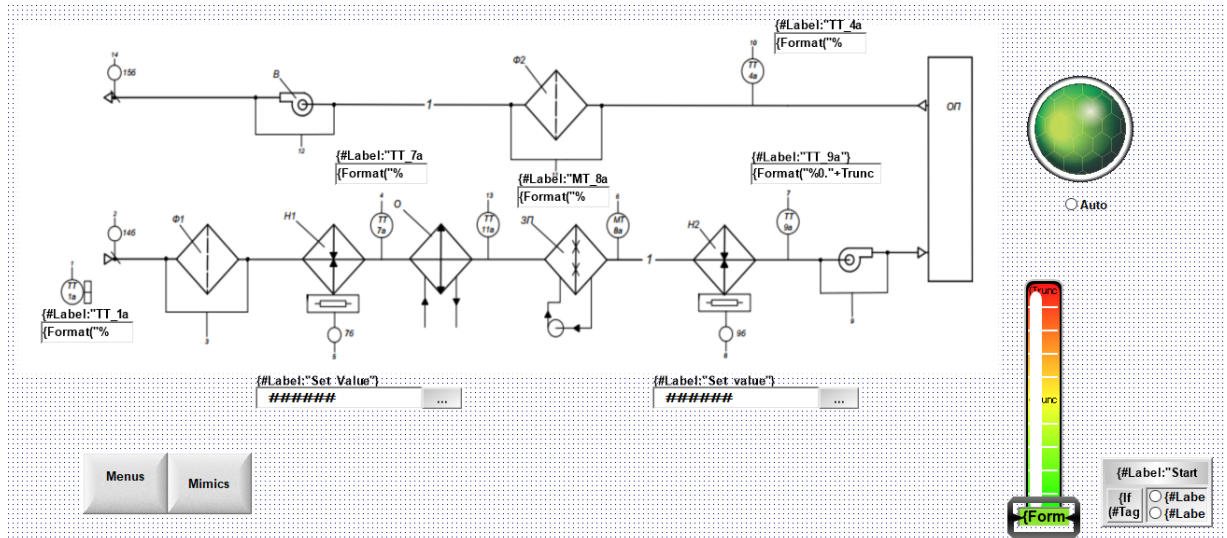


Рисунок 4.6 – Вікно «МуMimics»

На схемі відображаються поточні параметри повітря. Поряд із зображенням системи вентиляції розташовуються кнопки, перемикачі, за допомогою яких встановлюється температура в приміщенні, вказується режим керування, задається потужність електронагрівачів.

										Арк.
										77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

РОЗДІЛ 5 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АТК

5.1 Схема структурна полігону імітаційного моделювання АТК ТОВ

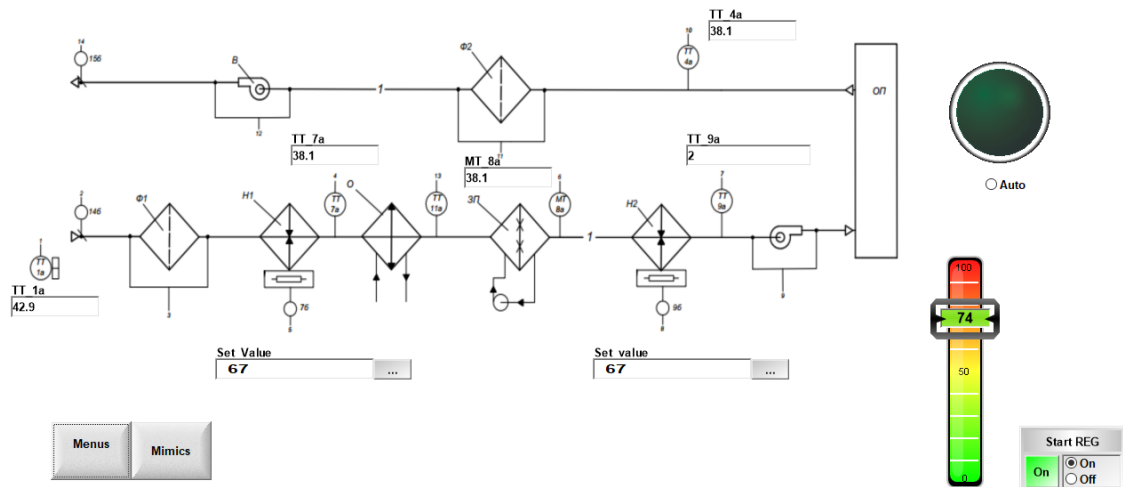


Рисунок 5.1 - Вікно «MyMimics» під час роботи

У вікні «MyMimics» знаходяться кнопки керування системою, мнемосхема ТОВ. Також на мнемосхемі відображаються вимірювальні параметри повітря.

5.2 Функціональне моделювання ОУ в СКМ Matlab Simulink

На рисунку 5.2 зображена модель ТОВ з протоколом обміну даними OPC.

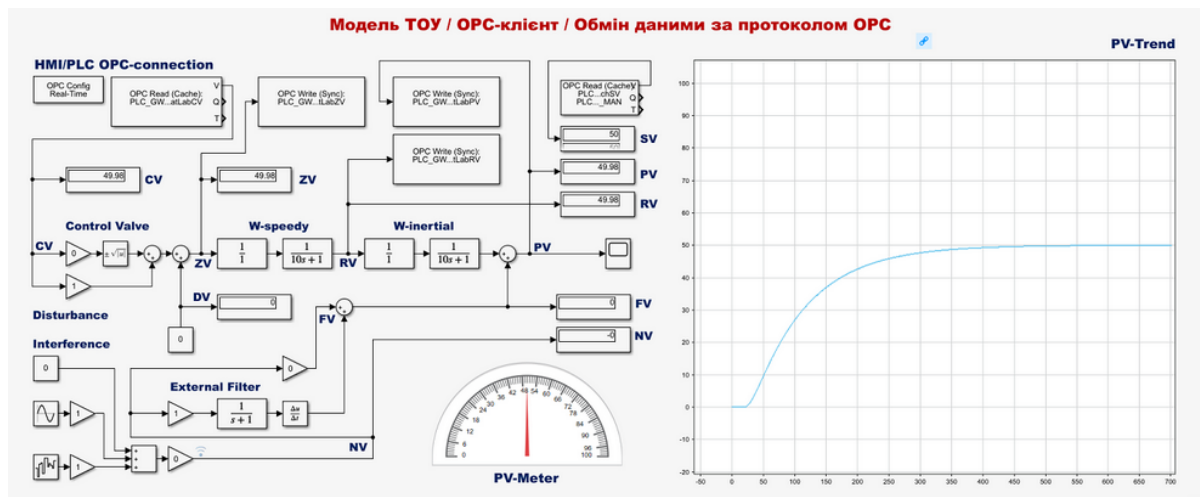


Рисунок 5.2 – Модель ТОВ в СКМ MATLAB Simulink

5.3 Реалізація контролерної функціональності CAP в софтПЛК CoDeSys

На рисунку 5.3 представлена програма MLS_PRG в середовищі CodeSys. У коді реалізується завдання передачі вимірювального сигналу до контролера. Змінна MatlabPV містить значення вимірюваного параметра. Значення цієї змінної проходить через аперіодичну ланку першого порядку до стабілізуючого регулятора PID_2. Завданням стабілізуючого регулятора служить PID_1. Через функцію SEL вибирається тип CAP, одноконтурна або каскадна.

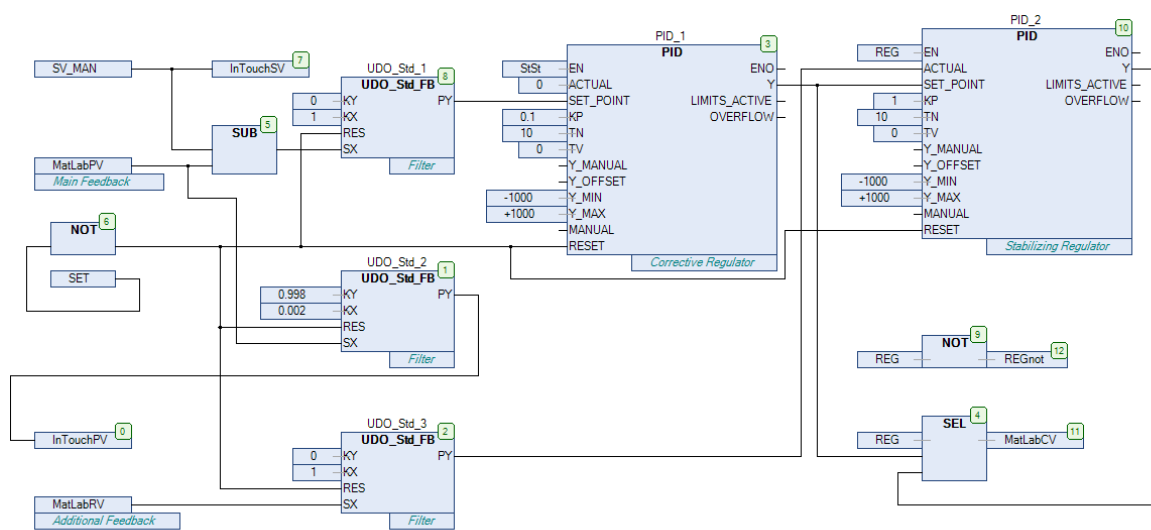


Рисунок 5.3 – Код каскадної/ одноконтурної CAP в MLS_PRG

На рисунку 5.4 показана візуалізація роботи CAP. Візуалізація містить діаграму, на якій зображується поточний процес роботи. Є можливість змінювати параметри, у відповідних віконцях відображаються проміжні дані.

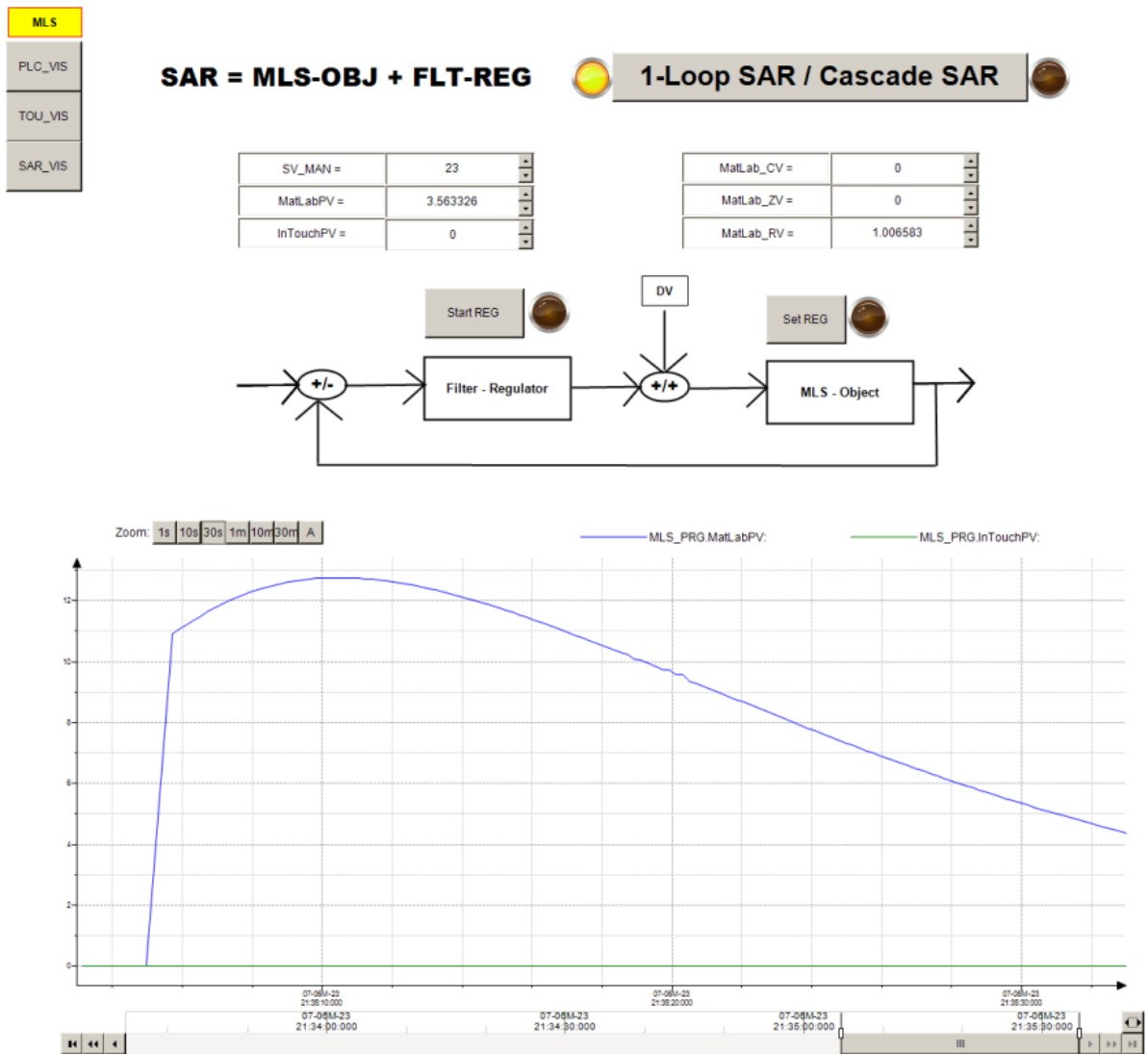


Рисунок 5.4 – Візуалізація роботи САР

5.4 Реалізація супервізорної HMI-Standard функціональності в HMI/SCADA-системі WebStudio

У вікні «Alarms» відображаються поточні аларми, історія алармів.

Tag Name	Display ...	Activation I...	Message	Ack Time	Event Time	Us
CVcounter	0	06/07/2023 21:26:57			06/07/2023 21:26:57	Ad
CVcounter	1	06/07/2023 21:26:36			06/07/2023 21:26:36	Ad
CVsAr	0.000000	06/07/2023 21:24:04			06/07/2023 21:24:04	Gr
CVcounter	0	06/07/2023 20:16:32			06/07/2023 20:16:32	Gr
PVAr	10.039235	06/07/2023 20:16:32			06/07/2023 21:26:41	Ad
PVAr	0.000000	06/07/2023 20:16:32			06/07/2023 20:16:32	Gr
CVcounter	0	06/07/2023 19:55:05			06/07/2023 19:55:05	
CVcounter	0	06/07/2023 19:54:48			06/07/2023 19:54:48	
CVcounter	0	06/07/2023 19:54:31			06/07/2023 19:54:31	
CVcounter	0	06/07/2023 19:54:13			06/07/2023 19:54:13	
CVcounter	0	06/07/2023 19:54:01			06/07/2023 19:54:01	
CVcounter	0	06/07/2023 19:54:01			06/07/2023 19:54:01	
TestAnalTag2	24	06/07/2023 19:53:39			06/07/2023 19:53:39	
CVcounter	0	06/07/2023 19:53:38			06/07/2023 19:53:38	
CVcounter	0	06/07/2023 19:53:38			06/07/2023 19:53:38	

Рисунок 5.5 – Вікно «Alarms»

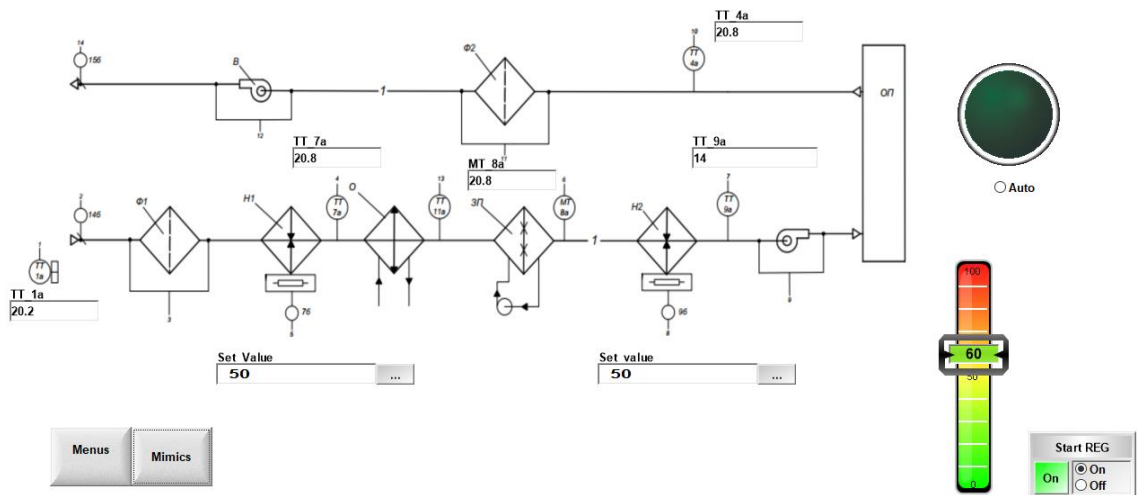


Рисунок 5.6 – Вікно «Mimics» у процесі роботи

У вікні «Trends», рис. 5.7, відображаються тренди режимних параметрів, додатково можна керувати процесом через кнопки керування.

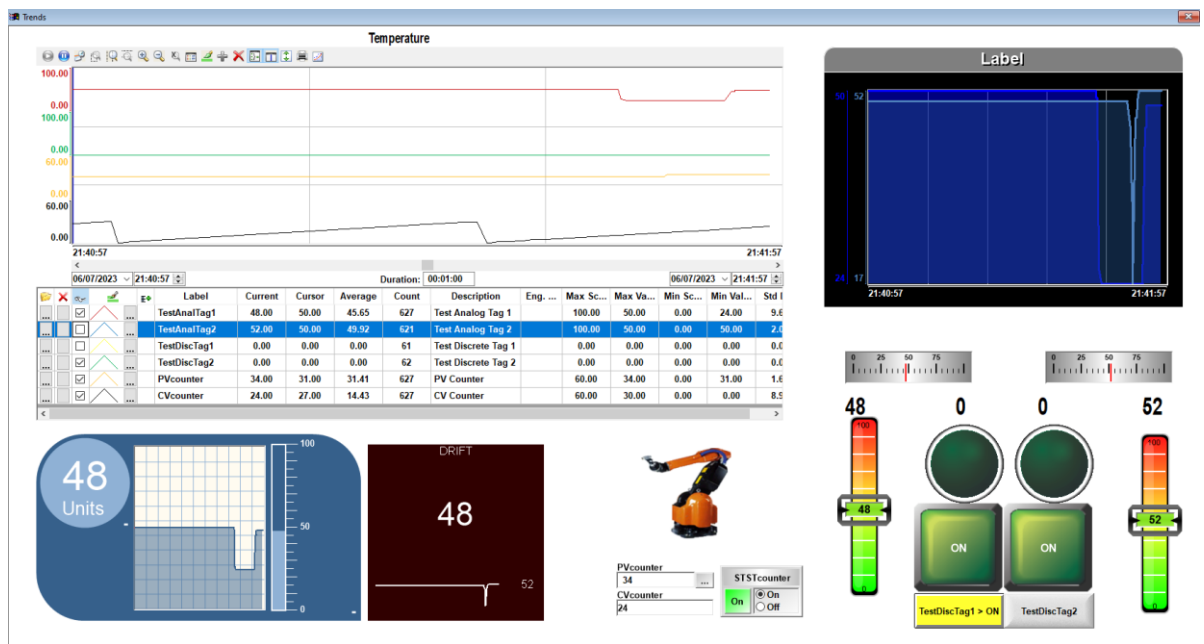


Рисунок 5.7 – Вікно «Trends»

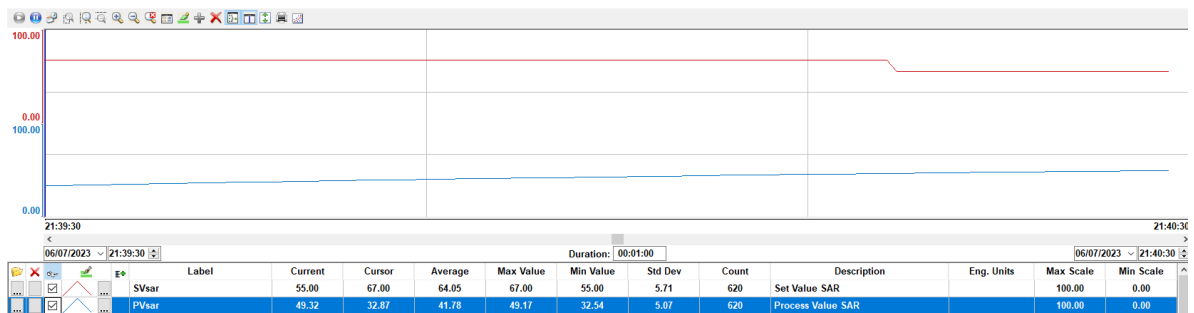


Рисунок 5.8 – Вікно «Models»

Вікно «Models» буде графік, де зображується задана температура та поточне значення температури у складському приміщенні.

5.5 Реалізація супервізорної MES-Lite функціональності в HMI/SCADA системі WebStudio

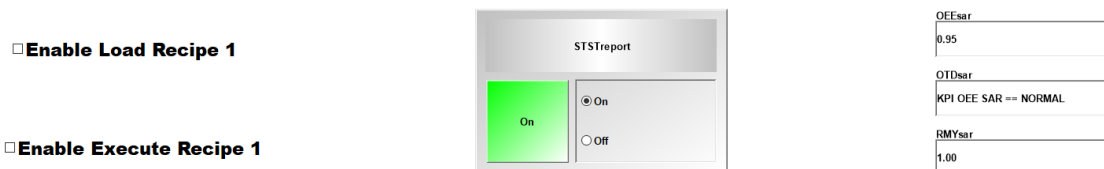


Рисунок 5.9 – Вікно «Schedules»

У вкладці «Schedules» розташовані кнопки, які формують рецепти, автоматичне створення звіту. Додатково розраховується значення ЗЕО, генеруються попереджувальні повідомлення.

У вкладці «Reports» відображається історія про роботу системи вентиляції. Тут вказується дата та час, зміна параметрів системи. Крім цього, можна самому відфільтрувати історію роботи системи. Оператор може отримувати звіти за певний період часу, вказавши початкову дату.

The Report	
Start Date : 06/07/2023 . Start Time : 21:45:55. Start User : Admin.	
<u>06/07/2023. 21:45:56. Admin.</u>	
PVcounter = 34. CVcounter = 18.	
SVsar = 55.000000. PVsar = 54.888630. CVsar = 54.922180. ZVsar = 54.921238. RVsar = 54.911934.	
OEEsar = 0.977726. OTDsar = KPI OEE SAR == NORMAL. RMYsar = 0.998585.	
<u>06/07/2023. 21:46:00. Admin.</u>	
PVcounter = 34. CVcounter = 22.	
SVsar = 55.000000. PVsar = 54.893726. CVsar = 54.925671. ZVsar = 54.924717. RVsar = 54.915752.	
OEEsar = 0.978745. OTDsar = KPI OEE SAR == NORMAL. RMYsar = 0.998649.	


Рисунок 5.10 – Звіт про роботу системи

						ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			82

Reports

Create Current RTF Report 1

Append to Current RTF Report 1



Create Historical CSV Report Trend 1

Requery

HSTreport.StartDate
04/04/

HSTreport.StartDate
[04/04/2023]

HSTreport.StartTime
00:18:

HSTreport.StartTime
[06:18:00]

HSTreport.Duration
0.2

HSTreport.Duration
[0.2]

ID	Date	Time	SVsar	PVsar	CVsar	ZVsar	RVsar	PVcounter	CVcounter	OEEsar	OTDsar	RMYear	TestAnalTag1	TestAnalTag2
26	05/12/2020	00:10:06	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	1.000000	0.000000	32.000000	50.000000	0	0
27	05/12/2020	00:10:06	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	1.000000	0.000000	22.000000	50.000000	0	0
28	05/12/2020	00:10:06	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	1.000000	0.000000	20.000000	50.000000	0	0
29	05/12/2020	00:10:07	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	1.000000	0.000000	51.000000	50.000000	0	0
30	05/12/2020	00:10:07	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	1.000000	0.000000	65.000000	50.000000	0	0
31	05/12/2020	00:10:07	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	1.000000	0.000000	100.000000	50.000000	0	0
32	05/12/2020	00:10:08	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	1.000000	0.000000	99.000000	50.000000	0	0
33	05/12/2020	00:10:08	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	1.000000	0.000000	73.000000	50.000000	0	0
34	05/12/2020	00:10:08	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	50.000000	0.000000	1.000000	0.000000	62.000000	50.000000	0	0

Рисунок 5.11 – Вікно «Reports»

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це комплекс заходів, правил і політик, спрямованих на забезпечення здоров'я і безпеки праці людини у процесі виконання нею трудової діяльності. Основна мета охорони праці полягає у запобіганні травмам, професійним захворюванням, аваріям і загибелі працівників, а також в забезпеченні комфортних та безпечних умов праці.

Забезпечення безпеки праці включає в себе широкий спектр заходів, таких як розробка безпечних робочих процесів, навчання працівників правилам техніки безпеки, впровадження необхідних технічних рішень та організаційних заходів щодо запобігання аваріям та нещасним випадкам. Ці заходи спрямовані на зменшення ризиків та створення безпечного робочого середовища.

Тема дипломного проекту: «Автоматизація системи вентиляції складського приміщення».

Предметом проектування в автоматизованій системі вентиляції є система керування вентиляційними процесами у складському приміщенні. В характеристиці цього предмету проектування підкреслюються основні параметри та особливості, що впливають на розробку рішень з охорони праці. Деякі з них включають:

1. Джерела забруднення. Вентиляційна система повинна враховувати характеристики джерел забруднення, такі як види речовин, рівень шкідливості, кількість випусків, для ефективного їх видалення.
2. Вимоги до якості повітря. Необхідно визначити параметри якості повітря, такі як температура, рівень CO₂, вологість, концентрація пилу для забезпечення здорових та безпечних умов праці.
3. Умови експлуатації, такі як температурний режим, вологість, наявність агресивних речовин або вибухонебезпечних середовищ, впливають на вибір матеріалів, обладнання та заходи безпеки.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

4. Джерела забруднення. Вентиляційна система повинна враховувати характеристики джерел забруднення, такі як види речовин, рівень шкідливості, кількість випусків, для ефективного їх видалення.

Ці характеристики є важливими при проектуванні системи вентиляції і враховуються при розробці ефективних рішень з охорони праці, які повинні сприяти забезпеченню безпеки, комфорту та здоров'я працівників у складському приміщенні.

У цьому розділі наведені пропозиції щодо необхідних технічних рішень та організаційних заходів для забезпечення безпечної експлуатації системи вентиляції. Також визначені основні технічні рішення та організаційні заходи, що спрямовані на покращення умов праці та санітарних умов. Розглянуто питання електробезпеки, пожежної безпеки, освітлення, мікроклімату, складу повітря у робочій зоні, виробничому шуму.

6.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації засобів контролю й автоматизації

Складське приміщення, яке має площу 450 м² та висоту 5 м, знаходиться на огороженій території та має можливість під'їзду транспорту. Складська будівля збудована з металоконструкцій та сендвіч-панелей товщиною 250 мм, має прямокутну форму. Стіни складу побудовані з використанням негорючих матеріалів. Підлога складу бетонна з антипиловим покриттям, мінімальне навантаження на підлогу не менше 5 т/м². За класифікацією складських приміщень Knight Frank цей склад відноситься до класу В. Склад обладнаний припливно-витяжною вентиляцією та пожежною сигналізацією. У складському приміщенні відведено зону під адміністративні приміщення, де знаходиться технічний персонал. Адміністративна зона складається з диспетчерської та офісних кімнат, площа виділеного місця складає 25 м².

Місце роботи оператора щита управління розташоване окремо від основної частини складу, приміщення площею 6 м². У кімнаті оператора знаходиться щит автоматизації з електронним обладнанням, яке відповідає за роботу сис-

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

теми, комп'ютер із встановленим програмним забезпеченням для керування системою вентиляції. Це обладнання призначене для збору та обробки даних, отриманих із вимірювальної апаратури, також використовується для управління технологічним процесом. Електрична система використовується для передачі сигналів від датчиків, вона потребує точного виконання правил експлуатації і завжди повинна бути у бездоганному стані. У приміщенні для оператора розташовані засоби зв'язку та пожежна сигналізація. Робоче місце має оптимальне розташування технічних засобів контролю, органів управління, засобів зв'язку та іншої апаратури, що перебуває застосування у зоні праці персоналу. Велика робоча поверхня столу, розміри якої становлять 800x600 мм, забезпечує комфортні умови для виконання всіх необхідних завдань з керування основним обладнанням та маніпулювання обслуговуючими пристроями. Робоче місце було створене з урахуванням ергономіки, технічної естетики та антропометричних даних тіла людини, таких як зріст, форма тіла, слух, зір.

Особлива увага приділяється розташуванню кнопок, органів керування та перемикачів. Вони розміщені на відповідній висоті на пульті керування, забезпечуючи зручність роботи для оператора під час виконання операцій перемикання. Розміщення елементів керування підібрано з метою забезпечення комфорту та зручності роботи оператора, без зайвих зусиль і незручностей.

При розміщенні щита передбачено достатній вільний простір між стіною та відкритою кришкою щита не менше 0,8 метра, щоб забезпечити зручність його експлуатації. Вимірювальна апаратура, контролери та виконавчі механізми мають маркування з поясненнями, на яких зазначені контрольні або регульовані параметри, а також вказано, які виконавчі механізми можуть керуватись дистанційно.

6.1.1 Електробезпека

Електричні прилади, виконавчі механізми, керуюче обладнання розташову-

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

ються в місцях із зручним доступом для обслуговування.

Для живлення вимірювального, виконавчого обладнання та контролера системи автоматизації використовується блок живлення, який під'єднаний до 5-ти провідної електричної мережі змінного струму з глухо заземленою нейтраллю і робочою напругою 220/380 В. Ця вхідна напруга трансформується до напруги 24 В, яка подається до рейки клемних затискачів. Через рейку клемних затискачів електроживлення розподіляється між виконавчими пристроями, датчиками та програмованим логічним контролером. Для підключення датчиків та виконавчих пристроїв використовується одна й та сама рейка клемних затискачів, яка забезпечує зручне та безпечне з'єднання. Щит автоматизації обладнаний захисними дверцятами, які запобігають прямому контакту людини зі струмовідними елементами та захищають від пилових частинок, що можуть потрапляти на електричне обладнання. Для забезпечення додаткової безпеки в щиті автоматизації використовується система захисного заземлення (підсистема TN-S).. Інше обладнання, таке як вентилятори, трубчасті електронагрівачі, охолоджувачі та зволожувачі, живляться напругою 220/380 В безпосередньо з електромережі.

Управління пусковою апаратурою здійснюється за допомогою окремих щитів, які також розміщені у диспетчерській.

Обладнання розробленої системи автоматизації, окрім блоку живлення на 24 В (1 клас), згідно з ДСТУ ІЕС 60479-1:1994, належить до 3 класу електрозахисту. Згідно з ПУЕ-2017, щитова кімната, з точки зору небезпеки електротравматизму, відноситься до категорії приміщень з підвищеним рівнем ризику електротравматизму, оскільки існує можливість одночасного дотику людини до електропровідних частин ЕУ з одного боку, та до заземлених металоконструкцій будівлі та технологічного устаткування з іншого боку.

6.1.2 Технічні рішення та організаційні заходи щодо запобігання електричних травм від дотику до нормально струмоведучих частин

Відповідно до ДСТУ 7237:2011 для запобігання від контакту з струмопро-

										Арк.
										87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТА-91404.0012.001.АТХ.П					

відними частинами обладнання використовують рішення:

Використання ізоляційних матеріалів, які забезпечують надійний бар'єр між електричними проводами та нормально струмопровідними частинами обладнання. Ізоляційні матеріали, такі як спеціальні пластикові покриття, гумові накладки або керамічні ізолятори, зменшують ризик електричного удару і створюють безпечне середовище для роботи. Завдяки ізоляції на 1 В доводиться 1кОм опору. Для захисту кабелів від механічних пошкоджень їх прокладають у кабельних каналах. Кабелі мають бути невеликої довжини.

Забезпечено правильне маркування небезпечних зон, встановлені видимі попереджувальні знаки та попереджувальні таблички. Це допоможе працівникам своєчасно виявити небезпечні галузі та вжити необхідних заходів безпеки.

Використовуються системи захисту від КЗ, струмів витоку, струмових перевантажень та електричної дуги із застосуванням автоматів максимального струмового захисту, диференційних автоматів, захисних пристроїв за напругою тощо. Дані системи захисту моніторять струм і напругу в електричній системі та автоматично відключають подачу електроенергії у разі виникнення небезпеки. Вони дозволяють швидко виявляти потенційні проблеми та запобігти небезпечним ситуаціям, забезпечуючи безпеку персоналу та обладнання.

Щит автоматизації ЩШМ забезпечує безпеку працюючої людини від дотику до струмовідних частин ЕУ. Щит захищає електричне обладнання від пошкоджень, попадання пилу та вологи на електронні компоненти. ПЛК розміщено з урахуванням забезпечення безпеки в обслуговуванні, щоб у разі ремонту іскри не змогли нашкодити людині та викликати коротке замикання. Рухливі елементи приладів з струмоведучими частинами встановлюють з урахуванням того, щоб вони не замкнули ланцюги під впливом ваги. Для рухливої електропроводки, яка розташована на дверях щита автоматизації, використовують мідні дроти, типу ПВ2 - ПВ4. Кабелі з мідними жилами та пере-

										Арк.
										88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТА-91404.0012.001.АТХ.П

різом 0,75 мм² використовуються для ланцюгів живлення, керування та захисту. Клемні колодки встановлюються знизу щита, для зручного підключення проводів.

В процесі роботи з електричним обладнанням використовуються різні засоби для електрозахисту. Серед них є штанги, екрани, боти, килимки, струмовимірювальні кліщі, монтерський інструмент з ізолюючими рукоятками, рукавички та покажчики напруги. Усі ці захисні засоби з гуми повинні зберігатися в спеціальній шафі, яка призначена для збереження їх якості.

6.1.3 Технічні рішення по запобіганню електричних травм при переході напруги на нормально неструмоведучі частини.

Відповідно до ДСТУ 7237:2011 щодо запобігання електричних травм людини при контакті з металевими не струмопровідними частинами потрібно використовувати систему захисного заземлення (підсистему TN-S /занулення/).

Система захисного заземлення типу TN (підсистема TN-S) виключає можливість ураження персоналу електричним струмом при пробі на корпус ЕУ однієї з фаз електромережі, що забезпечується завдяки швидкому вимиканню ділянки електромережі, на якій виникло замикання фази на корпус, за рахунок використання пристроїв максимального струмового захисту.

Застосування системи захисного заземлення типу TN (підсистема TN-S) також дозволяє у разі перевищення допустимих значень струмів витоку на землю в ЕУ забезпечити захист персоналу за рахунок застосування диференційних автоматів струмового захисту (ПЗВ).

Необхідно також додатково проводити відповідні організаційні заходи, які відіграють важливу роль у запобіганні електричним травмам. Передусім, необхідно проводити регулярні навчання та інструктажі із працівниками з питань безпеки роботи з електричним обладнанням. Персонал повинен бути

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

ознайомлений із можливими небезпеками, правилами експлуатації та процедурами безпеки.

6.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1. Мікроклімат робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 основними параметрами мікроклімату у виробничих приміщеннях є: швидкість руху повітря, температура повітря, інтенсивність теплового опромінення, відносна волога повітря.

З метою забезпечення оптимальних умов мікроклімату, враховуючи категорію роботи оператора щита керування, яка відповідає І-б (легка фізична робота, менше 150 ккал/год). Нижче наведені оптимальні параметри мікроклімату.

Таблиця 6.1 - Оптимальні характеристики мікроклімату

Пора року	Холодна пора року	Тепла пора року
Параметр	Оптимальні	Оптимальні
Температура, °С	21-23	22-25
Відносна вологість, %	60-40	60-40
Швидкість повітряного потоку, м/с	0,1	0,2

У приміщенні керування системою вентиляції температура має бути в межах 19 °С - 24 °С.

У приміщенні під час холодного періоду року фактична температура становить 20 °С, а в теплий період 23 °С. Швидкість руху повітря складає 0,2 м/с, а відносна вологість - 50%. Зазначені значення відповідають нормам. Для комфортної роботи оператора передбачена система вентиляції з підігрівом та охолодженням повітря. Оптимальні температурні умови у складському приміщенні забезпечуються за допомогою системи вентиляції з підігрівом.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Рівень шкідливих речовин у робочій зоні не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), які використовуються при проектуванні виробничих будівель, технологічних процесів, обладнання та

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

вентиляції, з метою контролю якості робочого середовища та запобігання негативному впливу на здоров'я працюючих. Забезпечення безпечних умов праці та профілактика потенційних ризиків для здоров'я персоналу є пріоритетними завданнями.

Під час регулярного санітарного контролю рівня шкідливих речовин у повітрі робочої зони рекомендується використовувати метод визначення максимально-разової концентрації. При цьому, фільтр або поглинач, яким виконується поглинання шкідливих речовин, повинен мати ефективність не менше 95%. Метод має забезпечувати селективне визначення шкідливих речовин у відібраній пробі повітря на рівні не більше 0,5 ГДК (гранично допустимої концентрації). Правильне виконання цих процедур важливим для забезпечення безпечних умов праці та контролю якості робочого середовища. Під час застосування методу визначення змісту шкідливих речовин у проточному повітрі рекомендується досягати рівня 0,3 ГДК при необмеженому часі забору проби. Цей метод забезпечує точність вимірювань та надійність результатів, що є важливими аспектами у контролі якості робочого середовища та забезпеченні безпечних умов праці.

6.2.3 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення складається зі штучного та природного освітлення.

Для мінімізації використання штучного освітлення, склад має достатню кількість вікон та світлопропускних панелей, які пропускають природне світло.

У складському приміщенні використовується загальне штучне рівномірне робоче освітлення. У приміщенні важливо забезпечити рівномірне освітлення на всій площі. Для цього застосовані світильники з розсіювачами, вони розподіляють світло рівномірно у всіх напрямках. Також слід враховувати висоту підвісу світильників, щоб забезпечити оптимальне освітлення на робочих поверхнях. Для забезпечення енергоефективності та економії електроенергії встановлені енергоефективні джерела світла, зокрема світлоді

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

одні (LED) лампи та світильники. LED-світильники мають довгий термін служби, високу якість світла і споживають менше енергії порівняно з традиційними джерелами світла. Немає погано освітлених зон, ламп, що сліплять, різких тіней, відблисків від них.

Визначення нормованої освітленості залежить від трьох ключових факторів: розряду зорової роботи, підрозряду зорової роботи, коефіцієнта відбиття від робочої поверхні та контрасту об'єкта спостереження з фоном. У даному випадку має місце третій розряд зорової роботи (високої точності), підрозряд б. Контраст між об'єктом спостереження та фоном складає $K = 0.4$, а коефіцієнт відбиття дорівнює $r = 0.3$. Позначення "в" вказує на підрозряд зорової роботи. Нормоване значення освітленості для загальної системи освітлення, яка відповідає третьому розряду зорової роботи (3-б), повинно становити не менше 200 лк, що відповідає встановленим вимогам.

Для випадків аварій або відключення основного джерела електропостачання передбачене запасне аварійне освітлення. Аварійне освітлення повинно забезпечити належну видимість для евакуації працівників. Резервне освітлення складається з автономних світильників з вбудованими акумуляторами, які мають достатню ємність для тривалого резервного освітлення.

Також передбачені попереджувальні знаки. Це допомагає підвищити свідомість працівників щодо безпеки та уникнути потенційних небезпек.

6.2.3 Виробничий шум

Здійснити об'єктивну оцінку виробничого шуму та встановити відповідні норми, що залежать від специфіки конкретного виду діяльності дозволяють два підходи:

Перший підхід полягає у встановленні припустимих рівнів звуку (LA) в дБА, враховуючи особливості конкретного середовища.

Другий підхід передбачає встановлення припустимих рівнів звукового тиску в децибелах (дБ) у октавних смугах частот, залежно від характеру вико-

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

нуваних робіт.

Головним джерелом шуму у складському приміщенні є припливно-витяжні вентилятори, у місці де працює оператор – комп'ютер. Рівень звуку дорівнює 49 дБА. Для зменшення шуму вентилятора встановлюють амортизатори шуму, які кріплять на випускному отворі вентиляційної системи. Використання спеціальних коробок або кожухів навколо вентилятора може допомогти утримувати шум всередині коробки і запобігти його поширенню у приміщенні.

6.3 Пожежна безпека та профілактика

У робочому приміщенні оператора щита управління розташовані щит автоматизації, пульт управління, монітори, прилади, меблі (стіл, стілець, офісна шафа). Згідно з діючою класифікацією робочі зони щитового приміщення відносяться до класу П-Па - пожежонебезпечні. Згідно класифікації приміщень за вибухо- та пожежонебезпекою, складське приміщення відноситься до категорії В з урахуванням його характеристик..

На складі знаходяться різноманітні товари, тверді горючі матеріали, ящики та стелажі, а також складське обладнання та важкогорючі речовини. У приміщенні оператора щита управління знаходиться електрообладнання та пластмасові коробки для проводів. Електричні установки містять горючі речовини, в основному ізоляційні матеріали, такі як гума, папір, пластмаси, поліетилен та вінілпласт. Горіння цих матеріалів супроводжується великим виділенням диму та часто проявляється у вигляді тління без відкритого полум'я. Кабельні містки горять полум'ям, яке супроводжується значним виділенням продуктів неповного згоряння, таких як оксид вуглецю (СО).

На складі застосовані комплексні заходи з протипожежного захисту,, які включають профілактичні заходи та спеціальні системи для виявлення та тушіння пожежі. Забезпечення протипожежного захисту здійснюється шляхом дотримання норм і правил, пов'язаних із пожежною безпекою.

Джерелами загоряння в приміщенні можуть бути:

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

- електричні системи, прилади, кабелі та інші електротехнічні компоненти можуть стати джерелом загоряння через коротке замикання, перевантаження або несправність;
- наявність легкозаймистих речовин, таких як розчинники, мастила, фарби, лаки або горючі рідини;
- неправильне поводження з відкритим вогнем, таке як недопалені сигарети, свічки або незахищені нагрівальні прилади, може спричинити пожежу;
- пошкодження обладнання, витік рідин або порушення ізоляції можуть спричинити коротке замикання або перегрів, що може призвести до загоряння;
- неправильне зберігання матеріалів, особливо небезпечних речовин, може викликати пожежу, якщо вони потрапляють у контакт з іншими речовинами, окисляючими агентами або неправильною температурою.

Для запобігання пожежі прийняті наступні заходи:

Регулярна перевірка та обслуговування системи вентиляції. Система вентиляції повинна регулярно перевірятися та обслуговуватися фахівцями. Це включає очищення вентиляційних каналів від забруднень, перевірку роботи вентиляційних пристроїв та заміну фільтрів.

Встановлення датчиків диму та пожежних сповіщувачів. Усі приміщення складу, включаючи робоче місце оператора щита управління, повинні бути обладнані датчиками диму та пожежними сповіщувачами. Воно дозволить вчасно виявити пожежу і активувати систему пожежної сигналізації.

Організація системи евакуації. Усі приміщення складу, включаючи приміщення з автоматизованою системою вентиляції, повинні мати належно позначені шляхи евакуації, плани надзвичайних ситуацій та працюючі аварійні виходи.

Запобігання перегріву обладнання. Обладнання системи вентиляції повинно бути правильно розташоване і належно охолоджуватися. Необхідно

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

встановити системи контролю температури та автоматичного відключення у разі перегріву.

Використання автоматичних вогнегасників. У разі виявлення пожежі система вентиляції може бути підключена до автоматичних вогнегасників. Таке рішення дозволить швидко і ефективно локалізувати та загасити вогонь, запобігаючи його поширенню.

Згідно вимог ДСТУ 3675-98 та ISO 3941-2007, складське приміщення обладнане первинними засобами пожежогасіння - портативними вогнегасниками з піни або порошку. Ці типи вогнегасників ефективні при гашенні різних класів пожеж, включаючи пожежі рідин, твердих речовин та газів. Вогнегасники з піни створюють плінтус пінного матеріалу, який загасає вогонь шляхом виключення доступу повітря до джерела запалення. Вогнегасники з порошком діють шляхом затримання хімічних реакцій горіння і можуть бути застосовані для ліквідації горіння ЕУ під напругою (клас пожежі «Е»). У приміщенні для персоналу та в основній зоні складу розміщені плани евакуації під час пожежі.

На складі діє система пожежного зв'язку та автоматична пожежна сигналізація, які сповіщають про виникнення пожежі і забезпечують оперативне керування пожежними командами у разі небезпеки. Ці системи гарантують швидку реакцію на пожежні події та забезпечують безпеку працівників та товарів. Автоматична система пожежної сигналізації складається з датчиків, розташованих у приміщенні і підключених до центральної станції, яка живиться від мережі змінного струму напругою 220 В. У разі виникнення пожежі, за допомогою світлових і звукових сигналів, інформація передається обслуговуючому персоналу та пожежній команді.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Визначимо загальну вартість складових АСК $V_{об}$, тис. грн, як суму вартості всіх комплектуючих системи автоматизації, яка розрахована у табл. 7.1. Враховуючи особливості об'єкта автоматизації припустимо, що термін окупності $T_{ок*} = 3$ роки.

Таблиця 7.1 – Таблиця вартості обладнання на створення АСК станом на 20.05.2023

№ п/п	Назва обладнання	Одиниці вимірювання	Кількість	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, грн
1	Датчик температури зовнішній Danfoss ESMT	шт.	1	1575	1575
2	ПЛК Modicon M171	шт.	1	7400	7400
3	Belimo SF24A-MF	шт.	2	14400	28800
4	ПК оператора	шт.	1	17700	17700
5	Канальний вентилятор Vents	шт.	2	6840	13680
6	Звукова сигналізація Z-SUM230 270584 Moeller	шт.	1	610	610
7	Блок живлення, DR 120-24	шт.	1	1600	1600
8	Зволожувач повітря	шт.	1	27300	27300

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

Кінець таблиці 7.1

№ п/п	Назва обладнання	Одиниці вимірювання	Кількість	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, грн
28	Фреоновий охолоджувач, С-ФКО-100-50	шт.	1	21050	21050
29	Вугільний фільтр	шт.	2	4783	9566
30	Повітряні заслінки	шт.	2	2000	4000
31	Регулятор потужності, Sirin W5SP4V030	шт.	2	7500	7500
32	Частотний перетворювач, Danfoss VLT Micro Drive FC	шт.	1	8 792	8 792
33	Сигнальний світлодіод, USS-10	шт.	4	48	192
				В_{об}, тис.грн:	279

Визначимо вартість на проектування, розробку алгоритмів управління та програмування системи верхнього рівня $V_{пр}$, тис. грн (залежить від складності об'єкта автоматизації, для розрахунку беремо приблизно 5% $V_{об}$).

$$V_{пр} = 0.05 * V_{об} = 0.05 * 279 = 13.95 \text{ тис. грн (вартість на проектування).}$$

Визначимо витрати на пакування та транспортування $V_{т}$, тис. грн (для розрахунку взяти приблизно 3% $V_{об}$).

										Арк.
										99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТА-91404.0012.001.АТХ.П					

$V_T = 0.03 \cdot V_{об} = 0.03 \cdot 279 = 8.37$ тис. грн (витрати на пакування та транспортування).

Визначимо витрати на монтаж складових системи V_M , тис. грн (для розрахунку беремо 20% $V_{об}$).

$V_M = 0.2 \cdot V_{об} = 0.2 \cdot 279 = 55.8$ тис. грн (витрати на монтаж складових системи).

Визначимо витрати на виконання пусконаладжувальних робіт $V_{пн}$, тис. грн (для розрахунку беремо 10% $V_{об}$).

$V_{пн} = 0.1 \cdot V_{об} = 0.1 \cdot 279 = 27.9$ тис. грн (витрати на виконання пусконаладжувальних робіт).

Капітальна вартість впровадження АСК $\Delta K_{авт}$, тис. грн. розраховуються за формулою:

$$\Delta K_{авт} = V_{об} + V_{пр} + V_T + V_M + V_{пн}, \quad (7.1)$$

$\Delta K_{авт} = 279 + 13.95 + 8.37 + 55.8 + 27.9 = 385.02$ тис. грн.

Розрахуємо додаткові витрати на електроенергію V_e , тис. грн/рік за формулою (7.2), заповнивши табл. 7.2.

$$V_e = C_e \cdot T \cdot N, \quad (7.2)$$

Таблиця 7.2 - Потужність засобів автоматизації

№ п/п	Прилад	Кількість, шт	Потужність одиниці, Вт	Загальна потужність, Вт
1	Канальний вентилятор Vents	2	233	466
2	Нормуючий перетворювач	5	0.8	4
3	ПЛК, Modicon M171	1	4	4
4	Фреоновий охолоджувач, С-ФКО-100-50	1	16500	16500
5	ПК оператора	1	240	240

Кінець таблиці 7.2

№ п/п	Прилад	Кількість, шт	Потужність одиниці, Вт	Загальна потужність, Вт
6	Звукова сигналізація Z-SUM230 270584 Moeller	1	50	50
7	Блок живлення, DR 120-24	1	120	120
8	Регулятор потужності, Sipin W5SP4V030	2	2000	4000
9	Частотний перетворювач Danfoss VLT Micro Drive FC	1	5.5	5.5
10	Сигнальний світлодіод, USS-10	4	10	40
11	Трубчатий електричний нагрівач, Salda EKA200-3	2	75000	150000
12	Зволожувач повітря	1	2200	2200
13	Belimo SF24A-MF	2	8.5	17
Сумарна потужність N, кВт:				173.6

Додаткові витрати на електроенергію V_e , тис.грн/рік за формулою (7.2)

становлять:

$C_e = 4,5$ грн/кВт-год (тариф на електроенергію),

$T = 7500$ год (час роботи обладнання за рік, год).

$V_e = 4.5 * 7500 * 173.6 = 5859$ тис.грн/рік.

Витрати на реновацію (амортизаційні відрахування) V_a , тис.грн/рік за формулою (7.3):

$V_a = 0.2 * 385.02 = 77$ тис. грн/рік.

Витрати на поточний ремонт і обслуговування системи V_p , тис.грн/рік за формулою (7.4):

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

$$V_p = 0.5 \cdot \Delta K_{\text{авт}} \quad (7.4)$$

$$V_p = 0.5 \cdot 385.02 = 192.51 \text{ тис. грн/ рік}$$

Додаткові витрати на зарплату експлуатаційного персоналу V_z , тис.грн/рік за формулою (7.5):

$$V_z = V_{\text{зн}} \cdot T \cdot n, \quad (7.5)$$

де $V_{\text{зн}}$ – заробітна плата працівника в місяць, тис.грн;

n – кількість працівників, чол;

T – час роботи АСР за рік, міс.

$$V_z = 15,5 \cdot 8 \cdot 2 = 248 \text{ тис. грн/ рік}$$

Додаткові витрати на обслуговування системи визначаємо за формулою (7.6).

$$\Delta V_{\text{авт}} = V_e + V_a + V_p + V_z \quad (7.6)$$

$$\Delta V_{\text{авт}} = 77 + 248 + 192.51 + 5859 = 6376.5 \text{ тис. грн/ рік}$$

Економія експлуатаційних витрат від введення АСР у дію ΔU визначається таким чином:

$$\Delta U = E_k - \Delta V_{\text{авт}}, \quad (7.7)$$

Візьмемо значення $E_k = 6510$ тис. грн/ рік.

$$\Delta U = 6510 - 6376.5 = 133.5 \text{ тис. грн/ рік.}$$

Розрахуємо термін окупності $T_{\text{ок}}$ за формулою (7.8).

$$T_{\text{ок}} = \Delta K_{\text{авт}} / \Delta U \quad (7.8)$$

$$T_{\text{ок}} = 385.02 / 133.5 = 2.8.$$

Оскільки, виконується умова $T_{\text{ок}} \leq T_{\text{ок}^*}$. Створена системи економічно доцільна, так як термін окупності менший за 3 роки.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

ВИСНОВКИ

В процесі виконання дипломного проекту, було розроблено автоматизовану систему вентиляції для складського приміщення.

Спочатку було здійснено ознайомлення з об'єктом автоматизації. У ході вивчення об'єкта автоматизації було вивчено принцип роботи системи вентиляції, конструкцію вентиляції, елементи обладнання та їх характеристики. Також було встановлено характеристики всієї системи вентиляції. На основі отриманої інформації були розглянуті різні варіанти існуючих СКВ з їх перевагами та недоліками, визначено вимоги та функції до системи вентиляції. Після затвердження всіх вимог було розпочато роботу з проектування автоматизованої системи вентиляції. Було розглянуто та підібрано відповідне вимірювальне та виконавче обладнання. При підборі обладнання враховувалося підключення, встановлення датчиків, виконавчих механізмів. Окрема увага була приділена вибору контролера. Після цього етапу була розроблена структурна схема ПТК, з докладним описом всіх компонентів, їх взаємодією між собою.

Наступна частина роботи була присвячена розрахункам вимірювальних каналів та регульовально-виконавчим каналам САР. У цьому розділі докладно описані функції вимірювальних каналів, їх компоненти, засоби захисту від перешкод, монтаж датчиків. Додатково було наведено структурні схеми вимірювальних каналів. Також було проведено метрологічні розрахунки та розрахунки на надійність вимірювальних каналів. У другій частині розділу було проведено розрахунки САР. В ході отриманих відомостей було обрано одноконтурну САР з ПІ-регулятором. Розрахунки САР були проведені двома методами - інженерним та РАФХ. При обчисленнях метод РАФХ показав себе краще, проте інженерний метод виявився кращим за каналом «завдання-вихід», перерегулювання, динамічна похибка менші ніж у метода РАФХ.

Далі робота містила креслення із проектування системи вентиляції. У цій

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

частині було розроблено функціональну схему автоматизації зі специфікацією обладнання. Також розділ містить електричну схему, де показані з'єднання датчиків та виконавчого обладнання, схему щита. В кінці розділу були зображені схеми із загальним виглядом щита, де розташовується обладнання у щиті та яке обладнання підключається до щита.

Також розробка системи вентиляції передбачає програмування ПЛК та розробку SCADA-системи. У цих двох розділах були наведені ілюстрації з програмуванням ПЛК та розробкою вікон для SCADA.

Фінальним етапом розробки проекту є розрахунок техніко-економічних показників та рішення щодо охорони праці. Під час розгляду питання безпеки, створена система вентиляції у складському приміщенні відповідаємо всім вимогам та стандартам охорони праці. Техніко-економічні розрахунки показали, що дана система окупиться через 2 роки та 8 місяців, що доводить її доцільність.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления учеб. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 9 с., 2006. 30с.
2. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха: учеб. пособие / Бондарь Е. С., Гордиенко А. С., Михайлов В. А., Нимич Г. В. К.: ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим» 2005. 560 с.
3. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник / Довгалюк В.Б. Київ: КНУБА, 2020, 56 с.
4. Пыжов В. К., Смирнов Н. Н. Системы кондиционирования, вентиляции и отопления. 3-е изд., 2019. 315 с.
5. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (ДНАОП 0.00-1.32-01).
6. ДСТУ Б А.2.4-3-95. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. Вид. офіц. Київ, 2001. 14 с.
7. ДБН Д.2.4-17-2000. Електромонтажні роботи. [Чинний від 2000-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2000. 32 с.
8. ДСТУ EN 61140:2015. Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання. Вид. офіц. Київ, 2015.
9. ДСТУ 7237:2011. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту
10. Гудвин Г. К., Гребє С. Ф., Сальгадо М. Э. Проектирование систем управления, 2004. 560с.

					ТА-91404.0012.001.АТХ.П	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105