

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет (ННІ) Енергетики, автоматики і енергозбереження

УДК 628.88

**ПОГОДЖЕНО** **ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Декан факультету (Директор ННІ) Завідувач кафедри  
Енергетики, автоматики і енергозбереження Кафедра автоматики та робототехнічних  
(назва факультету (ННІ)) систем ім. акад. І.І. Мартиненка  
(назва кафедри)

Каплун Віктор Володимирович Лисенко Віталій Пилипович  
(підпис) (ПІБ) (підпис) (ПІБ)  
“ ” 2022 р. “ ” 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему Розроблення та дослідження комп'ютерно-інтегрованої системи керування вентиляційною установкою для цеху виготовлення лікарських препаратів з використанням КТЗ Siemens

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(код і назва)

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

проф. Д.Т.Н.  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

**Виконала**

(підпис)

Заснь Наталя Анатоліївна  
(ПІБ)

Болбот Анастасія Ігорівна  
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Факультет (ННІ) Енергетики, автоматики і енергозбереження

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматики та  
робототехнічних систем (М. акад. І.І.

НУБІП України

Мартиненка

проф., д.т.н.

(науковий ступінь, вчене звання)

Лисенко Віталій Пилипович

(підпис)

(ПІБ)

“ ” 2022 року

ЗАВДАННЯ

НУБІП України

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Болбот Анастасії Ігорівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

Освітня програма

Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-наукова

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Розроблення та дослідження комп'ютерно-інтегрованої системи керування вентиляційною установкою для цеху виготовлення лікарських препаратів з використанням КТЗ Siemens.

Затверджена наказом ректора НУБіП України від “ ” 20 р. №

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(дні, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- 1.
- 2.
- 3.

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання “ ” 20 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Заєць Н.А.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Болбот А.І.

(прізвище та ініціали студента)

## РЕФЕРАТ

До складу даної магістерської роботи входить вступ, основна частина, висновки та використані джерела. Усього робота займає 102 сторінки, налічує 56 рисунків, 16 таблиць, 40 формули.

У якості об'єкта дослідження даної магістерської роботи є процес керування вентиляційною установкою для цеху виготовлення лікарських препаратів.

Предмет дослідження – закономірності, моделі та методи побудови систем автоматизації з метою ефективного керування вентиляційною установкою для цеху виготовлення лікарських препаратів.

Метою праці є створення системи керування вентиляційною установкою для цеху виготовлення лікарських препаратів.

Задачі, що розглядаються у даній магістерській роботі:

- створити та проаналізувати математичну модель системи керування температурою в вентиляційній системі;
- підібрати засоби реалізації системи;
- створити функціональну схему, електричну схему, розробити алгоритм роботи та SCADA систему;
- провести аналіз якості показників отриманої системи;
- провести кошторисні розрахунки.

Дана робота є актуальною, оскільки останнім часом загроза людському життю та здоров'ю, нажаль вишла на передній план нашого життя.

Виготовлення ліків є одним з небагатьох шляхів до вирішення даної проблеми.

По даній магістерській роботі було опубліковано одну тезу доповіді.

Ключові слова: СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ, ФАРМАЦЕВТИКА, МІКРОКЛІМАТ, ВЕНТИЛЯЦІЙНА СИСТЕМА.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	6
1.1 Інформаційний аналіз об'єкта керування та стану автоматизації.....	6
1.2 Розробка функціональних схем автоматизації.....	9
1.3 Температуро-вологісні режими при виготовленні дисків та тиск в приміщеннях.....	22
1.4 Мета та задачі випускної магістерської роботи.....	24
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	25
2.1 Розробка математичної моделі.....	25
2.2 Розробка та дослідження імітаційної моделі об'єкта автоматизації.....	31
2.4 Вибір алгоритму керування об'єктом.....	35
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТОМ.....	40
3.1 Вибір технічних засобів.....	40
3.2 Вибір контролера.....	55
3.3 Розробка програмно-апаратного забезпечення для реалізації алгоритму керування із використанням контролерів.....	59
3.4 Розробка системи моніторингу.....	70
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	80
4.1 Оцінка якості автоматичної системи керування.....	80
4.2 Розрахунок надійності системи автоматичного керування.....	84
РОЗДІЛ 5. СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	87
5.1 Розробка схеми електричної принципової.....	87
5.2 Розробка щита керування.....	94
РОЗДІЛ 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	102

Вступ

НУБІП України

ОВІК (опалення, вентиляція і кондиціонування) це цілий комплекс, здатний підтримувати в приміщенні необхідну температуру. Працює за допомогою системи технічних пристроїв, що підтримують всі параметри повітря:

- Температуру;
- Вологість;
- Загазованість.

НУБІП України

Повітря з приміщення через систему вентиляторів і труб виводиться назовні, а в приміщення подається чисте повітря встановленими параметрами.

Системи автоматизації ОВІК, призначені для вентиляції, опалення та кондиціонування будівлі, а також підтримання кліматичних параметрів та перепадів тисків у виробничих та інших приміщеннях.

НУБІП України

Вентиляційні системи, модулі односпрямованого потоку, рециркуляційні модулі та місцеве обладнання (місцеві витяжні вентилятори, місцеві припливні вентилятори, електрокалорифери) призначені для підготовки та подачі повітря в приміщення, а також для підтримання параметрів клімату, перепадів тиску, швидкостей повітря в зонах ламінарного потоку в заданих проектом діапазонах.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАЛІЗАЦІЇ

## 1.1 Інформаційний аналіз об'єкта керування та стану

### автоматизації

Під створенням мікроклімату в об'єктах комерційної нерухомості мають на увазі їх забезпечення декількома інженерними системами, завданням яких є підтримка в будівлях параметрів:

- Кратність повітрообміну;
- Температурний режим;
- Очищення повітря;
- Певний рівень вологості,

необхідних для нормальної діяльності персоналу, відвідувачів та забезпечення виробничих/технологічних процесів. Іншими словами, проектам комерційної

нерухомості необхідні системи опалення, вентиляції та кондиціонування. На заході вони позначаються збірним поняттям HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning). Однак тут необхідно зазначити, що у вузькому розумінні

термін HVAC визначає лише чотиритрубну систему «чиллер-фенкойл», хоча

останнім часом поняття HVAC набуло більш широкого контексту та стало

збірним для центральних систем мікроклімату об'єктів. Як правило, тут

йдеться про інтегровані системи опалення, вентиляції та кондиціонування, які в свою чергу нерідко є ще та частиною систем «інтелектуального будинку»,

повністю автоматизованими та керованими за допомогою комп'ютерної

техніки.

На сьогоднішній день найпрогресивнішим рішенням створення мікроклімату є повна інтеграція систем, що існували окремо, опалення,

вентиляція та кондиціонування повітря. Важливою є можливість інтегрованих

систем в автономному режимі. Крім того, ці інтегровані системи за допомогою

професійного управління дають змогу забезпечити користувачам

максимальний рівень комфорту, можливість створювати певний мікроклімат

в тому чи іншому приміщенні з опцією одночасного нагрівання та охолодження різних розмірів площ.



Рисунок 1.1. Зовнішній вигляд вентиляційної установки

При впровадженні вентиляційної установки в цех фарм підприємства слід зазначити що всі його параметри контролюються та досліджуються з максимальною точністю. Для забезпечення певних процесів виготовлення лікарських препаратів необхідно впроваджувати додаткові вентиляційні установки які діляться на два типи:

1. Модуль односпрямованого потоку повітря – лабораторний прилад для роботи з біологічними об'єктами в стерильних умовах (Рис. 1.2).
2. Рециркуляційний модуль – лабораторний прилад для забезпечення окремого «мікроклімату» в певній частині приміщення, моді встановлюється на все приміщення (Рис.1.3).



Рисунок 1.2. модуль односпрямованого потоку повітря



Рисунок 1.3. рециркуляційний модуль

## 1.2 Розробка функціональних схем автоматизації

Функціональна схема одна з найважливіших, в подальшій роботі з системою, схем (Додаток 1). На даному виді схем зображуються: вимірювальні прилади, виконавчі механізми, комунікації, за допомогою умовних позначень.

Дану функціональну схему розділимо на декілька частин:

- Основна частина системи припливу та витяжки повітря
- Приміщення
- Модуль односпрямованого потоку повітря та рециркуляційний модуль
- Схема відключення

Основна частина системи припливу та витяжки повітря відображає ключові частини системи які відповідають за запуск і стабільну роботу ПВ (приплив та витяжка). Саме в даній частині системи відбуваються найчастіше глобальні збої в роботі системи які призводять до непланової зупинки системи щого не допустимим в фарм виробництві. Тому в даній частині функціональної схеми має багато елементів для запобігання критичних аварій які в свою чергу можуть зупинити роботу системи. На рисунку наведеному нижче зображені всі елементи та опис до них.

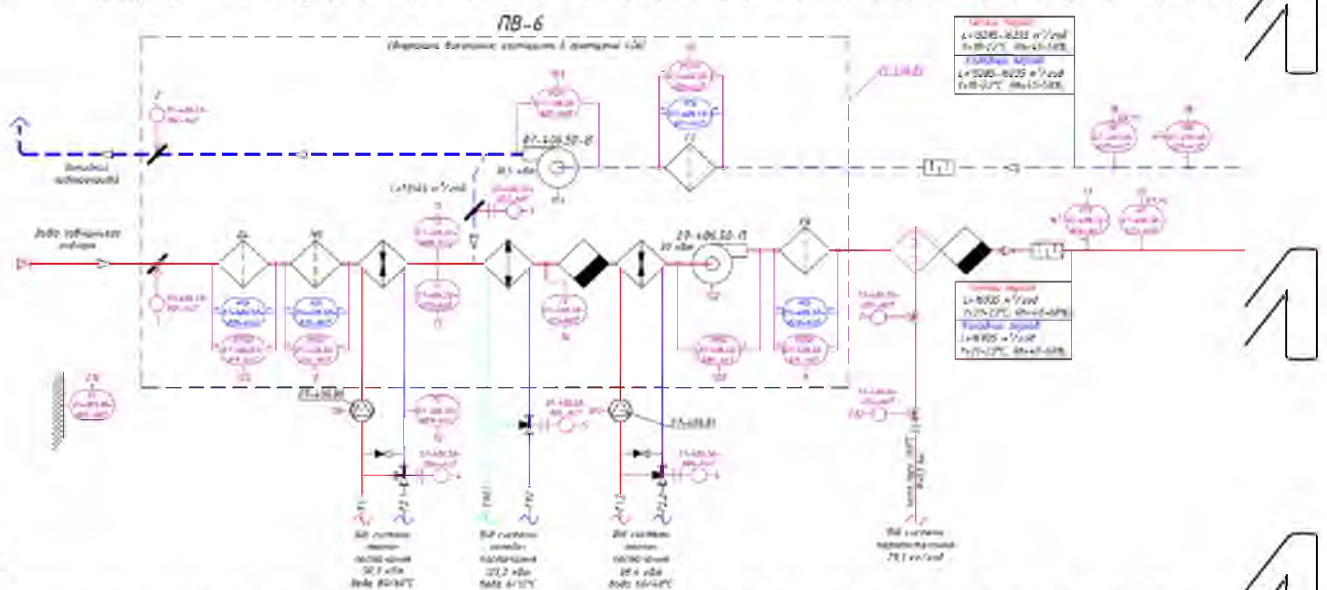


Рисунок 1.4. основна частина системи припливу та витяжки повітря

TE 07-001.00-005-AUT – датчик зовнішньої температури повітря, призначений для зміни сезону (Зима/Літо) при куруванні установкою;

TS 07-406.50-008-AUT – термостат захисту від замерзання, необхідний для запобігання обмерзання системи;

TE 07-406.50-009-AUT – датчик зворотної температури води після першої секції нагріву, призначений для запобігання обмерзання теплообмінника першої секції нагріву;

TE 07-406.50-010-AUT – датчик температури повітря після першої секції нагріву, призначений для запобігання обмерзання теплообмінника першої секції нагріву;

TE 07-406.50-011-AUT – датчик температури повітря після секції охолодження, необхідний для запобігання обмерзання системи;

UE 07-406.50-022-AUT – датчик температури і вологості в припливному повітроводі, призначений для регулювання температури та вологості повітря у припливному повітроводі;

UE 07-406.50-023-AUT – датчик температури і вологості в витяжному повітроводі, призначений для регулювання температури та вологості повітря

у витяжному повітроводі;

PDSH 07-406.50-013-AUT – реле перепаду тиску на припливному фільтрі G4, призначений для перевірки забрудненості фільтра;

PDSH 07-406.50-014-AUT – реле перепаду тиску на припливному фільтрі M5, призначений для перевірки забрудненості фільтра;

PDSH 07-406.50-015-AUT – реле перепаду тиску на припливному фільтрі F9, призначений для перевірки забрудненості фільтра;

PDSH 07-406.50-016-AUT – реле перепаду тиску на витяжному фільтрі F7, призначений для перевірки забрудненості фільтра;

PDSL 07-406.50-030-AUT – реле перепаду тиску на припливному вентиляторі 07-406.50-П, необхідний для перевірки справності роботи припливного вентилятора 07-406.50-П та запуску системи;

PDSI 07-406.50-031-AUT – реле перепаду тиску на витяжному вентиляторі 07-406.50-B, необхідний для перевірки справності роботи витяжного вентиляторів 07-406.50-B та запуску системи;

PDE 07-406.50-024-AUT – датчик тиску в припливному повітроводі, необхідний для перевірки цілісності повітроводу та для керування вентилятором 07-406.50-П та 07-406.50-B

PDE 07-406.50-025-AUT – датчик тиску в витяжному повітроводі, необхідний для перевірки цілісності повітроводу та для керування вентилятором 07-406.50-П та 07-406.50-B

07-406.50-001-AUT – заслінка у припливному повітроводі, для регулювання викиду повітря з системи назовні;

07-406.50-002-AUT – заслінка у витяжному повітроводі, для регулювання забору повітря ззовні в систему;

07-406.80 – насос для подачі теплої води в теплообмінник першої секції нагріву;

07-406.50-004-AUT – триходовий клапан для регулювання температури води при подачі до першої секції нагріву;

07-406.50-005-AUT – триходовий клапан для регулювання температури води при подачі до секції охолодження;

07-406.81 – насос для подачі теплої води в теплообмінник другої секції нагріву;

07-406.50-006-AUT – триходовий клапан для регулювання температури води при подачі до другої секції нагріву;

07-406.50-003-AUT – заслінка для регулювання змішування припливного та витяжного повітря.

07-406.50-007-AUT/07-406.50-032-AUT – клапани для подачі чистої пари.

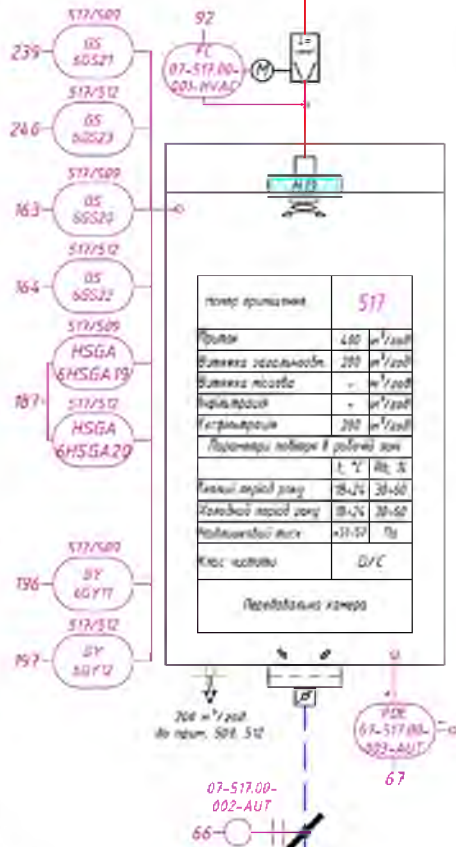
На функціональній схемі **приміщення** відображаються всі елементи автоматики які відповідають за керування процесами в окремому приміщенні.

НУБІ

НУБІ

НУБІ

НУБІ



аїни

аїни

аїни

Рисунок 1.5 приміщення на функціональній схемі

FC 07-517.00-001-HVAC – регулятор витрати повітря, необхідний для забезпечення необхідного тиску в приміщенні;

07-517.00-002-AUT – витяжна заслінка, призначена для підтримання необхідного тиску в приміщенні;

PDE 07-517.00-003-AUT – датчик тиску для визначення абсолютного тиску в приміщенні;

6GS21 – датчик відкриття дверей 517/509;

6GS23 – датчик відкриття дверей 517/5012;

6GS20 – датчик відкриття дверей 517/509;

6GS22 – датчик відкриття дверей 517/512;

6GY11 – електромагнітний замок між приміщеннями 517/509;

6GY12 – електромагнітний замок між приміщеннями 517/512;

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

6HSGA19 – світло-звуковий світлофор з екстремим розблокуванням дверей 517/509, для світлової індикації робітникам про дозвіл входу або виходу з приміщення. Звукова сигналізація сповіщує про тривале відкриття дверей і необхідність їх закриття. Кнопка екстремого розблокування дверей призначена для екстрених ситуацій;

6HSGA20 – світло-звуковий світлофор з екстремим розблокуванням дверей 517/512, для світлової індикації робітникам про дозвіл входу або виходу з приміщення. Звукова сигналізація сповіщує про тривале відкриття дверей і необхідність їх закриття. Кнопка екстремого розблокування дверей призначена для екстрених ситуацій;

Також на функціональній схемі приміщення відображаються загальні дані по приміщенню, такі як: витрата припливного повітря, витрата загального витяжного повітря, витрата місцевого витяжного повітря (якщо є місцева витяжка), інфільтрація повітря, ексфільтрація повітря, температура повітря в теплий і холодний період року, вологість повітря в теплий і холодний період року, абсолютний тиск в приміщенні та клас частоти в приміщенні – від якого залежить перепад тиску між приміщеннями.

**Модулі односпрямованого потоку повітря та рециркуляційний модуль** – це лабораторні прилади для забезпечення стерильності приміщень, або частини приміщень. На функціональній схемі вони зображуються разом з приміщенням в якому знаходяться та обслуговують.

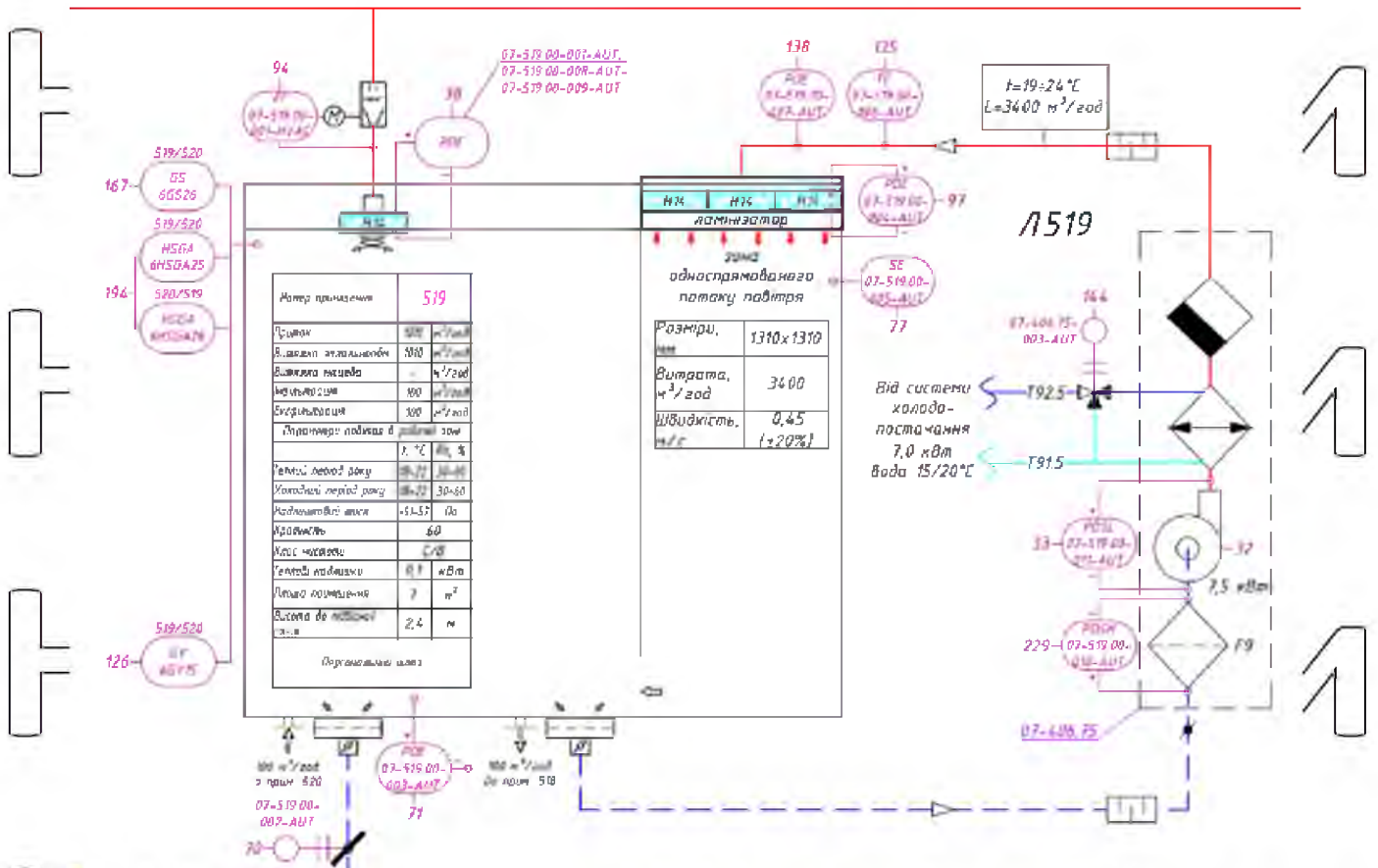


Рисунок 1.6. Модуль односпрямованого потоку повітря 519

FC 07-519.00-001-HVAC – регулятор витрати повітря, необхідний для забезпечення необхідного тиску в приміщенні;

07-519.00-002-AUT – витяжна заслінка, призначена для підтримання необхідного тиску в приміщенні;

PDE 07-519.00-003-AUT – датчик тиску для визначення абсолютного тиску в приміщенні;

6GS26 – датчик відкриття дверей 519/520;

6GY15 – електромагнітний замок між приміщеннями 519/520;

6HSGA25 – світло-звуковий світлофор з екстремим розблокуванням дверей 519/520, для світлової індикації робітникам про дозвіл входу або виходу з приміщення. Звукова сигналізація сповіщує про тривале відкриття дверей і необхідність їх закриття. Кнопка екстремого розблокування дверей призначена для екстрених ситуацій.

6HSGA26 – світло-звуковий світлофор з екстремим розблокуванням дверей 520/519, для світлової індикації робітникам про дозвіл входу або виходу з приміщення. Звукова сигналізація сповіщує про тривале відкриття дверей і необхідність їх закриття. Кнопка екстремого розблокування дверей призначена для екстрених ситуацій;

PDE 07-519.00-001-AUT/07-519.00-008-AUT/07-519.00-009-AUT – аналогове реле перепаду тиску на припливному фільтрі, призначене для відображення стану фільтру. Є 3 аварійні стани: передаварійне забруднення, аварійне забруднення, прорив фільтру;

PDE 07-519.00-004-AUT – аналогове реле перепаду тиску на припливному фільтрі модуля односпрямованого потоку повітря, призначене для відображення стану фільтру. Є 3 аварійні стани: передаварійне забруднення, аварійне забруднення, прорив фільтру;

PDE 07-519.00-007-AUT – датчик тиску в припливній частині повітроводу модуля односпрямованого потоку повітря, необхідний для керування вентилятором модуля;

SE 07-519.00-005-AUT – датчик швидкості для забезпечення основної функції модуля односпрямованого потоку повітря;

PDSH 07-519.00-010-AUT – реле перепаду тиску на висхідному фільтрі F9, призначений для перевірки забрудненості фільтру;

PDSL 07-519.00-011-AUT – реле перепаду тиску на припливному вентиляторі, необхідний для перевірки справності роботи припливного вентилятора та запуску системи;

07-406.75-003-AUT - триходовий клапан для регулювання температури води при подачі до секції охолодження;



UE 07-520.00-004-AUT – датчик температури і вологості в витяжному повітроводі, призначений для регулювання температури та вологості повітря у витяжному повітроводі;

Disp 07-520.00-020-AUT – ЛМІ-панель;

PDE 07-520.00-010-AUT – аналогове реле перепаду тиску на припливному фільтрі модуля односпрямованого потоку повітря, призначене для відображення стану фільтру. Є 3 аварійні стани: передаварійне забруднення, аварійне забруднення, прорив фільтру;

PDE 07-520.00-008-AUT – датчик тиску в припливній частині повітроводу модуля односпрямованого потоку повітря, необхідний для керування вентилятором модуля;

SE 07-520.00-006-AUT – датчик швидкості для забезпечення основної функції модуля односпрямованого потоку повітря;

TE 07-520.00-007-AUT – датчик температури в припливному повітроводі модуля односпрямованого потоку повітря;

PDSH 07-520.00-022-AUT – реле перепаду тиску на витяжному фільтрі F9, призначений для перевірки забрудненості фільтру;

PDSL 07-520.00-023-AUT – реле перепаду тиску на припливному вентиляторі, необхідний для перевірки справності роботи припливного вентилятора та запуску системи;

07-406.76-003-AUT - триходовий клапан для регулювання температури води при подачі до секції охолодження;

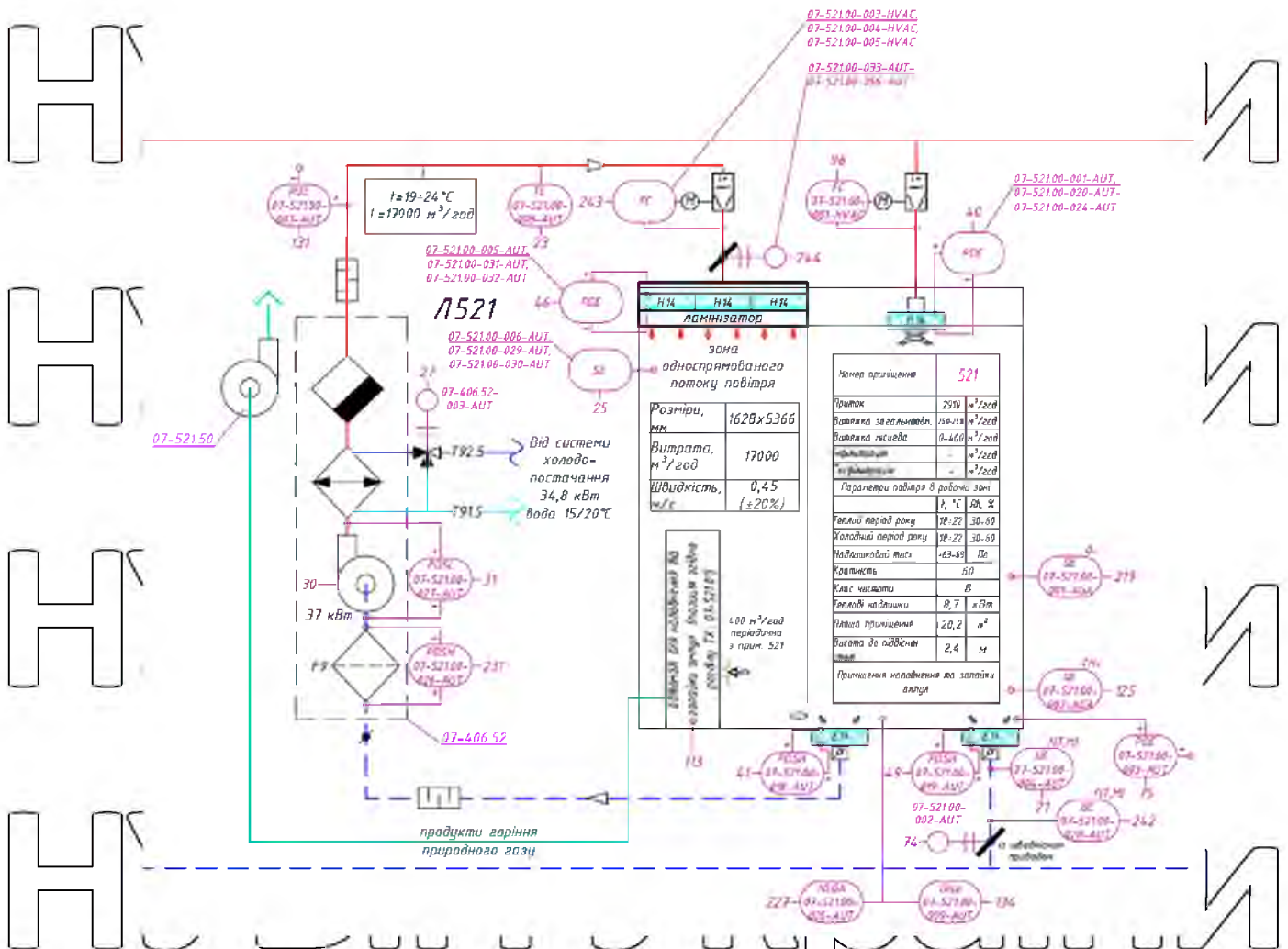


Рисунок 1.8. Модуль односпрямованого потоку повітря 521

FC/07-521.00-001-HVAC – регулятор витрати повітря, необхідний для забезпечення необхідного тиску в приміщенні;

FC/07-521.00-003-HVAC/07-521.00-004-HVAC/07-521.00-005-HVAC – регулятор витрати повітря, необхідний для забезпечення необхідного тиску в приміщенні;

07-521.00-033-AUT/07-521.00-056-AUT – приливно-всасувальна заслінка, призначена для підтримання необхідного тиску в приміщенні;

07-521.00-002-AUT – витяжна заслінка, призначена для підтримання необхідного тиску в приміщенні;

PDE/07-521.00-001-AUT – датчик тиску для визначення абсолютного тиску в приміщенні;

PDE 07-521.00-007-AUT – датчик тиску для керування припливним вентилятором модуля односпрямованого потоку повітря;

PDE 07-521.00-001-AUT/07-521.00-020-AUT/07-521.00-021-AUT/07-521.00-022-AUT/07-521.00-023-AUT/07-521.00-024-AUT – аналогове реле

перепаду тиску на припливному фільтрі, призначене для відображення стану фільтру. Є 3 аварійні стани: передаварійне забруднення, аварійне забруднення, прорив фільтру;

PDE 07-521.00-005-AUT/07-521.00-031-AUT/07-521.00-032-AUT –

аналогове реле перепаду тиску на припливному фільтрі модуля односпрямованого потоку повітря, призначене для відображення стану фільтру. Є 3 аварійні стани: передаварійне забруднення, аварійне забруднення, прорив фільтру;

SE 07-521.00-006-AUT/07-521.00-029-AUT/07-521.00-030-AUT – датчик

швидкості для забезпечення основної функції модуля односпрямованого потоку повітря;

TE 07-521.00-008-AUT – датчик температури в припливному повітроводі модуля односпрямованого потоку повітря;

PDSH 07-521.00-026-AUT – реле перепаду тиску на витяжному фільтрі F9, призначений для перевірки забрудненості фільтру;

PDSL 07-521.00-027-AUT – реле перепаду тиску на припливному вентиляторі, необхідний для перевірки справності роботи припливного вентилятора та запуску системи;

07-406.52-003-AUT - триходовий клапан для регулювання температури води при подачі до секції околудження;

NSGA 07-521.00-025-AUT – світло-звуковий оповіщувач стану параметрів повітря в приміщенні;

QE 07-521.00-001-AGA – газоаналізатор, призначений для моніторингу вмісту  $O_2$  в повітрі;

QE 07-521.00-002-AGA – газоаналізатор, призначений для моніторингу вмісту  $CH_4$  в повітрі;

UE 07-521.00-004-AUT – датчик температури і вологості в приміщенні;

UE 07-521.00-028-AUT – датчик температури і вологості в приміщенні;

PDSH 07-521.00-018-AUT – реле перепаду тиску на витяжному фільтрі

E11, призначений для перевірки забрудненості фільтра;

PDSH 07-521.00-019-AUT – реле перепаду тиску на витяжному фільтрі

E11, призначений для перевірки забрудненості фільтра;

Disp 07-521.00-025-AUT – ЛММ-панель;

07-521.50 – місцевий витяжний вентилятор

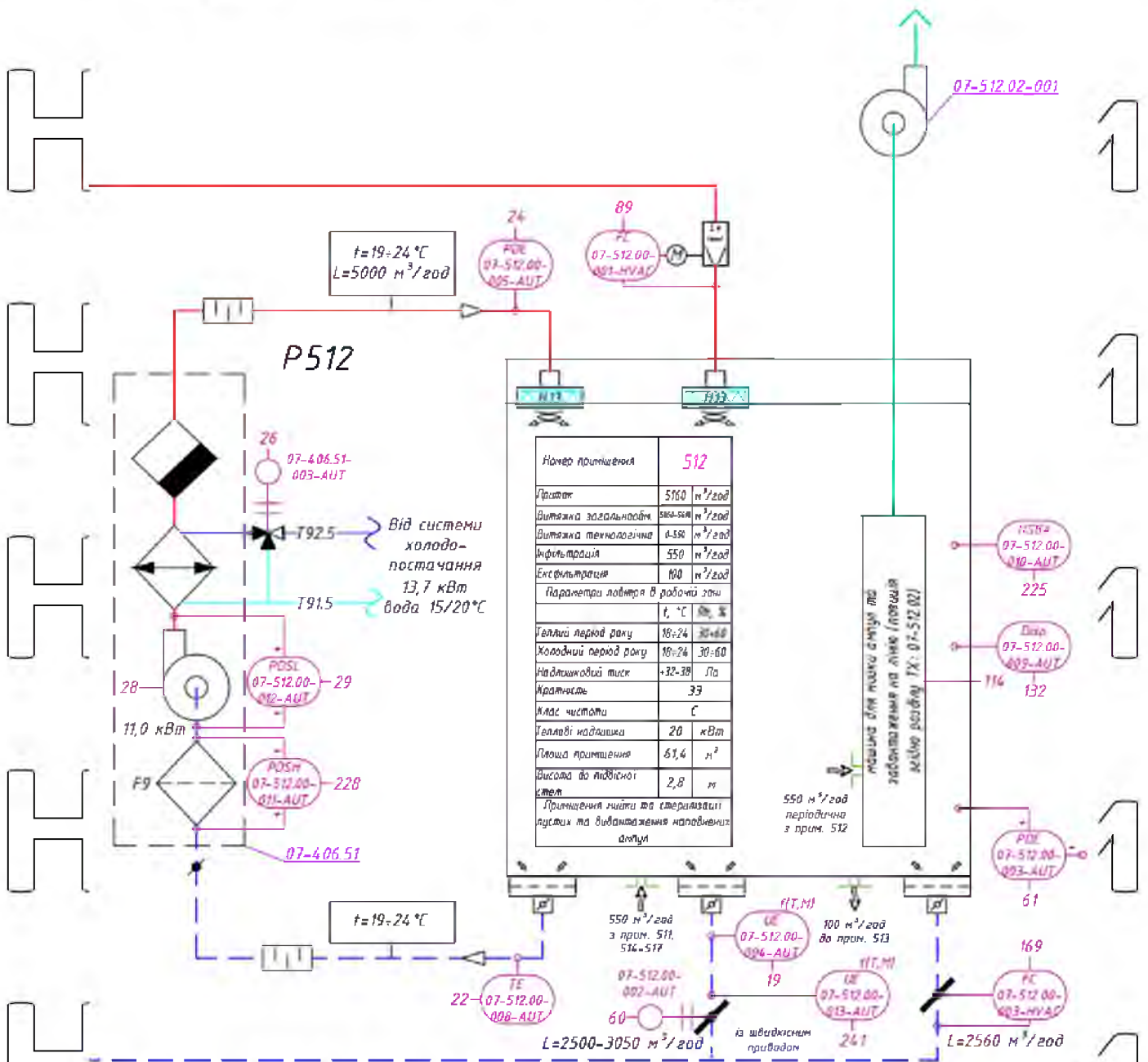


Рисунок 1.9. рециркуляційний модуль

FC 07-512.00-001-HVAC – регулятор витрати повітря, необхідний для забезпечення необхідного тиску в приміщенні;

FC 07-512.00-003-HVAC – регулятор витрати повітря, необхідний для забезпечення необхідного тиску в приміщенні;

07-512.00-002-AUT – витяжна заслінка, призначена для підтримання необхідного тиску в приміщенні;

PDE 07-512.00-003-AUT – датчик тиску для визначення абсолютного тиску в приміщенні;

NSGA 07-512.00-010-AUT – світло-звуковий оповіщувач стану параметрів повітря в приміщенні;

Disp 07-512.00-009-AUT – ЛІМІ-панель;

UE 07-512.00-004-AUT – датчик температури і вологості в приміщенні;

UE 07-512.00-013-AUT – датчик температури і вологості в приміщенні;

TE 07-512.00-008-AUT – датчик температури у витяжному повітроводі рециркуляційного модуля;

PDSH 07-512.00-011-AUT – реле перепаду тиску на витяжному фільтрі F9, призначений для перевірки забрудненості фільтра;

PDSL 07-512.00-012-AUT – реле перепаду тиску на припливному вентиляторі, необхідний для перевірки справності роботи припливного вентилятора та запуску системи;

07-406.51-003-AUT - триходовий клапан для регулювання температури води при подачі до секції охолодження;

PDE 07-512.00-005-AUT – датчик тиску, необхідний для керування припливним вентилятором;

07-512.02-001 – місцевий витяжний вентилятор

На схемі підключення було зображено підключення елементів системи, а саме: виконавчих механізмів, датчиків, елементів індикації та інше. Також було зазначено межі вимірювальних приладів їх приблизні уставки та критичні значення. Обов'язковим елементом схеми підключення є вказання

місця знаходження того чи іншого елемента схеми. Є три варіанти знаходження цих елементів : по місцю, на шафі, контролер.

# НУБІП УКРАЇНИ

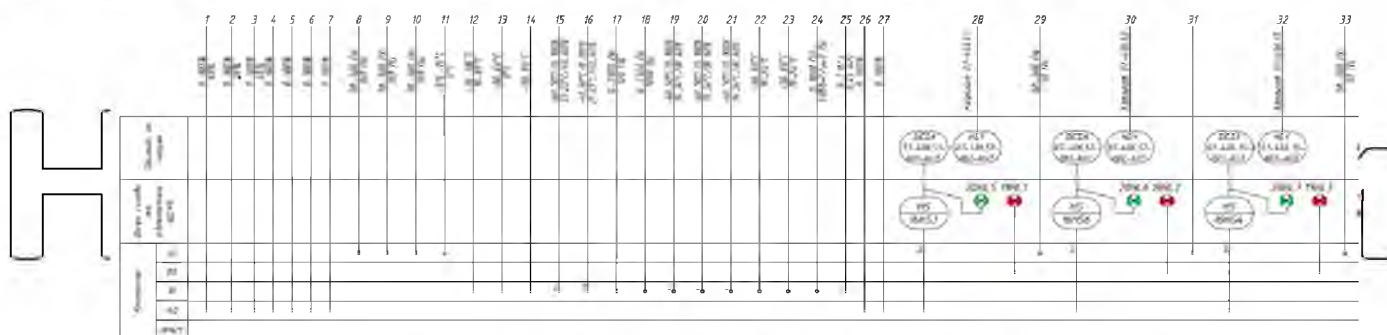


Рисунок 1.10. схема підключення

# НУБІП УКРАЇНИ

## 1.3 Температурно-вологісні режими при виготовленні ліків та тиск в приміщеннях

Ліки один з найнеобхідніших аспектів життя, особливо в сучасних реаліях. Не можливо недооцінити їхнє значення в нашому житті. Всі добре знають що процес їх виготовлення не може бути дедким, стерилізація приміщень, необхідний тиск в приміщеннях, хімікати та газу які можуть бути небезпечними для людей. Для забезпечення необхідного мікроклімату в приміщеннях необхідно врахувати безліч нюансів.

Температурні режими під час виготовлення лікарських препаратів можуть відмінюватись одне від одного залежно від виду препарату що виготовляється та процесу обробки температурними режимами, якщо вони необхідні. Один з найресповсюджених температурних режимів є 20-23 °C. Вологість зазвичай є сталою в межах 30-60% rh, але є найчастіше використовуваний показник вологості становить 35-45% rh. Ці температурні та вологісні показники забезпечують необхідний фон для проходження препаратів всіх стадій створення.

Для забезпечення стерильності в приміщеннях виробництва ліків є певні протоколи входу в них працівників і ці протоколи не можуть реалізовуватись без систем автоматики. Наприклад уявімо що процес виготовлення ліків

знаходиться в приміщенні 3 (Рис.1.12) тому в цьому приміщенні необхідно зберегти найвищий рівень тиску для того щоб сторонні мікроелементи і речовини не могли потрапити в максимально стерильне приміщення, відповідно в приміщенні 3 тиск буде найменший.

Уявімо що ми знаходимось перед приміщенням 3 нам необхідно дійти приміщення 1. Відкриваємо двері між коридором та приміщенням 3 для збереження тиску та щоб запобігти процесу перерегулювання прищивні та витяжні заслінки в приміщенні блокуються в своєму останньому положенні.

Дверні замки між коридором в приміщеннях 3 та між приміщенням 2 та приміщенням 3 також блокуються це необхідно щоб не порушувати баланс тисків в сусідніх приміщеннях ще сильніше. Двері залишаються заблокованими на протязі 15 секунд після їх закриття, цей час дається щоб система вентиляції змогла відновити необхідний тиск в цих приміщеннях.



Рисунок 1.11. приклад розташування приміщень

#### 1.4. Мета та задачі випускної магістерської роботи

*Мета роботи:* створення системи керування вентиляційною установкою для цеху виготовлення лікарських препаратів

*Об'єкт дослідження:* процес керування вентиляційною установкою для цеху виготовлення лікарських препаратів

*Предмет дослідження:* закономірності, моделі та методи побудови систем автоматизації з метою ефективного керування вентиляційною установкою для цеху виготовлення лікарських препаратів

*Задачі дослідження:*

- 1) дослідити особливості систем автоматизації в процесі виготовлення лікарських препаратів;
- 2) визначити вплив різноманітних параметрів середовища на температурно-вологісний режим;
- 3) розробити функціональну схему автоматизації;
- 4) розробити математичну модель;
- 5) розробити імітаційну модель об'єкта автоматизації з використанням MathCad;
- 6) побудувати передатну функцію об'єкта автоматизації;
- 7) розробити алгоритм керування;
- 8) обрати пускозахисну апаратуру;
- 9) розробити і описати принципову схему автоматизації, схему з'єднань і підключень;
- 10) оцінити енергоефективність вдосконаленої автоматизованої системи керування.

# НУБІП України

## 2.1 Розробка математичної моделі

Виготовлення ліків вимагає використання системи підігріву повітря в приміщеннях. Обігрівання приміщень відбувається теплим повітрям, яке в свою чергу гріється в вентиляційній системі за допомогою пластинчастого теплообмінника. температура в приміщенні  $t_p$ , а температура води у опалювальних трубах  $t_v$  має середньоарифметичне значення між вхідною температурою гарячої води  $t_g$  і температурою води на виході  $t_v$ .

Складаємо статичну модель об'єкту по каналу температури. Для цього представимо об'єкт у вигляді двох ланок, які акумулюють енергію – це ланка води, що гріє, і ланка повітря в приміщеннях, яке підігрівається. ( рис. 2.1).

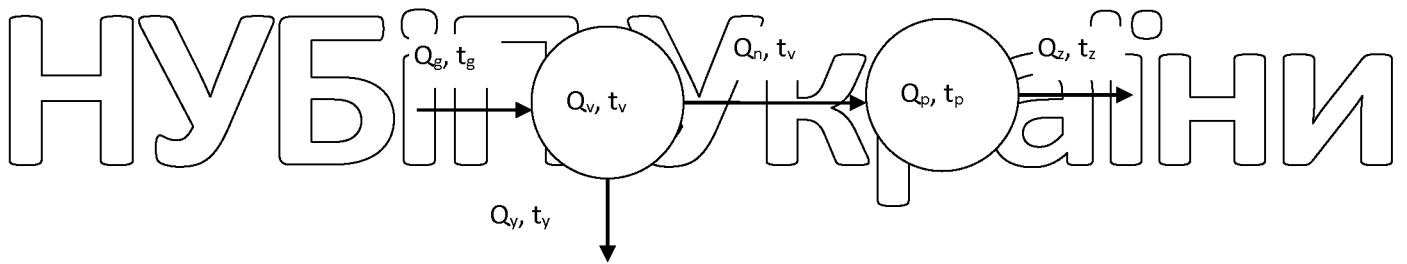


Рисунок 2.1. Схема потоків тепла в теплиці

В статичному режимі показник значення тепла, котрий знаходиться у воді,  $Q_v$  і тепла, що знаходиться в приміщенні,  $Q_p$  лишається незмінним, з цього виходить два рівняння теплових балансів:

для води:

$$Q_g - Q_y - Q_n = 0, \quad (2.1)$$

# НУБІП України

для повітря в приміщеннях:

НУБІП України  $Q_n - Q_z = 0, \quad (2.2)$

де  $Q_g$  - тепло введене в систему з водою,

$Q_y$  - тепло виведене з системи разом з водою,

$Q_n$  - тепло, що перейшло від води до повітря,

$Q_z$  - втрати тепла в навколишній простір.

Кількості тепла, що поступило в систему опалення за секунду і вийшло з

нею залежить від теплоємності води  $C_v$ , продуктивності насоса  $G_n$ , густини води  $\rho_v$ , а значення кількості тепла, яке знаходиться в системі також залежить від об'єму води в системі  $V_v$ . З цього виходить:

НУБІП України  $Q_g = C_v G_n \rho_v t_g, \quad (2.3)$

$$Q_y = C_v G_n \rho_v t_y, \quad (2.4)$$

НУБІП України  $Q_n = C_v V_v \rho_v t_v \quad (2.5)$

Кількість тепла, в приміщеннях залежить від теплоємності  $C_p$ , густини  $\rho_v$ , відповідної температури в приміщеннях  $t_p$  та розмірів приміщень  $V_p$ :

НУБІП України  $Q_p = C_p V_p \rho_p t_p \quad (2.6)$

Тепло, котре передається від води через теплообмінник і від повітря через повітровід системи до навколишнього повітря рахується по закону Фур'є:

НУБІП України  $Q_n = k_1 F_t (t_v - t_p), \quad (2.7)$

НУБІП України

$$Q_z = k_2 F_c (t_p - t_z), \quad (2.8)$$

де  $k_1, k_2$  – коефіцієнти теплопередачі через теплообмінник системи та

через стінки повітроводів;

$F_t, F_c$  – поверхня теплообмінника опалення і засклена поверхня теплиці.

Коефіцієнти теплопередачі:

НУБІП України

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{vt}} + \frac{\delta_t}{\lambda_t} + \frac{1}{\alpha_{tp}}} \quad (2.9)$$

НУБІП України

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{pc}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{cz}}}, \quad (2.10)$$

НУБІП України

$$k_{1_{\text{аум}}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{vt}} + \frac{\delta_t}{\lambda_t} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{tp}}} \quad (2.11)$$

НУБІП України

де  $\alpha_{vt}, \alpha_{tp}, \alpha_{pc}, \alpha_{cz}$  – коефіцієнти тепловіддачі відповідно від води до стінки теплообмінника, від стінки теплообмінника до повітря в системі, від повітря в системі до стінки повітроводу, від стінки повітроводу до повітря навколо ПВ;

$\lambda_t, \lambda_c, \lambda_n$  – коефіцієнти теплопровідності відповідно сталі теплообмінника,

стінки повітроводу та матеріалу термоізоляції;

$\delta_t, \delta_c, \delta_n$  – товщина пластини теплообмінника, стінки повітроводу та шару теплоізоляції.

НУБІП України

Перейдемо до динамічної моделі. Враховуючи рівняння статки та вище

наведені рівняння отримуємо систему диференціальних рівнянь зміни кількості

тепла в часі у воді та повітрі системи. Враховуючи параметри, які ми вважаємо

незмінними, такі як: об'єми середовищ, густина, теплоємність повітря і води,

НУБІП України

похідні знаходитимуться по температурі води  $t_v$  і температурі повітря  $t_p$  системи:

$$C_v V_v \rho_v \frac{dt_v}{d\tau} = C_v G_n \rho_v t_g - C_v G_n \rho_v t_v - k_1 F_t (t_v - t_p),$$

$$C_p V_p \rho_p \frac{dt_p}{d\tau} = k_1 F_t (t_v - t_p) - k_2 F_c (t_p - t_z). \quad (2.12)$$

Вважаємо, що  $t_v = (t_g + t_p)/2$ , з наведеного рівняння знайдемо значення температури охолодженої, в системі, води і підставимо в рівняння (2.11). Після спрощення приведемо рівняння (2.11) до виду Коші:

$$\frac{dt_v}{d\tau} = \frac{2G_n (t_g - t_v) - \frac{k_1 F_t (t_v - t_p)}{C_v V_v \rho_v}}{C_v V_v \rho_v},$$

$$\frac{dt_p}{d\tau} = \frac{k_1 F_t (t_v - t_p) - k_2 F_c (t_p - t_z)}{C_p V_p \rho_p}. \quad (2.13)$$

Приміщення площею 152 м<sup>2</sup>, шириною 20 метрів і має висоту стін 3 метри, обігривається гарячою водою з температурою  $t_g$  60 °С. Система опалення має об'єм  $V_v$  80 м<sup>3</sup>, який створюють нагрівальні труби зовнішнім діаметром 48 мм і товщиною стінок  $\delta_t$  2 мм. Продуктивність циркуляційного насосу  $G_n$  складає 270 м<sup>3</sup>/год. Теплопровідність сталі  $\lambda_t$ , з якої виготовлений теплообмінник, складає 50 Вт/(м град).

Товщина стінки повітроводу  $\delta_c$  дорівнює 4 мм, а теплопровідність матеріалу  $\lambda_c$  дорівнює 0,74 Вт/(м град). – Значення коефіцієнтів тепловіддачі від води до стінки теплообмінника, від стінки теплообмінника до повітря, від

повітря до стінок повітроводу, від стінок повітроводу до зовнішнього повітря відповідно  $\alpha_{vt}, \alpha_{tr}, \alpha_{pc}, \alpha_{cz}$  складають 1000; 15; 7,5 та 10 Вт/(м град).

Густина та теплоємність повітря дорівнює 1,293 кг/м<sup>3</sup> і 1005 Дж/(кг град).

Густина та теплоємність гарячої води дорівнює 1005 кг/м<sup>3</sup> і 4174 Дж/(кг град).

Температура зовнішнього повітря складає  $t_z = 20^\circ\text{C}$ .

Для створення моделі об'єкту розрахуємо деякі коефіцієнти системи.

Порахуємо коефіцієнти теплопередачі використовуючи рівняння (2.9 – 2.11):

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{1000} + \frac{0,002}{50} + \frac{1}{15}} = 11,837, \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{7,5} + \frac{0,004}{0,74} + \frac{1}{10}} = 4,189, \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$$

$$k_{\text{загальн}} = \frac{1}{\frac{1}{7,5} + \frac{0,004}{0,74} + \frac{0,1}{0,24} + \frac{1}{10}} = 10,064, \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$$

Довжина нагрівальних труб при об'ємі системи опалення 80 м<sup>3</sup> і внутрішньому діаметрі труби яка підходить до теплообмінника 44 мм складе:

$$L = \frac{80}{\pi \cdot 0,044^2} = 51613,2, \text{ м,}$$

а її поверхня теплообміну:

$$F_t = 51613,2 \cdot \pi \cdot 0,048 = 79339, \text{ м}^2$$

Рахуємо поверхню, умовно вважаючи форму приміщення прямокутною:

$$F_c = 152 + 500 \cdot 2 \cdot 3 + 20 \cdot 2 \cdot 3 = 3272, \text{ м}^2,$$

а об'єм повітря буде дорівнювати:

$$V_v = 152 \cdot 3 = 456, \text{ м}^3$$

Час запізнення:

$$\tau_\varphi = \frac{80}{4 \cdot \frac{270}{3600}} = 266,7, \text{ с}$$

Для формування імітаційної моделі введемо иодаткові коефіцієнти:

$$a1 = k_1 F_t = 11,837 \cdot 7933,9 = 93913,6$$

$$a1_{\text{заум}} = k_{1\text{заум}} F_t = 10,061 \cdot 7933,9 = 79826,6$$

$$a2 = k_2 F_c = 4,189 \cdot 3272 = 13706,4$$

$$b1 = C_v \rho_v V_v = 100 \cdot 4174 \cdot 80 = 3.353 \cdot 10^8$$

$$b2 = C_p \rho_p V_p = 1005 \cdot 1,293 \cdot 456 = 592556,04$$

Тоді система диференціальних рівнянь матиме вигляд:

$$\frac{dt_v}{d\tau} = \frac{2G_n}{V_v} (t_g - t_v) - \frac{a_1(t_v - t_p)}{b_1}$$

$$\frac{dt_p}{d\tau} = \frac{a_1(t_v - t_p) - a_2(t_p - t_z)}{b_2} \quad (2.14)$$

## 2.2 Розробка та дослідження імітаційної моделі об'єкта

### автоматизації

Використавши блок **Constant**, можемо ввести значення коефіцієнтів  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ , продуктивність насоса, об'єм повітря в приміщеннях і температура гарячої води  $G_n$ ,  $V_y$ ,  $t_g$ . Так як  $t_z$  – температура навколишнього повітря є збуренням моделі введемо за допомогою блоку **Step**. Порахувавши час запізнення  $\tau_3$  і введемо його на каналі подавання води насосом блоком

**Transport Delay**.

**Variable Transport Delay** блок керованої затримки часу подання сигналу, має два входи: один для сигналу, котрий затримується, інший для сигналу керування.

Використовуючи математичні блоки **Product** і **Sum**, виконуємо операції між змінними правих частин рівнянь. Значення температури повітря в приміщенні  $t_p$  і температури води в греючому теплообміннику  $t_w$  беруться після блоків **Integrator**. Множення на коефіцієнти виконується блоком **Gain**. Результати обчислення правих частин рівнянь посилаємо на блоки рішення диференційних рівнянь **Integrator**.

Вводимо обчислені і задані коефіцієнти у вхідні блоки. В блоках додавання та множення правильно вказуємо операції додавання і віднімання, множення і ділення. В блоках **Integrator** вказуємо, що початкове значення температури в приміщенні і води вводиться за допомогою команди **External**.

Коли з'являться додаткові входи до цих блоків приєднаємо сюди блоки **Constant**, в які і введемо початкові значення температур.

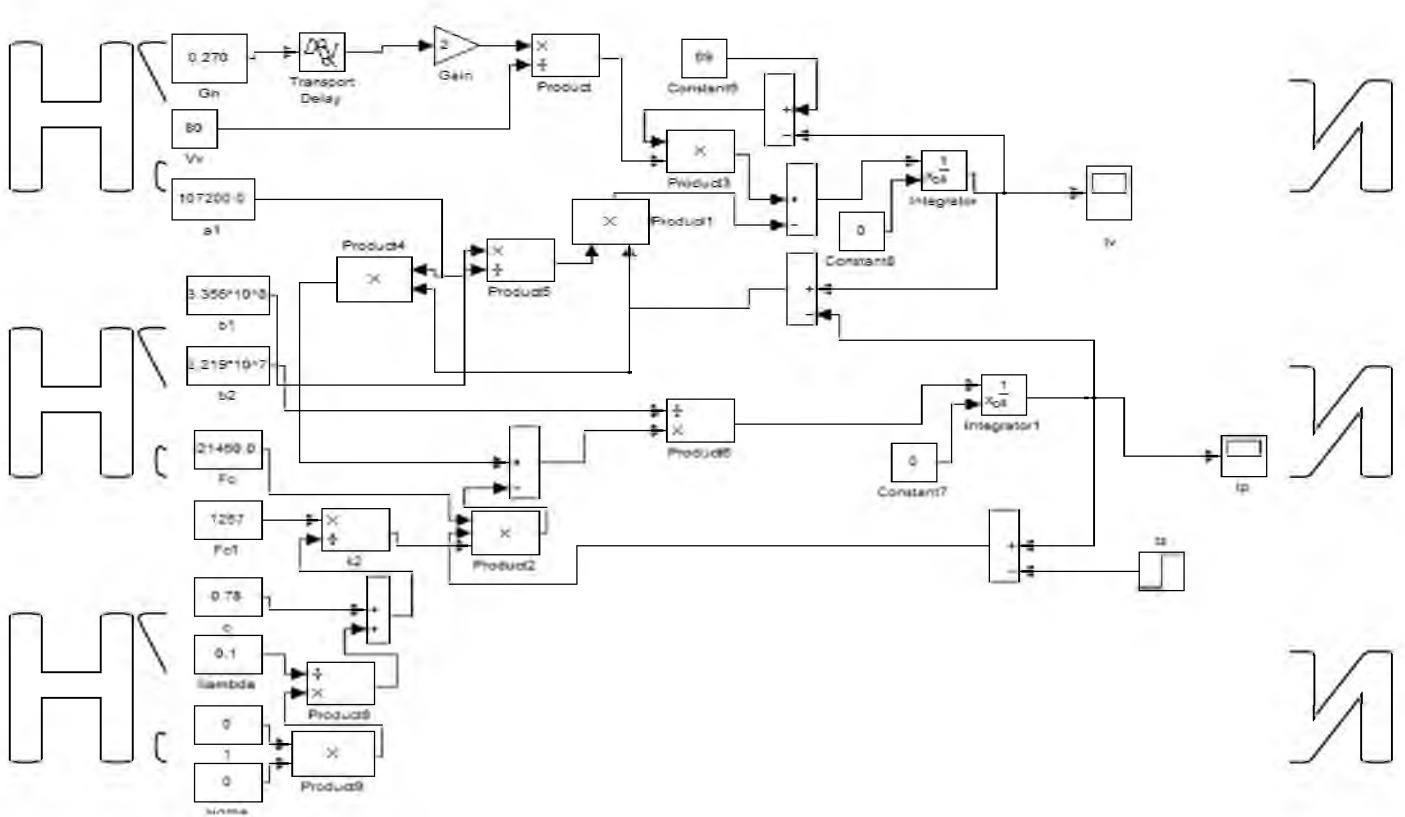
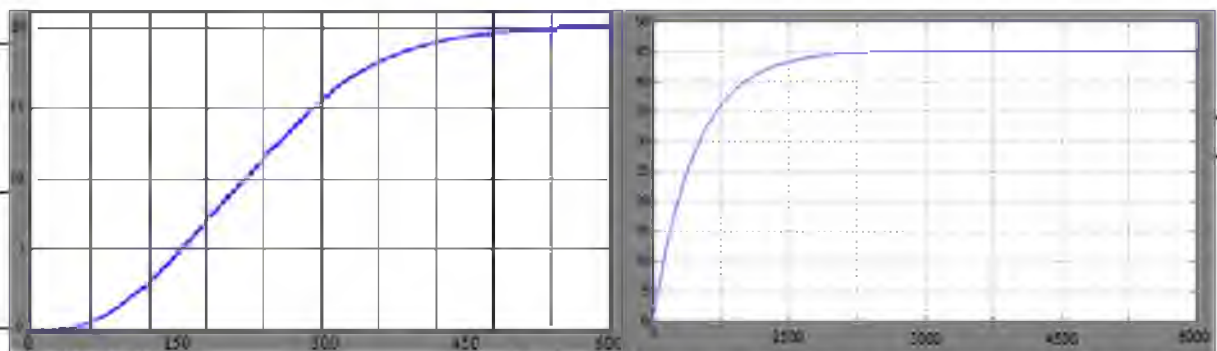


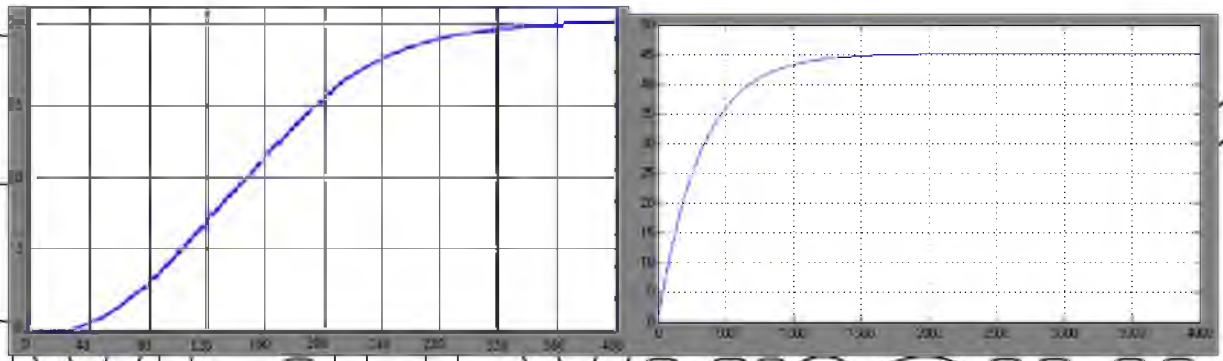
Рисунок 2.1. Схема імітаційної моделі обігріву приміщень з іольованими повітроводами

Для виведення результатів використовуємо блоки осцилографа *Scope*.

Оскільки розгінна крива ТОУ більша ніж 10 секунд, задаємо час моделювання.

Для цього в параметрах моделювання **Simulation** → **Simulation Parameters** у вікні **Stoptime** вводимо число 5000 секунд. Такий самий час слід установити і у вкладці параметрів **General** блоку *Scope* у вікні команди **Time range**.





а – без ізоляції; б – з використанням ізоляції.

Рисунок 2.2. Розгінна крива зміни температури в приміщенні і води в опалювальній системі опочиних теплиць.

2.3 Визначення передатної функції об'єкта керування

Для оцінки характеристик регулювання температури повітря використано її розгінну характеристику (рис. 2.3), яка представляє собою залежність температури повітря від часу, при ступінчастій зміні управляючої дії.

Нормована характеристика представлена на рис. 2.6.



Рисунок 2.3. Розгінна характеристика об'єкту

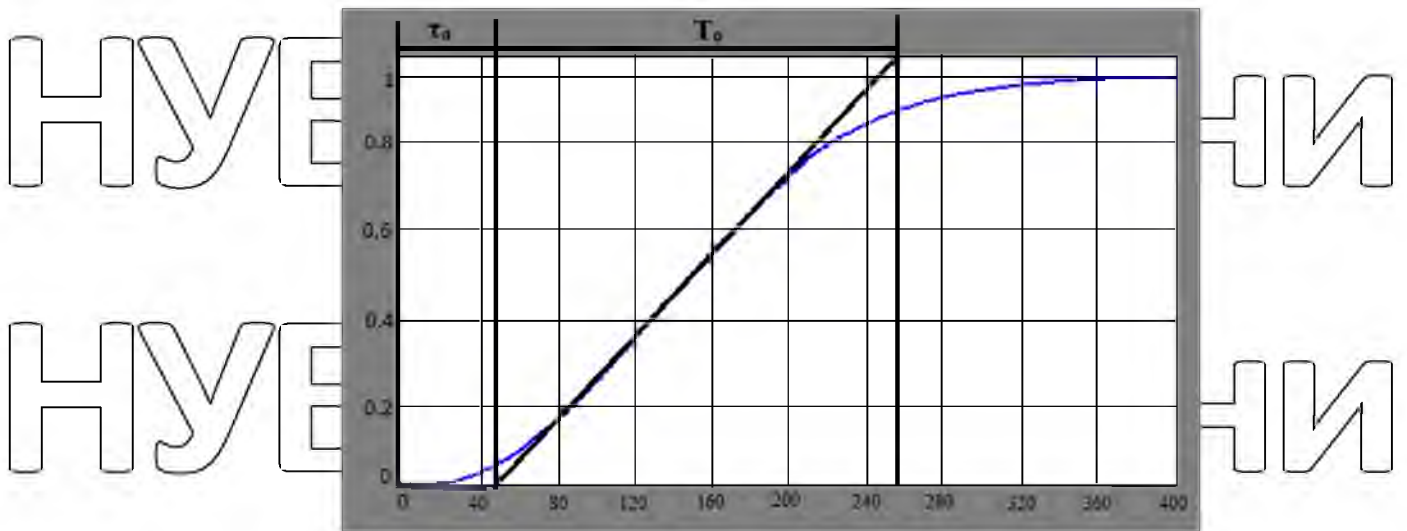


Рисунок 2.4. Нормована характеристика переходного процесу

За допомогою розгінної характеристики знаходимо час чистого запізнення  $\tau_0=48\text{с}$  та постійну часу  $T_0=208\text{с}$ .

Коефіцієнт підсилення  $K_0$  визначаємо:

$$K_0 = \frac{\Delta T}{\Delta \phi_{кр}} \quad (2.15)$$

$$\text{де } \Delta T = T_{\max} - T_{\min} = 25^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C} = 7^\circ\text{C} \quad (2.16)$$

$$\Delta \phi_{кр} = \Delta \phi_{кр1} - \Delta \phi_{кр2} = 40\% - 15\% = 25\% \quad (2.17)$$

$$K_0 = \frac{7}{25} \approx 0.2$$

В цьому випадку передаточну функцію можна виразити інерційною ланкою з запізненням

$$W_0(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-p\tau_0}}{T_0 \cdot p + 1} = \frac{0.2 \cdot e^{-48p}}{208 \cdot p + 1} \quad (2.18)$$

# НУВІП України

де  $p$  – оператор Лапласа.

## 2.4 Вибір алгоритму керування об'єктом

Динамічні властивості дають змогу розробникам систем на стадії проектування визначити алгоритм керування. Для цього аналізується співвідношення між сталою часу та часом запізнення. Якщо  $0,2 \leq \frac{\tau}{T} \leq 1$ , то

рекомендують лінійний алгоритм керування; коли – імпульсний; при – позиційний алгоритм керування.

$\frac{\tau}{T} = \frac{48}{208} = 0,23$  – передатна функція, тому обираємо алгоритм керування.

Метод вибору найкращого алгоритму керування полягає у визначенні динамічного коефіцієнта регулювання. Оскільки, приміщення – статичний об'єкт, розрахуємо динамічний коефіцієнт за формулою (2.19).

$$R_D = \frac{u_1}{K_0 \cdot u_{max}} \quad (2.19)$$

де  $u_1$  – максимальне динамічне відхилення;  $K_0$  – коефіцієнт передачі ОК;  $u_{max}$  – максимально можливе значення збурення по навантаженню (береться у відсотках переміщення регульовального органа).

$$R_D = \frac{7}{0,2 \cdot 40} = 0,875$$

Потім за графічними залежностями визначаємо алгоритм керування за типовим перехідним процесом.

За технологічними вимогами час регулювання об'єкту не має перевищувати 1000с, а допустиме відхилення температури – 1°C.

Тому обираємо аперіодичний процес. Він характеризується максимальним динамічним відхиленням та мінімальним часом регулювання.

За рис. 2.5, можемо поначити пропорційний алгоритм керування.

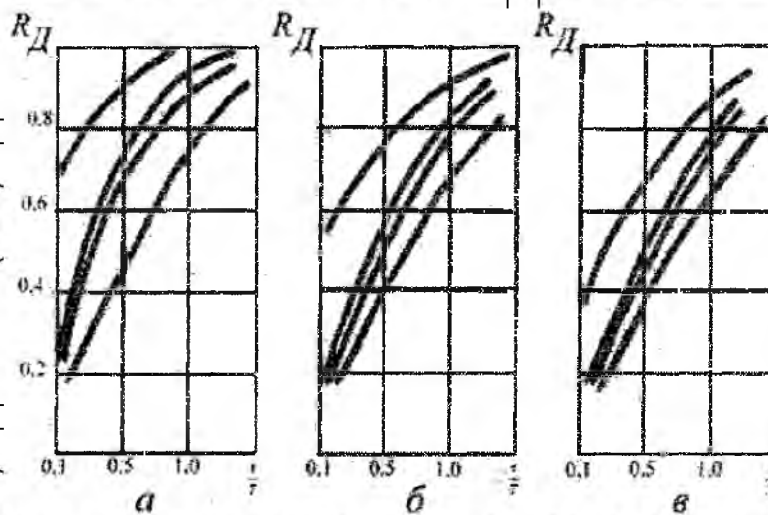
Потрібно перевірити чи забезпечується при цьому необхідний час регулювання. За табл. 2.1 обираємо відносний час регулювання  $\Psi=4.5$ .

Використовуючи формулу (2.21) обчислимо час регулювання:

$$t_{pn} = \Psi \cdot \tau \quad (2.20)$$

$$t_{pn} = 4.5 \cdot 48 = 216 \text{ (с)}$$

З розрахунків видно, що  $216 \text{ с} < 1000 \text{ с}$ .



1 – П-алгоритм керування; 2 – І-алгоритм керування; 3 – ПІ-алгоритм; 4

– ПІД-алгоритм керування.

а – для типового аперіодичного перехідного процесу; б – для коефіцієнта передачі об'єкта типового перехідного процесу з 20% перерегулюванням; в – для типового перехідного процесу з мінімальним інтегральним показником якості.

Рисунок 2.5. Залежність динамічного коефіцієнта регулювання від динамічних властивостей ОК

Таблиця 2.1. Відносний час регулювання

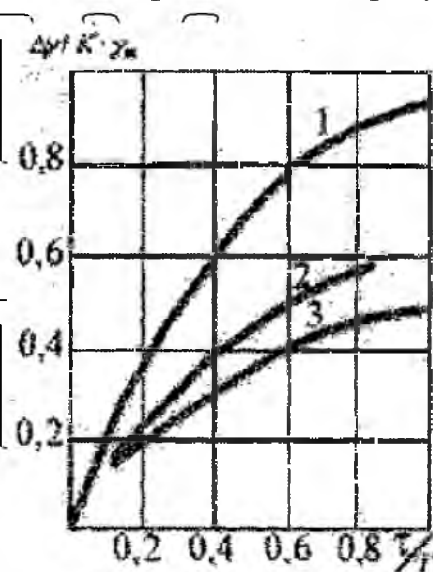
Алгоритм керування	Об'єкт	Відносний час регулювання		
		Аперіодичний	Із 20%-ним перерегулюванням	Із мінімальним інтегральним критерієм
Пропорційний	Статичний	4,5	6,5	9,0
	Астатичний	6,0	8,0	-
Пропорційно-інтегральний	Статичний	8,0	12,0	16,0
	Астатичний	14,0	16,0	18,0
Пропорційно-інтегрально-диференціальний	Статичний	5,5	7,0	10,0
	Астатичний	9,0	12,0	13,0

Отже, за часом регулювання П-алгоритм керування підходить. Проте, даний алгоритм має статичну похибку.

$$\Delta = K_0 \cdot y_{max} \cdot k_p \quad (2.21)$$

де  $k_p$  – коефіцієнт для визначення статичної похибки П-алгоритму керування.

Тому за рис. 2.6 визначаємо коефіцієнт для обрахунку статичної похибки.



1 – для типового аперіодичного перехідного процесу; 2 – з 20%-вим перерегулюванням; 3 – з мінімальним інтегральним показником якості.

Рисунок 2.6. Графічні залежності для визначення статичної похибки за

умов використання П-алгоритму керування

Використовуючи формулу (2.21) обрахуємо статичну похибку

# НУБІП України

$$\Delta = 0.3 / 40 \cdot 0.6 = 7.2^\circ\text{C}.$$

Оскільки розрахована статична похибка більше за допустиму ( $4.8^\circ\text{C} > 1^\circ\text{C}$ ), то П-алгоритм керування не підходить.

# НУБІП України

Для ПІ-алгоритму за табл. 2.1 знаходимо  $\Psi = 8$ . Використовуючи формулу (2.21) розраховуємо час регулювання:

$$t_{PI} = 8 \cdot 48 = 384 \text{ (с)}$$

# НУБІП України

З розрахунків видно, що  $384 \text{ с} < 1000 \text{ с}$ . Оскільки, ПІ-алгоритм забезпечує час регулювання, який вимагається, і для нього відсутня похибка, то його й слід обрати.

# НУБІП України

Якщо необхідно переміщати регулюючий орган в положення, пропорційне до відхилення регульованої величини і зі швидкістю, пропорційною до цього відхилення, то такий закон регулювання називається пропорційно-інтегральним, а пристрої, в яких він реалізується - ПІ-регуляторами.

# НУБІП України

*Розрахунок параметрів настройки регулятора.* Вибраний закон регулювання, повинні забезпечити один з типових перехідних процесів. проте в залежності від значень настроюваних параметрів регулятора відхилення від уставок, які визначаються технологічними нормами, можуть різнитися.

# НУБІП України

Виходячи з цього потрібно розраховувати відповідні параметри настройки регулятора.

# НУБІП України

Але необхідно пам'ятати, що параметри об'єкта ( $\tau_0, T_0, K_0$ ) визначають по нормованим кривим розгону графічним методом.

Передаточна функція ПІ-регулятора має такий вигляд:

# НУБІП України

$$W_{PI}(p) = K_r \left( 1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right), \quad (2.22)$$

$$K_r = \frac{0.7}{K_o \cdot \tau_o / T_o} = \frac{0.7}{0.2 \cdot 48 / 208} = 15.2, \quad (2.23)$$

де  $K_r$  - коефіцієнт передачі регулятора;  $T_{iz}$  - час ізодрому,

$$T_{iz} = 0.7 \cdot T_o = 0.7 \cdot 208 = 145.6 \approx 146 \text{ c} \quad (2.24)$$

Отже, передаточна функція ПІ-регулятора має вигляд:

$$W_{REG}(p) = 15.2 \left( 1 + \frac{1}{146 \cdot p} \right)$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТОМ

# НУБІП України

### 3.1 Вибір технічних засобів

Категорія обладнання підбиралась згідно з документом GAMP5, додаток M4/4 - категорія апаратного забезпечення 2.

# НУБІП України

#### *3.1.1 Вибір сприймаючих елементів*

Датчик для вимірювання параметрів необхідно підбирати, щоб межі їх вимірювань могли охопити весь діапазон зміни контролюваного параметра. До кожного з датчиків висуваються певні вимоги: чутливість сприймаючого елемента, швидкодія, стабільні характеристики, надійність.

# НУБІП України

Першим оберемо датчик температури та вологості в припливному та витяжному повітроводах та в приміщеннях. Мій вибір пав на Siemens QFM3160 Датчик температури та відносної вологості каналного типу. В даному датчику можна змінювати діапазон вимірювань мій вибір пав на діапазон 0...50 °C Нижче наведені його параметри та налаштування.

# НУБІП України

Рисунок 3.1. зовнішній вигляд Siemens QFM3160

# НУБІП України

- Робоча напруга AC 24 В / DC 13.5...35 В;
- Вихідний сигнал DC 0...10 В / 4...20 мА для відносної вологості та температури;
- Висока точність вимірювань;
- Умови роботи -40...+70 °C / 0...100 %

# НУБІП України

# НУБІП України

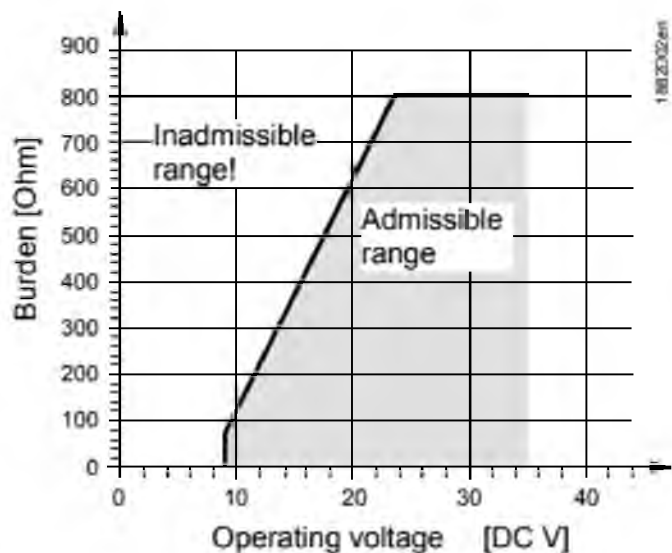


Рисунок 3.2./ схема опору

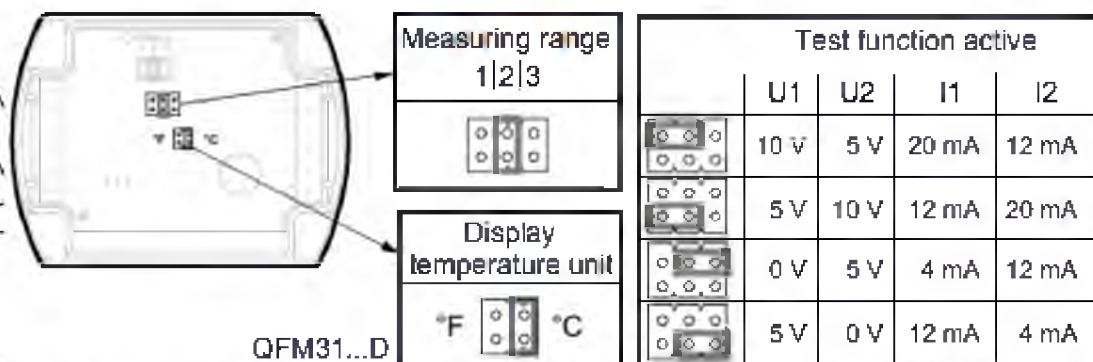


Рисунок 3.3./ схема налаштування

Елементи налаштування знаходяться всередині корпусу. Елементи налаштування складаються з 6 пінів та перемички. Вони використовуються для налаштування необхідного діапазону вимірювань та для активації функції перевірки працездатності.

Значення положень перемички:

- Для активації діапазону вимірювання температури:

Перемичка у лівому положенні (R1) =  $-35...+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

Перемичка в середньому положенні (R2) =  $0...50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (завдське налаштування).

Перемичка в правому положенні (R3) = -40...+70 °C,

• Для активації функції перевірки працездатності: перемичка в горизонтальному положенні значення сигнального виходу дано в таблиці "Перевірка працездатності"

• Для відображення вимірних значень (QFM31...D)

- Перемичка у вертикальному положенні праворуч = °C (заводське налаштування)

- Перемичка у вертикальному положенні зліва = °F

Наступний датчик тиску в припливному та витяжному повітроводах. Siemens

QBM3020-25 датчик різниці тисків. Його діапазон вимірювань становить 1600...2500 Па. Характеристики наведені нижче.



Рисунок 3.4. зовнішній вигляд Siemens QBM3020-25

Високий ступінь точності вимірювань

• Регульована характеристика (лінійний тиск або витягування кореня).

• Робоча напруга: QBM3020-...: AC 24 V / DC 13,5...33 V

QBM3120-...: DC 8...33 V,

• Вихідний сигнал: QBM3020-...: DC 0...10 V

QBM3120-...: 4...20 mA,

НУВІП України

- Регулювання нульової точки,
- Простий і швидкий монтаж завдяки вбудованому кріпильному кутку в корпусі,

• Не потребує технічного обслуговування завдяки відмінній довгостроковій стабільності,

НУВІП України

- Відкалібрований температурно-компенсований вимірювальний сигнал,
- Дуже короткий час відповіді.

НУВ

НУВ

НУВ

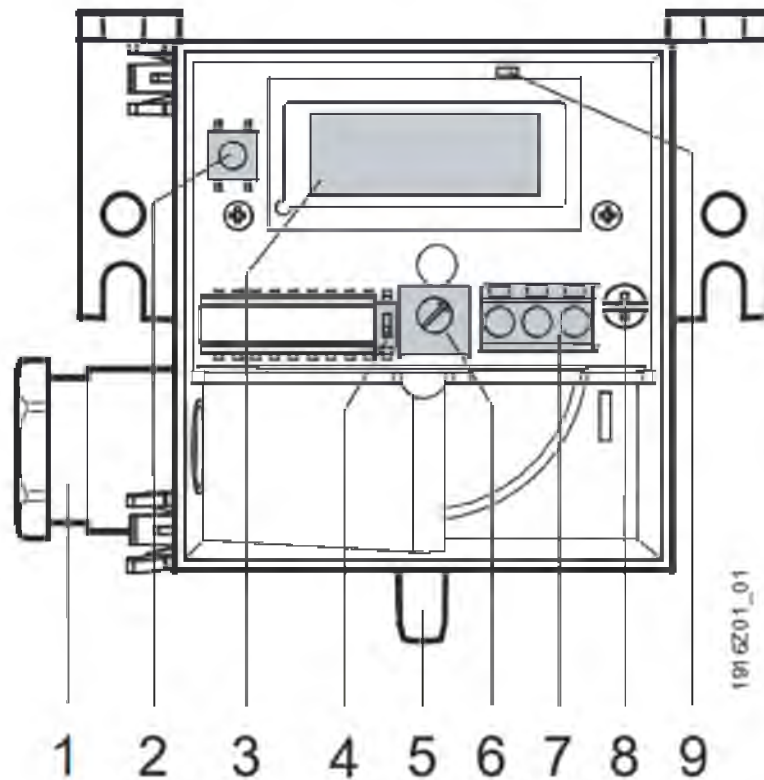


Рисунок 3.5. схема Siemens QBM3020-25

НУВІП України

- 1 Кабельний ввід Pg III з розвантажувачем кабелю;
- 2 Кнопка для налаштування нульової точки;
- 3 РК (QBM3020-..D і QBM3120-..D), для цифрового відображення датчика сигнал на Pascal;

НУВІП України

- 4 DIP-перемикач, щоб змінити характеристику;
- 5 з'єднувальних пізелів;

6 Потенціометр для встановлення посилення на вихідній характеристиці вилучення кореня;

7 Клема колодка;

8 Запобіжний гвинт для відкидної кришки;

9 світлодіодів для налаштування нульової точки.

Наступне реле різниці тисків на фільтрах та вентиляторах. Siemens QBM81-5...10.



Рисунок 3.6. зовнішній вигляд Siemens QBM3020-25

Перемикачі диференціального тиску QBM81-... використовуються для контролю перепаду тиску, недостатній і надлишковий тиск в устансвках

HVAC. Вимірюючи диференціал тиску, вони контролюють стан повітряних

фільтрів, переважаючі повітряні потоки, пошкоджені ремені вентилятора та

надлишкового тиску в чистих приміщеннях, кухнях і т. д. Вони також

використовуються для контролю диференціала тиску та позитивного та

негативного відносного тиску в системах HVAC.

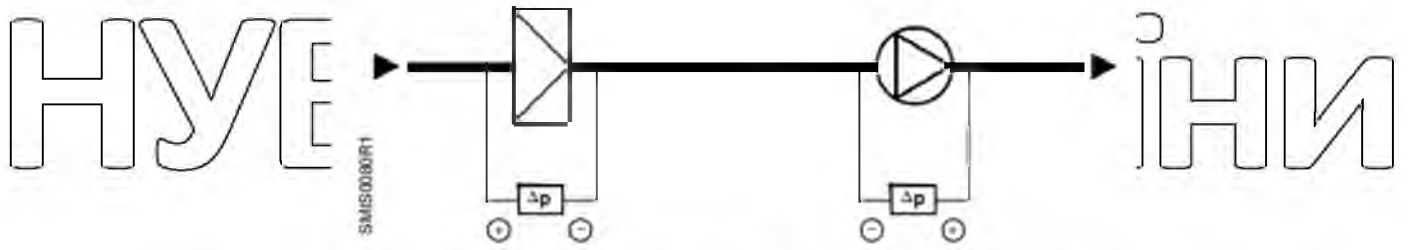
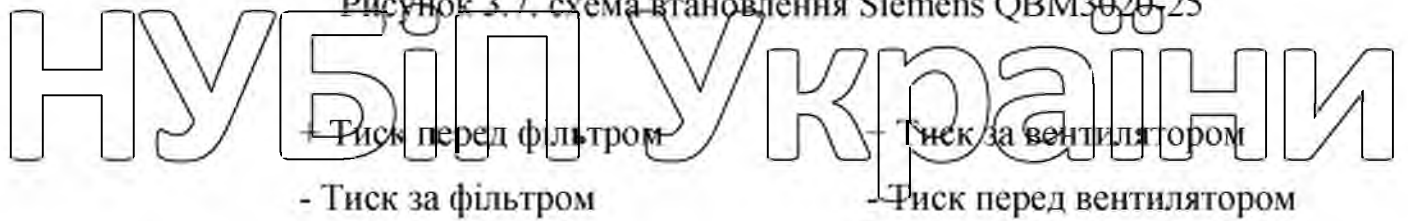


Рисунок 3.7. схема встановлення Siemens QBM3020-25



- Тиск перед фільтром

- Тиск за вентилятором

- Тиск за фільтром

- Тиск перед вентилятором

Датчик зовнішньої температури Siemens QAC22. Характеристики

наведені нижче.



Рисунок 3.8. зовнішній вигляд Siemens QAC22

• Зовнішні датчики призначені для вимірювання зовнішньої температури. Конструкція датчика забезпечує вимірювання температури з мінімальним впливом сонячної радіації, повітряних потоків та температури стіни будівлі.

• Діапазон вимірювання -40/50...+70 °C / 5...95 % г. F.

Термостат захисту від замерзання Siemens QAF81.6.



НУБІ

НУБІ

НУБІ



їни

їни

їни

Рисунок 3.9 зовнішній вигляд Siemens QAF816

НУБІП України

- Мін. активна довжина 300 мм;
- Довжина капіляра 6000 мм.;
- Діапазон завдання уставки  $-5...+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- Дискретний вихід, напруга перемикання АС 250 V;
- Дискретний вихід, струм комутованого ланцюга 10 (2) А;
- Дискретні виходи 1 група контактів, Сухий контакт, Перекидний контакт;
- Положення під час монтажу Будь-яке;
- Клас захисту IP54.

НУБІП України

НУБІП України

Датчик зворотної температури води після першого контуру нагріву

Siemens QAD22.

НУБІП України

НУБІ

НУБІ



їни

їни

1801P01

Рисунок 3.10. зовнішній вигляд Siemens QAD22

НУБІП України

• Накладні датчики призначені для вимірювання температури води в трубопроводах;

НУБІП України

• Діапазон застосування  $-30 \dots 125/130 \text{ } ^\circ\text{C}$  ...95 % відн.волог. без конденсату (не підходить для холодопостачання).

НУБІП України

Датчики температури повітря після першої секції нагріву та секції охолодження Siemens QAM2120.200. він має необхідний нам діапазон -

НУБІП України

40...70°C Датчики температури в повітропроводах призначені для використання у вентиляційних установках та установках кондиціонування повітря як

НУБІП України

• Датчики температури припливного або витяжного повітря

НУБІП України

• Обмежувальні датчики, наприклад, для обмеження мінімальної температури припливного повітря

НУБІП України

• Еталонні датчики, наприклад, для зміни кімнатної температури залежно від температури зовнішнього повітря

НУБІП України

• Датчики температури точки роси

НУБІП України

• Вимірювальні датчики, наприклад, для індикації вимірюваних значень або

НУБІП України

підключення до автоматизованої системи керування будівлею



Рисунок 3.11 зовнішній вигляд Siemens QAM2120.200

### 3.1.2 Вибір виконавчих механізмів

Є два основних виконавчих механізми в даній роботі: вентиляційна установка та заслінки. Привід для повітряної заслінки оберемо Siemens GCA161.1E.

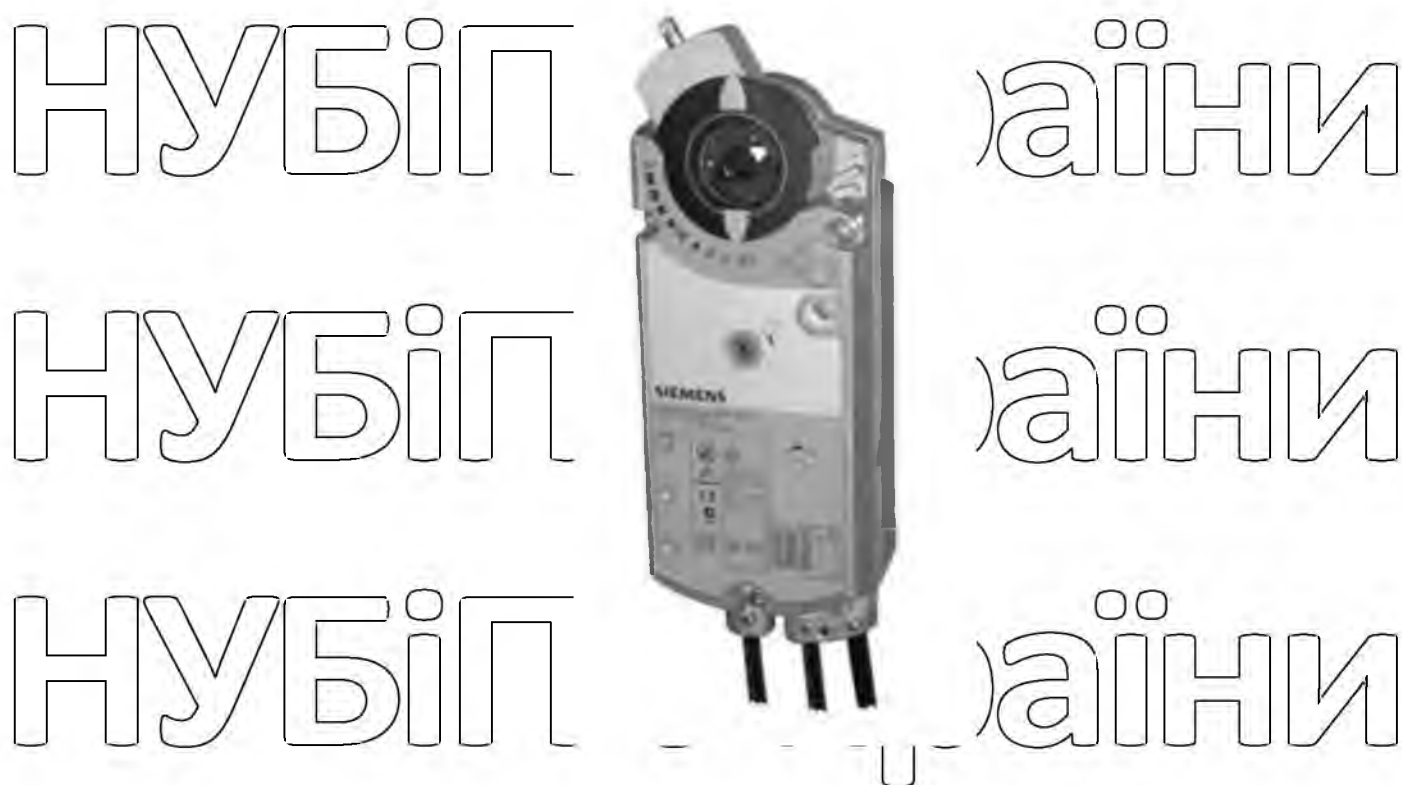


Рисунок 3.12. зовнішній вигляд Siemens GCA161.1E

Приводи повітряних заслінок з електромотором для 2-х позиційного, 3-х точкового та модулюючого управління, номінальний крутий момент 18 Нм, зі зворотною пружиною, адаптер, що самоцентрується, механічне налаштування кута повороту від 0 до 90°, вбудований кабель 0.9м для електричного підключення. Є спеціальні версії приводів з початковою точкою, що настроюється і кутом повороту, індикатором положення, зворотним потенціометром зв'язку та настроюваними додатковими контактами для реалізації додаткових функцій.

- Тип управління: модулююче,
- Робоча напруга: АС 24 V / DC 24...48 V,
- Сигнал позиціонування: АС 230 V,
- Індикатор положення: U = DC 0...10 V.

Вентиляційна установка FlaktGroup CairPlus SX 160.160/160.128HVBV - модульного типу. Устаткування призначене для систем загальнообмінної вентиляції. Припливна та витяжна частини встановлені одна на одну. Установку обладнано секціями підмішування, підігріву та охолодження повітря.

Корпус виготовлено з листової сталі з алюмоцинковим покриттям. Каркас виготовлено з алюмінієвого профілю. Товщина профілю - 50 мм. Товщина панелей - 60 мм з наповнювачем з мінеральної вати.

Система автоматики має у своєму складі систему частотного регулювання та теплового захисту двигуна.

Установку встановлено на опорній рамі висотою 80 мм. Для вирівнювання установки у горизонтальній площі використовуються опорні ніжки.

Висота установки (з рамою) – 3200 мм.

Ширина установки – 1720 мм.

Довжина установки – 6960 мм.

Загальна вага – 3758 кг

Сторона обслуговування – права.

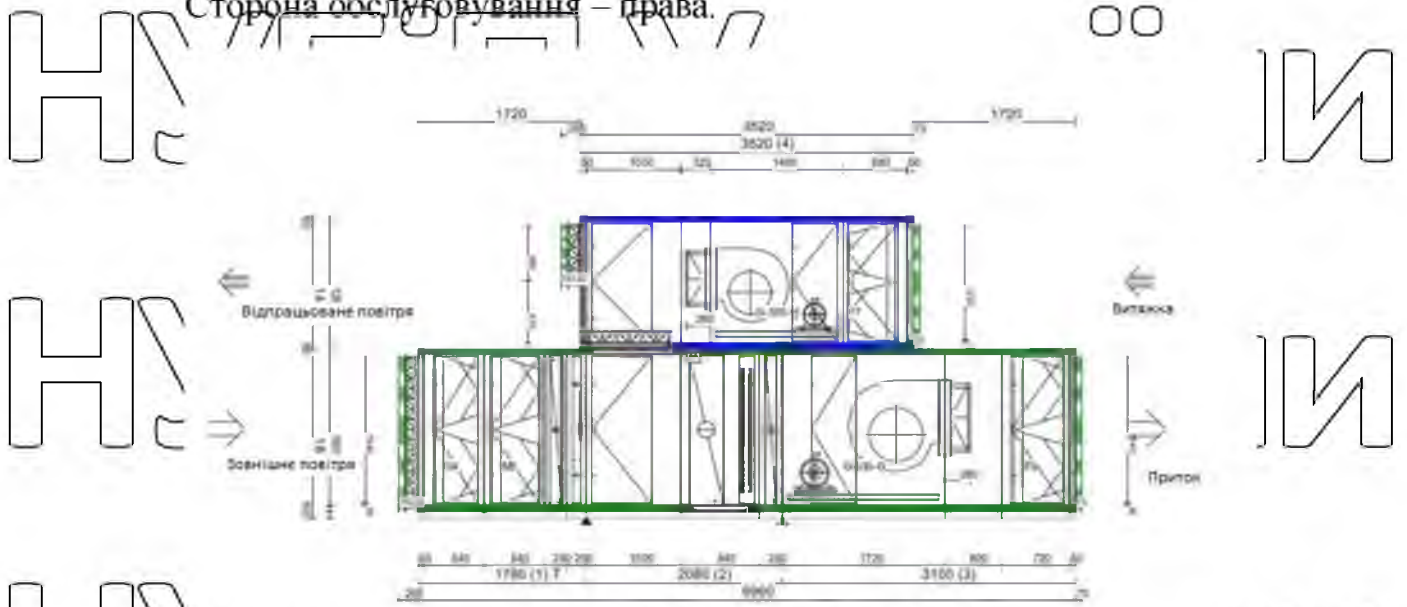


Рисунок 3.13. зовнішній вигляд вентиляційної установки з боку сервісної сторони

Технічні характеристики вентиляційної установки

**Припливна частина**

Таблиця 3.1. Фільтр першого ступеня очищення

Найменування	Фактично
Завод виробник/Модель	ФактG group
Тип фільтру	Книпечковий
Клас фільтрації	G4
Кількість фільтруючих елем., шт.	9
Розмір фільтруючих елем., мм	592x592x360 – 4 шт.; 592x287x360 – 2 шт.; 287x287x360 – 1 шт.; 287x592x360 – 2 шт.
Початковий опір, Па	3
Макс. кінцевий опір, Па	250

Таблиця 3.2. Фільтр другого ступеня очищення

Найменування	Фактично
Завод виробник/Модель	FlaktGroup
Тип фільтру	Кишеньковий
Клас фільтрації	M5
Кількість фільтруючих елем., шт.	9
Розмір фільтруючих елем., мм	592x592x534 – 4 шт.; 592x287x534 – 2 шт.; 287x287x534 – 1 шт.
Початковий опір, Па	18
Макс. кінцевий опір, Па	450

Таблиця 3.3. Фільтр третього ступеня очищення

Найменування	Фактично
Завод виробник/Модель	FlaktGroup
Тип фільтру	Кишеньковий
Клас фільтрації	E9
Кількість фільтруючих елем., шт.	9
Розмір фільтруючих елем., мм	592x592x600 – 4 шт.; 592x287x600 – 2 шт.; 287x287x600 – 1 шт.
Початковий опір, Па	133
Макс. кінцевий опір, Па	450

Відцентровий вентилятор. 12 лопаток, загнуті назад.

Таблиця 3.4. Вентилятор

Найменування	Фактично
Завод виробник/ Модель	Gebhardt Rotavent/RZR 13-400./1600
Серія вентилятора	ZMTO00302FXT
Тип вентилятора	RZR-13-0630-11AB
Макс. витрати повітря, м <sup>3</sup> /год.	17087
Робочий тиск, Па	1362
Повний статичний тиск, Па	1746
Швидкість обертання роб. колеса, об/хв.	3150
Вид передачі	Ремінна

Таблиця 3.5. Електродвигун

Найменування	Фактично
Завод виробник/ Модель	AC Motoren/ACM 200L-4
Дата виробництва /Серійний номер	1908088787
Потужність, кВт	11,5
Робоча швидкість обертання вала, об/хв.	2100
Робоча сила струму, А	33,0
Вид передачі	Ремінна
Тип ременю	sPA
Кількість ременів, шт.	2
Довжина ременю, мм	2782

Таблиця 3.6. Повітрянагрівач першого ступеню

Найменування	Фактично
Тип	H404001C06415XV
Тип теплоносія	Вода
Параметри теплоносія, 0C	80-60
Параметри повітря, 0C	22/+22
Потужність, кВт	72,4
Витрата теплоносія, м3/год.	3,2
Перепад тиску повітря, Па	10

Таблиця 3.7. Повітрянагрівач другого ступеню

Найменування	Фактично
Тип	H404001C06411XV
Тип теплоносія	Вода
Параметри теплоносія, 0C	60/40
Параметри повітря, 0C	10/22
Потужність, кВт	75,0
Витрата теплоносія, м3/год.	20
Перепад тиску повітря, Па	4

Таблиця 3.8. Повітроохолоджувач

Найменування	Фактично
Тип	H40401FJ06812XA 00
Тип холодагенту	Вода
Параметри холодагенту, 0C	6/12
Параметри повітря, 0C	25,5/10
Вологість повітря, %	55/94,7
Потужність, кВт	101,3
Витрата холодагенту, м3/год.	23,1

Перепад тиску повітря, Па

200

Витяжна частина

Таблиця 3.9. Витяжний фільтр

Найменування	Фактично
Завод виробник/Модель	Flakt Group
Тип фільтру	Кінцевий
Клас фільтрації	F7
Кількість фільтруючих елем., шт.	6
Розмір фільтруючих елем., мм	592x592x534 – 4 шт. 287x392x534 – 2 шт.
Початковий опір, Па	120
Макс. кінцевий опір, Па	450

Відцентровий вентилятор. Лопатки загнуті назад

Таблиця 3.10. Вентилятор

Найменування	Фактично
Завод виробник/Модель	Gebhardt Rotavent/RZR 15-400 / 1000
Серія вентилятора	ZMFO00182FXT
Тип вентилятора	RZR 15-0500-UAB
Макс. витрати повітря, м <sup>3</sup> /год.	16430
Динамічний тиск, Па	1240
Статичний тиск, Па	1360
Швидкість обертання роб. колеса, об/хв.	3955
Вид передачі	Ремінна

Таблиця 3.10. Електродвигун

Найменування	Фактично
Завод/виробник/Модель	АС/Моторен/АСМ-180М-4
Дата виробництва /Серійний номер	1909100444
Потужність, кВт	8,7
Робоча швидкість обертання вала, об/хв.	2472
Робоча сила струму, А	22
Вид передачі	Ремінна
Тип ременю	sPA
Кількість ременів, шт.	1
Довжина ременю, мм	2982

### 3.2. Вибір контролера

ПЛК один з найважливіших елементів системи автоматизації. Тому необхідно обирати його зауваживши всі нюанси системи. В даній магістерській роботі використовуються два контролера SIEMENS PXC200-E.D.



Рисунок 3.14. зовнішній вигляд вентиляційної SIEMENS PXC200-E.D

Також необхідно підібрати модулі розширення. Характеристики контролера та модулів розширення наведено нижче в таблиці.

Таблиця 3.11. Контролер та модулі розширення

Позиція на ел. схемі	Назва	Технологічні характеристики	Виробник
A1, A2	PXC200-ED	<p>Робоча напруга AC 24 V <math>\pm</math> 20%;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Безпечна низька напруга HD 384 або SELV;</li> <li>• Захисна низька напруга PELV.</li> </ul> <p>Частота 50/60 Гц;</p> <p>Споживання енергії максимум 24 VA;</p> <p>Внутрішній запобіжник 5A;</p> <p>Процесор Motorola Power PC MPC885;</p> <p>Пам'ять 64MB SDRAM /32 MB FLASH (96MB total);</p> <p>Клас точності 0.5;</p> <p>Зберігання даних без живлення:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Резервне живлення SDRAM 1 місяць;</li> <li>• 1× AA батарежка;</li> <li>• Резервне живлення для годинника 10 років;</li> <li>• Літієва батарежка.</li> </ul> <p>Клас захисту: IP20;</p> <p>Швидкість передачі LON мережі: 78 Kbps Ethernet / IP: 10/100 Mbit/s</p>	SIEMENS

Позиція на ел. схемі	Назва	Технологічні характеристики	Виробник
U1.1, U1.2, U2.1- U2.3	TXS1.12F10	<p>Модуль живлення:</p> <p>Паралельна робота до 4 модулів живлення;</p> <p>Вхідна напруга AC 24V;</p> <p>Генерація/передача DC 24V 1.2A для живлення модулів TX-I/O modules та периферійних пристроїв;</p> <p>Передача живлення AC 24V для периферійних пристроїв;</p> <p>Передача сигналу шини;</p> <p>Стандарт захисту: компоненти модуля на DIN профілі IP30; клемна колодка IP20</p>	SIEMENS
U1.3, U2.4	TXS1.EF10	<p>Модуль шини:</p> <p>Передача DC 24 V живлення модулів TX-I/O та периферійних пристроїв;</p> <p>Передача живлення AC/DC 12... 24 V для периферійних пристроїв;</p> <p>Передача сигналу шини;</p> <p>Стандарт захисту: компоненти модуля на DIN профілі IP30; клемна колодка IP20</p>	SIEMENS
A1.1- A1.3, A2.1- A2.5	TXM1.16D	<p>Модуль розширення на 16 цифрових входів:</p> <p>Робоча напруга DC 22.5... 26 V;</p> <p>Споживана потужність 1,6 Вт (65 мА);</p>	SIEMENS

Позиція на ел. схемі	Назва	Технологічні характеристики	Виробник
A1.4- A1.8, A2.6- A2.18	TXM1.6R	<p>Кількість дискретних входів: 16;</p> <p>Стандарт захисту: компоненти модуля на DIN профілі IP30; клемна колодка IP20</p> <p>Модуль розширення на 6 релейних виходів:</p> <p>Робоча напруга DC 22.5 ... 26 V;</p> <p>Споживана потужність 1,7 Вт (68 мА);</p> <p>Стандарт захисту: компоненти модуля на DIN профілі IP30; клемна колодка IP20.</p>	SIEMENS
A1.9- A1.20, A2.19, A2.34	TXM1.8U	<p>Універсальний модуль розширення на 8 входів:</p> <p>Робоча напруга: DC 22,5 ... 26 V;</p> <p>Максимальна спожива потужність: 1,5 Вт;</p> <p>Стандарт захисту: компоненти модуля на DIN профілі IP30; клемна колодка IP20.</p>	SIEMENS
A2.35	TXI2.Crep	<p>Модуль інтеграції даних:</p> <p>Робоча напруга DC 24V;</p> <p>Споживана потужність 100 мА 2,4Вт;</p> <p>Стандарт захисту: компоненти модуля на DIN профілі IP30; клемна колодка IP20</p>	SIEMENS

### 3.3. Розробка програмно-апаратного забезпечення для реалізації алгоритму керування із використанням контролерів

Програмне забезпечення було розроблене в середовищі Desigo XWORKS Plus V6.1.

Система 07-406.50 призначена для забезпечення мікроклімату повітря у приміщеннях 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 523, 523а, 524, 525, 525а.

Установка має три статуси роботи системи (зміна статусів відповідними перемикачами на шафі автоматики ЩСА5):

1. Статус системи – «Зупинено» - перемикач 14HS1 (положення «O»);
2. Статус системи – «Авто» - перемикач 14HS1 (положення «A»);
3. Статус системи – «Ручний» - перемикач 14HS1 (положення «P»).

В статусі «Зупинено» засувки зовнішнього повітря закриті, вентиляційна установка зупинена, регулювання параметрів не здійснюється.

В статусі «Ручний» система виконує функцію підтримання кліматичних параметрів в заданих межах (тиск повітря, температура, вологість) примусово з більш високим пріоритетом ніж в статусі роботи «Авто».

В статусі «Авто» система виконує функцію підтримання кліматичних параметрів в заданих межах (тиск повітря, температура, вологість), система має 2 режими роботи:

1. Режим «Выкл»;
2. Режим «Полный».

Режим «Выкл» – система зупинена за розкладом.

Режим «Полный» – система працює за розкладом.

#### **Сезон роботи «Літо»**

Даний сезон активується при зовнішній температурі повітря вище 12°C (датчик температури 07-001.00-005-AUT).

Перша секція нагріву відключена. Циркуляційний насос 07-406.151 вимкнений. При надходженні команди на запуск системи, відбувається

одночасне відкриття припливної 07-406.50-001-AUT та витяжної 07-406.50-002-AUT заслінок. Рециркуляційна заслінка 07-406.50-003-AUT завжди відкрита на 45% (Ступінь відкриття заслінки визначається після

пусконаладжувальних робіт). З відкриттям заслінок зовнішнього повітря відбувається плавний пуск припливного (07-406.50-П) та витяжного (07-406.50-В) вентиляторів. Протягом перших 8 хвилин роботи вентиляторів відбувається плавний вихід на задану уставку тиску повітря в припливному повітропроводі за датчиком 07-406.50-024-AUT, та витяжному повітропроводі

за датчиком 07-406.50-025-AUT. Активується робота секції холодопостачання/осушення та другої секції нагріву.

Температура і вологість припливного повітря (датчик 07-406.50-022-AUT) регулюється залежно від значень температури і вологості витяжного повітря з приміщень по датчику 07-406.50-023-AUT. Уставки осушення, зволоження, догріву та охолодження повітря для витяжного повітря задаються на сторінці системи диспетчеризації.

Зниження вологості 07-406.50-022-AUT регулюється виморожуванням повітря за допомогою триходового клапана 07-406.50-005-AUT з подальшим догрівом повітря за допомогою триходового клапана 07-406.50-006-AUT (функція осушення). Підвищення вологості відбувається за допомогою секції парозволоження, клапанами 07-406.50-007-AUT та 07-406.50-032-AUT. Клапан 07-406.50-032-AUT відкривається при надходженні сигналу на відкриття клапану 07-406.50-007-AUT.

Система вентиляції 07-406.50 не осушує припливне повітря нижче 35%, і обмежує відкриття клапану охолодження 07-406.50-005-AUT для осушення за залежністю від датчика температури 07-406.50-022-AUT припливного повітря  $14-12^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 100-0\%$ .

При примусовій зупинці системи відбувається вимикання припливного та витяжного вентиляторів, закриття припливної та витяжної заслінок, відключення секцій осушення, нагріву повітря та парозволоження.

Число обертів припливного вентилятора 07-406.50-Д змінюється в залежності від уставки тиску в припливному каналі, де розташований датчик тиску 07-406.50-024-AUT.

Число обертів витяжного вентилятора 07-406.50-В змінюється в залежності від уставки тиску на витяжці, де розташований датчик тиску 07-406.50-025-AUT.

### **Сезон роботи «Зима»**

Даний сезон активується при зовнішній температурі повітря нижче 8°C (датчик 07-001.00-005-AUT).

При вимкненій системі температура зворотного теплоносія в першій секції нагріву (датчик 07-406.50-009-AUT) підтримується триходовим клапаном 07-406.50-004-AUT за графіком залежності від зовнішньої температури і графіка мінімального відкриття триходового клапана (але не менше 2%). Циркуляційний насос 07-406.151 постійно включений. Це забезпечує захист від обмерзання теплообмінника при простій системи.

При надходженні сигналу на включення системи відбувається відкриття триходового клапана 07-406.50-004-AUT на 100% і йде прогрів теплообмінника протягом 2-х хвилин з включеним циркуляційним насосом 07-406.151. Через 40 секунд після запуску відбувається перевірка температури зворотного теплоносія згідно графіка відношення температури зворотного теплоносія до температури зовнішнього повітря. Якщо температура зворотного теплоносія менше мінімального заданого значення, система зупиняється та з'являється аварійний сигнал. Якщо температура зворотного теплоносія нижче розрахункової, але не нижче заданого мінімального значення, то система продовжує прогріватися до досягнення необхідної температури. Якщо температура зворотного теплоносія рівна або більше розрахункової, то через 1 хв після початку прогріву відбувається одночасне відкриття припливної 07-406.50-001-AUT та витяжної 07-406.50-002-AUT заслінок. Рециркуляційна заслінка 07-406.50-003-AUT завжди відкрита на 45%. (Ступінь відкриття заслінки визначається після пусконаладжувальних

робіт). Через 2 хв після початку прогріву відбувається закриття триходового клапана 07-406.50-004-AUT, в залежності від зовнішньої температури час закриття змінюється  $-30...10^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 100...0\%$ ; 300...30 секунд. Разом з

відкриттям заслінок зовнішнього повітря відбувається плавний пуск припливного (07-406.50-П) та витяжного (07-406.50-В) вентиляторів.

Протягом перших 8 хвилин роботи вентиляторів відбувається плавний вихід на задану уставку тиску повітря в припливному повітропроводі за датчиком 07-406.50-024-AUT, та витяжному повітропроводі за датчиком 07-406.50-025-

AUT. При цьому, секція першого нагріву працює та включена секція зволоження повітря.

Температура і вологість припливного повітря (датчик 07-406.50-022-AUT) регулюється залежно від значень температури і вологості витяжного

повітря з приміщень по датчику 07-406.50-023-AUT. Уставка тиску на притоці

здається на сторінці системи диспетчеризації. Уставки осушення,

зволоження, догріву та охолодження повітря для витяжного повітря задаються на сторінці системи диспетчеризації.

Число обертів припливного вентилятора 07-406.50-П змінюється в залежності від уставки тиску в припливному каналі, де розташований датчик

тиску 07-406.50-024-AUT.

Число обертів витяжного вентилятора 07-406.50-В змінюється в залежності від уставки тиску на витяжці, де розташований датчик тиску 07-406.50-025-AUT.

При зупинці системи відбувається вимикання припливного та витяжного вентиляторів, закриття припливної та витяжної заслінок. Циркуляційний насос

07-406.151 у першій секції нагрівання продовжує працювати. Регулювання мінімального ступеня відкриття клапану 07-406.50-004-AUT та мінімальної

температури зворотного теплоносія за датчиком 07-406.50-009-AUT

здійснюється в залежності від температури зовнішнього повітря:  $-30...-$

$15...0...10...12^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 40...30...20...15...10^{\circ}\text{C}$ ,  $-30...-15...0...10^{\circ}\text{C} \leftrightarrow$

$34...23...25...2\%$ .

**Статус роботи «Зупинено»**

Стан технологічного обладнання при статусі роботи «Зупинено»

	<b>Статус роботи «Зупинено»</b>
Заслінка припливу 07-406.50-001-AUT	Закрито
Заслінка витоку 07-406.50-002-AUT	Закрито
Рециркуляційна заслінка 07-406.50-003-AUT	Завжди у відкритому положенні на 45% (визначається після пуско-наладжувальних робіт)
Вентилятор припливу 07-406.50-П	Викл.
Вентилятор витоку 07-406.50-В	Викл.
Сигнал кліматичних параметрів (температура, вологість та тиск повітря)	Блоковано
Сигнал про загрозу заморозування 07-406.50-008-AUT	Розблокований
Сигнал «Пожежа»	Розблокований
Триходовий клапан першої секції нагріву 07-406.50-004-AUT	Робота в залежності від сезону
Циркуляційний насос першої секції нагріву 07-406.151	Робота в залежності від сезону
Триходовий клапан другої секції нагріву 07-406.50-006-AUT	Закритий
Циркуляційний насос другої секції нагріву 07-406.152	Викл.
Триходовий клапан секції охолодження 07-406.50-005-AUT	Закритий

Триходовий клапан 07-406.50-007-AUT і

відсічний клапан 07-406.50-032-AUT секції

парозволоження

Закритий Закритий

## Аварійний режим роботи

### *Загроза заморожування теплообмінника*

Існують чотири типи виявлення загрози заморожування теплообмінника: за термостатом загрози заморожування (07-406.50-008-AUT), за температурою зворотного теплоносія (датчик 07-406.50-009-AUT), за датчиком температури та відносної вологості 07-406.50-022-AUT, що встановлений у припливному каналі, та за температурою після першої секції нагріву (датчик 07-406.50-010-AUT). Всі чотири типи виявлення загрози заморожування теплообмінника активні у всіх статусах роботи.

При наявності попередження про загрозу заморожування теплообмінника в усіх випадках алгоритм роботи системи не відрізняється.

Термостат 07-406.50-008-AUT спрацьовує при температурі 7°C.

При зниженні температури теплоносія нижче 10°C, а також при зниженні температури повітря після першої секції нагріву нижче 8°C, або зниженні температури у припливному каналі нижче 8°C, з'являється аварійне повідомлення, відбувається вимикання припливного вентилятора (07-406.50-П), закриття заслінки притоку 07-406.50-001-AUT, вимикання витяжного вентилятора (07-406.50-В), закриття витяжної заслінки (07-406.50-002-AUT), відкриття триходового клапана 07-406.50-004-AUT першої секції нагріву на 100%, циркуляційний насос 07-406.151 працює.

Аварії загрози заморожування за спрацюванням термостата, температурою зворотного теплоносія (за умови досягнення 10°C), за температурою у припливному каналі (за умови досягнення 8°C), або за температурою після першої секції нагріву (за умови досягнення 8°C) потребують скидання за допомогою кнопки «Скидання аварії» з лицьової частини шафи автоматики ЩСА5.

### Робота під час пожежі

Існують два типи сигналу про пожежу: «Пожежа» та «ВЗК відкриті». Обидва сигнали приходять з шафи протипожежної автоматики.

При надходженні сигналу «Пожежа» та «ВЗК відкриті» відбувається зупинка всього працюючого обладнання та агрегатів.

### Опис роботи модуля односпрямованого потоку повітря 07-406.75

Установка 07-406.75 виконує функцію додаткового підтримання заданих параметрів повітряного середовища (тиск, температура) кімнати №519.

Агрегат установки 07-406.75 може мати три статуси роботи, які встановлюються перемикачем 16HS4 з лицьової панелі щита автоматики:

1. Статус «Зупинено» – перемикач 16HS4 (положення «0»);
2. Статус «Авто» – перемикач 16HS4 (положення «А»);
3. Статус «Ручний» – перемикач 16HS4 (положення «Р»).

При статусі «Зупинено» робота вентилятора установки 07-406.75 припиняється.

Під час функціонування в статусі «Ручний» відбувається примусовий запуск вентилятора установки 07-406.75 через частотний перетворювач.

Частота обертів вентилятора установки 07-406.75 задається з дисплея частотного перетворювача, при цьому регулювання температури повітря здійснюються так само як і в автоматичному режимі.

Під час функціонування агрегату в статусі «Авто», установка 07-406.75 працює за наступним алгоритмом:

1. Установка запускається разом з системою 07-406.50;
2. Витрата повітря на притоці підтримується на рівні 3300 м<sup>3</sup>/год (визначається після пусконаладжувальних робіт) за датчиком 07-519.00-007-AUT;
3. Відбувається підтримання температури у приточному каналі на рівні 22 °С (температура зони ламінарного потоку повітря вимірюється датчиком 07-519.00-006-AUT та підтримується за допомогою триходового клапану 07-

406.75-003-AUT), Уставка температури задається на сторінці системи диспетчеризації;

4. Датчик швидкості 07-319.00-005-AUT, встановлений в зоні ламінарного потоку повітря, призначений для моніторингу швидкості повітря.

Установка 07-406.75 працює постійно, за виключенням таких випадків:

1. Система 07-406.50 вимкнена;
2. Активна аварія «Пожежа ВЗК відкриті»;
3. Активна аварія «Реле контролю фаз»;
4. Перемикач 16HS4 знаходиться в положенні «О».

За наявності будь-яких інших аварій, що призводять до зупинки системи 07-406.50, установка 07-406.75 продовжує роботу

**Опис роботи модуля односпрямованого потоку повітря 07-406.76**

Установка 07-406.76 виконує функцію додаткового підтримання заданих параметрів повітряного середовища (тиск, температура) кімнати №520.

Агрегат установки 07-406.76 може мати три статуси роботи, які встановлюються перемикачем 16HS5 з лицьової панелі щита автоматики:

1. Статус «Зупинено» – перемикач 16HS5 (положення «О»);
2. Статус «Авто» – перемикач 16HS5 (положення «А»);
3. Статус «Ручний» – перемикач 16HS5 (положення «Р»);

При статусі «Зупинено» робота вентилятора установки 07-406.76 припиняється.

Під час функціонування в статусі «Ручний» відбувається примусовий запуск вентилятора установки 07-406.76 через частотний перетворювач.

Частота обертів вентилятора установки 07-406.76 задається в дисплея частотного перетворювача, при цьому регулювання температури повітря здійснюються так само як і в автоматичному режимі.

Під час функціонування агрегату в статусі «Авто», установка 07-406.76 працює за наступним алгоритмом:

1. Установка запускається разом з системою 07-406.50;

2. Витрата повітря на притоці підтримується на рівні 9000 м<sup>3</sup>/год (визначається після пусконаладжувальних робіт) за датчиком 07-520.00-008-AUT;

3. Відбувається підтримання температури у приточному каналі на рівні 22 оС (температура зони ламінарного потоку повітря вимірюється датчиком 07-520.00-007-AUT та підтримується за допомогою триходового клапану 07-406.76-003-AUT). Уставка температури задається на сторінці системи диспетчеризації;

4. Датчик швидкості 07-520.00-006-AUT, встановлений в зоні ламінарного потоку повітря, призначений для моніторингу швидкості повітря.

Установка 07-406.76 працює постійно, за виключенням таких випадків:

1. Система 07-406.50 вимкнена;

2. Активна аварія «Пожежа\ВЗК відкриті»;

3. Активна аварія «Реле контролю фаз»;

4. Перемикач 16HS5 знаходиться в положенні «0»

За наявності будь-яких інших аварій, що призводять до зупинки системи 07-406.50, установка 07-406.76 продовжує роботу

### **Опис роботи модуля односпрямованого потоку повітря 07-406.52**

Установка 07-406.52 виконує функцію додаткового підтримання заданих параметрів повітряного середовища (тиск, температура) кімнати №521.

Агрегат установки 07-406.52 може мати три статуси роботи, які встановлюються перемикачем 16HS6 з лицьової панелі щита автоматики:

1. Статус «Зупинено» – перемикач 16HS6 (положення «0»);

2. Статус «Авто» – перемикач 16HS6 (положення «А»);

3. Статус «Ручний» – перемикач 16HS6 (положення «Р»).

При статусі «Зупинено» робота вентилятора установки 07-406.52 припиняється.

Під час функціонування в статусі «Ручний» відбувається примусовий запуск вентилятора установки 07-406.52 через частотний перетворювач. Частота обертів вентилятора установки 07-406.52 задається з дисплея

частотного перетворювача, при цьому регулювання температури повітря здійснюються так само як і в автоматичному режимі.

Під час функціонування агрегату в статусі «Авто», установка 07-406.52 працює за наступним алгоритмом:

1. Установка запускається разом з системою 07-406.50;

2. Тиск повітря на притоці підтримується на рівні 1500 Па (визначається після пусконаладжувальних робіт) за датчиком 07-521.00-007-AUT;

3. Відбувається підтримання температури у приточному каналі на рівні 22 оС (температура зони ламінарного потоку повітря вимірюється датчиком 07-

521.00-008-AUT та підтримується за допомогою триходового клапану 07-406.52-003-AUT). Уставка температури задається на сторінці системи диспетчеризації;

4. Підтримання рівномірної швидкості в зонах односпрямованого потоку повітря здійснюється шляхом встановлення певного фіксованого положення заслінок 07-521.00-033-AUT – 07-521.00-056-AUT (ступені відкриття заслінок визначаються після пусконаладжувальних робіт).

Моніторинг швидкості ламінарного потоку повітря відбувається в трьох зонах за датчиками швидкості 07-521.00-006-AUT, 07-521.00-029-AUT та 07-

521.00-030-AUT).

Установка 07-406.52 працює постійно, за виключенням таких випадків:

1. Система 07-406.50 вимкнена;

2. Активна аварія «Пожежа\ВЗК відкриті»;

3. Активна аварія «Реле контролю фаз»;

4. Перемикач Т6HS6 знаходиться в положенні «0»

За наявності будь-яких інших аварій, що призводять до зупинки системи 07-406.50, установка 07-406.52 продовжує роботу

### **Опис роботи рециркуляційної установки 07-406.51**

Рециркуляційна установка 07-406.51 виконує функцію видалення теплових надлишків з кімнати №512. Агрегат установки 07-406.51 може мати

три статуси роботи, які встановлюються перемикачем 16HS3 з лицьової панелі щита автоматики:

1. Статус «Зупинено» – перемикач 16HS3 (положення «0»);
2. Статус «Авто» – перемикач 16HS3 (положення «А»);
3. Статус «Ручний» – перемикач 16HS3 (положення «Р»).

При статусі «Зупинено» робота вентилятора установки 07-406.51 припиняється.

Під час функціонування в статусі «Ручний» відбувається примусовий запуск вентилятора установки 07-406.51 через частотний перетворювач.

Частота обертів вентилятора установки 07-406.51 задається з дисплея частотного перетворювача, при цьому регулювання температури повітря здійснюються так само як і в автоматичному режимі.

В статусі «Авто» рециркуляційна установка має 1 режим роботи - «Полный».

Під час функціонування агрегату в статусі «Авто», установка 07-406.51 працює за наступним алгоритмом:

1. Установка 07-406.51 запускається разом з системою 07-406.50;
2. Витрата повітря на притоці підтримується на рівні 5000 м3/год за датчиком 07-512.00-005-AUT.
3. Установка 07-406.51 постійно підтримує температуру на рівні 22°C (температура приміщення вимірюється датчиком 07-512.00-008-AUT та підтримується за допомогою триходового клапана 07-406.51-003-AUT).

Уставка температури задається на сторінці системи диспетчеризації.

Установка 07-406.51 працює постійно, за виключенням таких випадків:

1. Система 07-406.51 не знаходиться в режимі «Авто»;
2. Активна аварія «Пожежа\ВЗК відкриті»;
3. Активна аварія «Реле контролю фаз»;
4. Перемикач 16HS3 знаходиться в положенні «0».

За наявності будь-яких інших аварій, що призводять до зупинки системи 07-406.50, установка 07-406.51 продовжує роботу.

### 3.4. Розробка системи моніторингу

Система візуалізації Desigo SC являє собою модульний комплекс програмного забезпечення, що складається з основної частини програмного забезпечення системи візуалізації та модулів, які встановлюються для активації певних функцій. Дана архітектура направлена в першу чергу для зменшення навантаження на роботу персонального комп'ютера чи сервера, що надає можливість гнучкості роботи і забезпечення функціональності системи візуалізації під кожен об'єкт окремо.

Під модульним комплексом програмного забезпечення мається на увазі, що окрім основного програмного забезпечення додатково встановлюються модулі, які необхідні в подальшій роботі з системою візуалізації, також є можливість довстановлювати додаткові модулі в процесі роботи з системою візуалізації, якщо в них з'являється необхідність.

Основні функції системи візуалізації:

- Відображення стану обладнання систем вентиляції в реальному часі;
- Відображення стану обладнання інженерних систем в реальному часі;
- Відображення параметрів мікроклімату і перепадів тиску в приміщеннях в реальному часі;
- Відображення параметрів чистих середовищ в реальному часі;
- Можливість інженерами/операторами змінювати встановлені значення для систем автоматики, режими роботи обладнання;
- Збір трендів з ПЛК підключених до системи візуалізації;
- Ведення журналу подій (аварій);
- Ведення журналу активності (audit trail);
- Можливість перегляду і обробки трендів, журналів подій і журналів активності користувачами;
- Можливість ручного керування обладнанням в разі необхідності;
- Сповіщення і відображення про наявність аварійних подій різних категорій, а також можливість реакції і їх обробки;

В даному вікні (Рис. 3.15), зображено припливно-витяжну вентиляційну установку 07-406.50.

Дані вікна умовно можна розділити на кілька елементів:

- Назва сторінки (Верхня частина);

- Інформація про статус установки, статус перемикача режиму роботи установки, налаштування регулятора клімату вентиляційної установки, сезон роботи, а також кнопки переходу до налаштування розкладу роботи вентиляційної установки та налаштування каскадного регулятора вологості (лівий нижній кут);

- Мнемосхема вентиляційної установки з датчиками та виконавчими органами;

З цієї сторінки можна змінювати встановлені значення для підтримки роботи вентиляційної установки в необхідному режимі, а саме:

- Температура повітря для охолодження та нагрівання у витяжному каналі установки – червоний маркер;

- Вологість для осушення та зволоження у витяжному каналі установки помаранчевий маркер;

- Тиск повітря у витяжному каналі – зелений маркер;

- Тиск повітря у припливному каналі – блакитний маркер;

Індикатор статусу вентиляційної установки – темно-червоний маркер, показує поточний статус вентиляційної установки, який додатково індикується зміною кольору:

- Зелений – установка запущена та працює в автоматичному режимі (AutoFullMode) або ручному режимі (ManFullMode);

- Жовтий – установка зупинена та не працює в автоматичному режимі (AutoOff), ручному режимі (ManOff), перемикачем зі щита автоматики (SwiOff);

•Червоний – установка перебуває у стані критичної аварії, зупинена та не працює через: пожежу (Fire), загрозу замерзання (Frost), відключення живлення (Off), закисну зупинку (DefOff);

Індикатор стану перемикача режиму роботи установки на щиті автоматики – коричневий маркер. Можливо в 3-х положеннях:

- Auto – автоматичний режим роботи;
- Man – ручний режим роботи;
- Off – зупинка;

Поле налаштування регулятора температури та вологості – рожевий маркер.

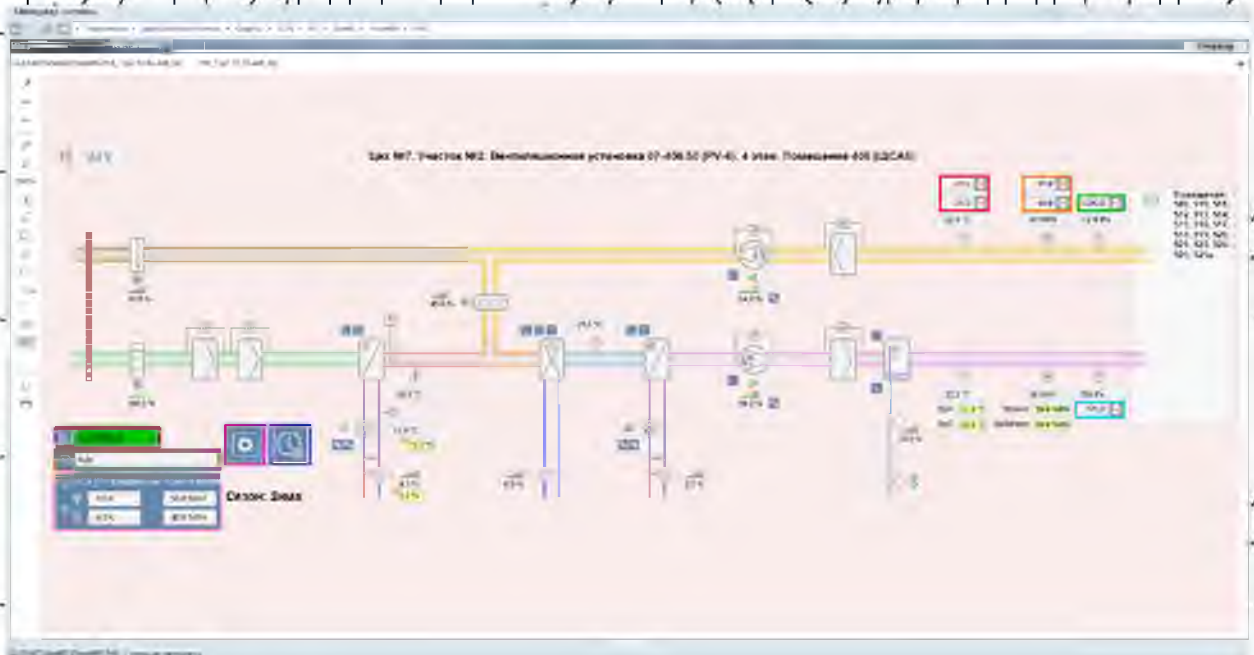


Рисунок 3.15. вікно SCADA системи з вентиляційною установкою

На рисунку 3.16. та 3.17. зображено приміщення які обслуговуються.

Дані вікна умовно можна розділити на кілька елементів:

- назва сторінки (Верхня частина);
- місцесхема приміщень з датчиками та виконавчими органами;

Умовні зображення рециркуляційних модулів - прямокутники з написами «Модуль рециркуляції п.512», «Ламінар п.519», «Ламінар п.520» та «Ламінар

п. 521» є кнопками для переходу на графічні сторінки даних систем, рисунок 3.18., рисунок 3.19., рисунок 3.20. та рисунок 3.21.

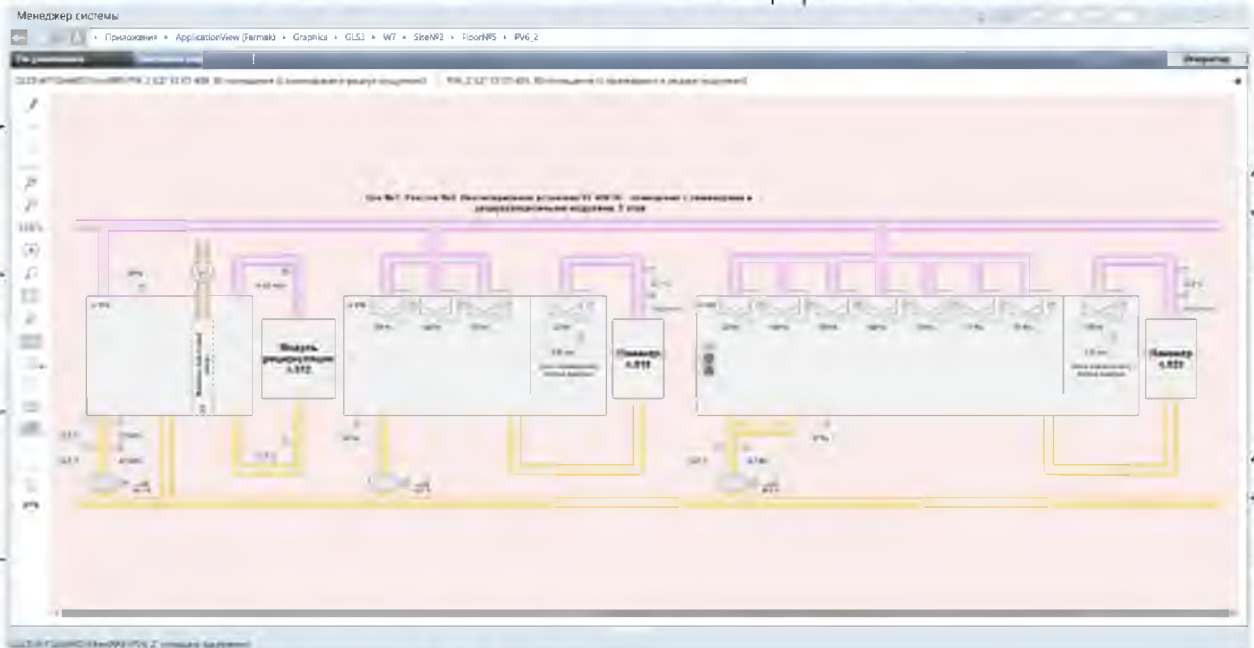


Рисунок 3.16. вікно SCADA системи з зображеннями приміщень 1

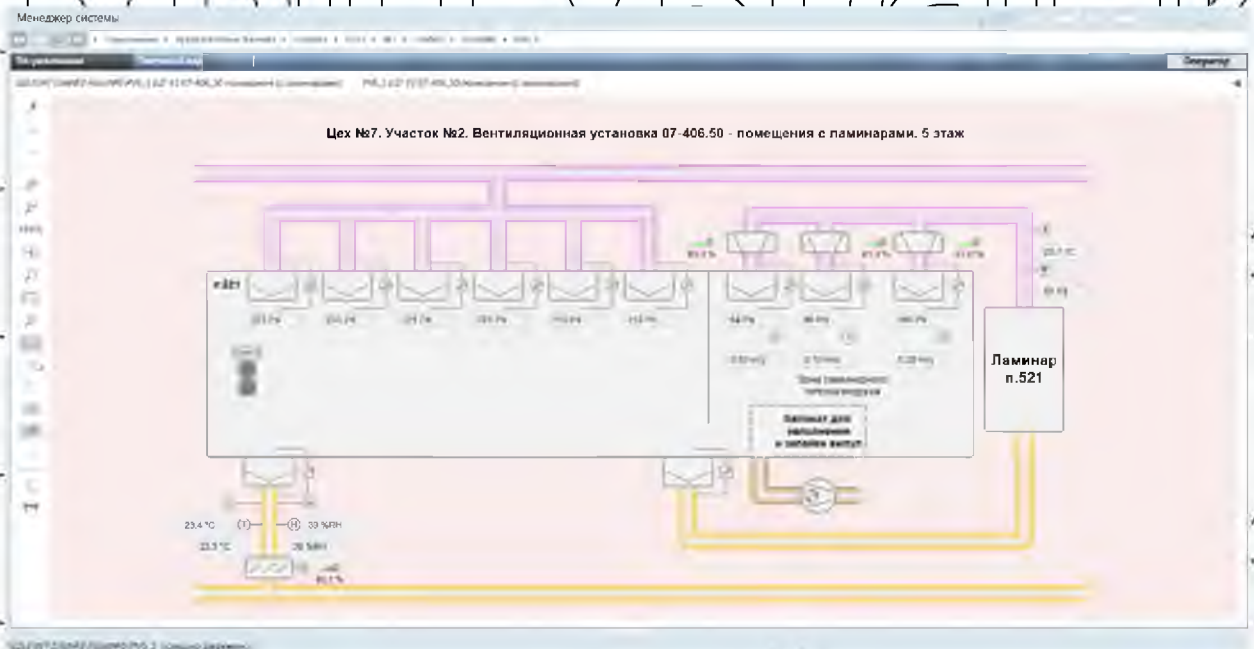


Рисунок 3.17. вікно SCADA системи з зображеннями приміщень 2

На рисунку 3.18. зображена сторінка візуалізації модуля одноструйованого потоку в приміщенні 519.

Дане вікно умовно можна розділити на кілька елементів:

- назва сторінки (Верхня частина);
- інформація про статус модуля (лівий нижній кут);
- мнемосхема модуля з датчиками та виконавчими органами;

З цієї сторінки можна змінювати встановлені значення для підтримки роботи вентиляційної установки в необхідному режимі, а саме:

- Витрата повітря у припливному каналі модуля – червоний маркер;
- Температура повітря для охолодження припливного каналу модуля – помаранчевий маркер;

Щоб змінити встановлені значення, необхідно скористатися стрілками на полях введення уставок або натиснути на поле введення уставки та ввести значення за допомогою клавіатури.

Індикатор статусу вентиляційної установки – лівий нижній кут, показує поточний статус модуля, який додатково індидується зміною кольору:

- Зелений – установка запущена та працює в автоматичному режимі (AutoFullMode) або ручному режимі (ManFullMode);

- Жовтий – установка зупинена та не працює: в автоматичному режимі (AutoOff), ручному режимі (ManOff);

- Червоний – установка перебуває у стані критичної аварії, зупинена та не працює через: пожежу (Fire), відключення живлення (Off), захисну зупинку (DeffOff);

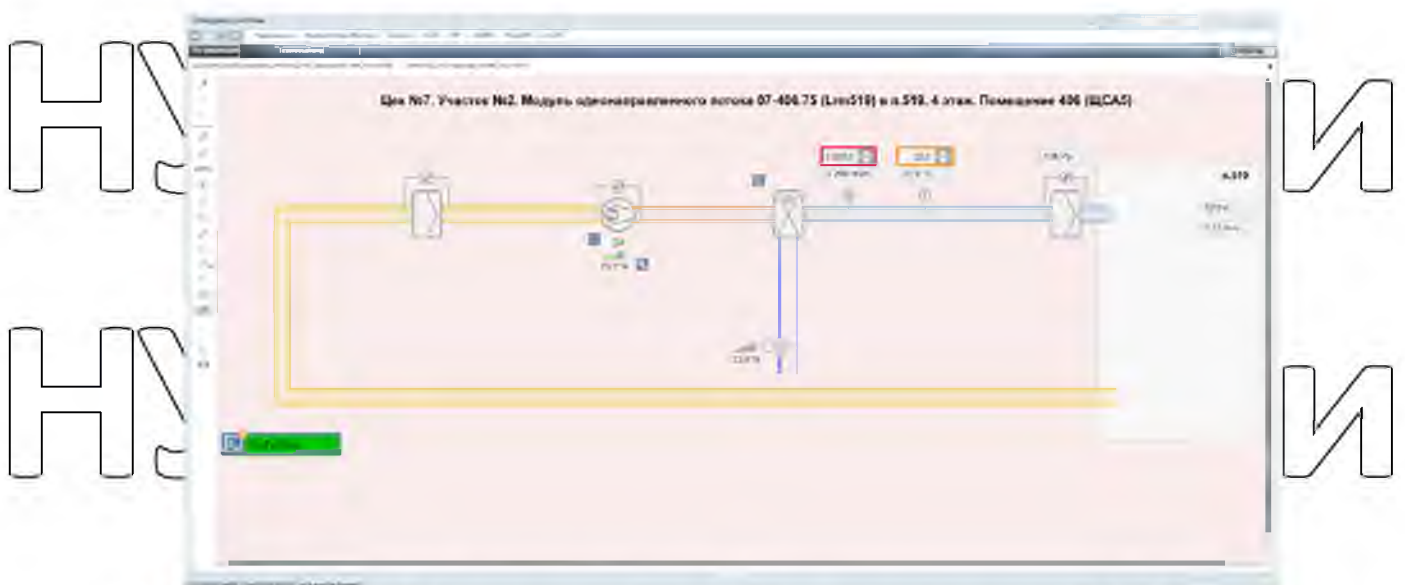


Рисунок 3.18) сторінка візуалізації модуля односпрямованого потоку в приміщенні 519

На рисунку 3.19. зображена сторінка візуалізації модуля односпрямованого потоку в приміщенні 520.

Дане вікно умовно можна розділити на кілька елементів.

- назва сторінки (Верхня частина);
- інформація про статус модуля (лівий нижній кут);
- мнемосхема модуля з датчиками та виконавчими органами;

З цієї сторінки можна змінювати встановлені значення для підтримки роботи модуля у необхідному режимі, а саме:

- Витрата повітря у припливному каналі модуля – червоний маркер;
- Температура повітря для охолодження припливного каналу модуля – помаранчевий маркер;

Щоб змінити встановлені значення, необхідно скористатися стрілками на полях введення уставок або натиснути на поле введення уставки та ввести значення за допомогою клавіатури.

Індикатор статусу вентиляційної установки – лівий нижній кут показує поточний статус модуля, який додатково індидується зміною кольору:

• Зелений – установка запущена та працює в автоматичному режимі (AutoFullMode) або ручному режимі (ManFullMode);

• Жовтий – установка зупинена та не працює в автоматичному режимі (AutoOff), ручному режимі (ManOff);

• Червоний – установка перебуває у стані критичної аварії, зупинена та не працює через: пожежу (Fire), відключення живлення (Off), захищену зупинку (DefOff);

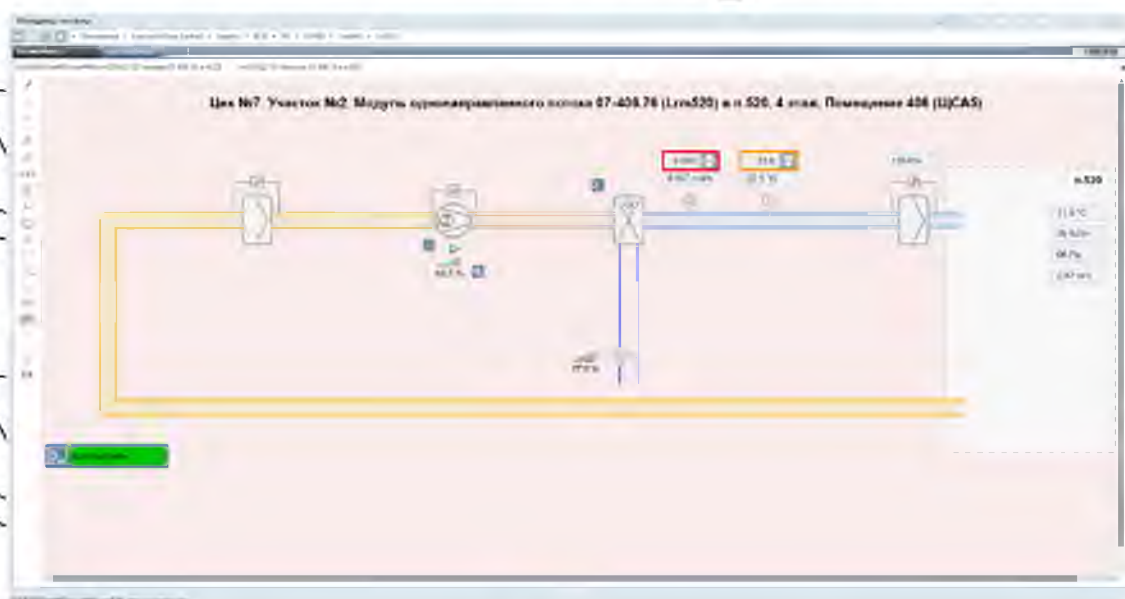


Рисунок 3.19. сторінка візуалізації модуля односпрямованого потоку в приміщенні 520

На рисунку 3.20. зображена сторінка візуалізації модуля односпрямованого потоку в приміщенні 521.

Дане вікно умовно можна розділити на кілька елементів:

• назва сторінки (верхня частина);

• інформація про статус модуля (лівий нижній кут);

• мнемосхема модуля з датчиками та виконавчими органами;

З цієї сторінки можна змінювати встановлені значення для підтримки роботи модуля у необхідному режимі, а саме:

• тиск повітря у припливному каналі модуля – червоний маркер;

• Температура повітря для охолодження припливного каналу модуля – помаранчевий маркер;

Щоб змінити встановлене значення, необхідно скористатися стрілками на полях введення уставок або натиснути на поле введення уставки та ввести значення за допомогою клавіатури.

Індикатор статусу вентиляційної установки – лівий нижній кут показує поточний статус модуля, який додатково індикується зміною кольору:

• Зелений – установка запущена та працює в автоматичному режимі (AutoFullMode) або ручному режимі (ManFullMode);

• Жовтий – установка зупинена та не працює: в автоматичному режимі (AutoOff), ручному режимі (ManOff);

• Червоний – установка перебуває у стані критичної аварії, зупинена та не працює через: пожежу (Fire), відключення живлення (Off), захисну зупинку (DeffOff);

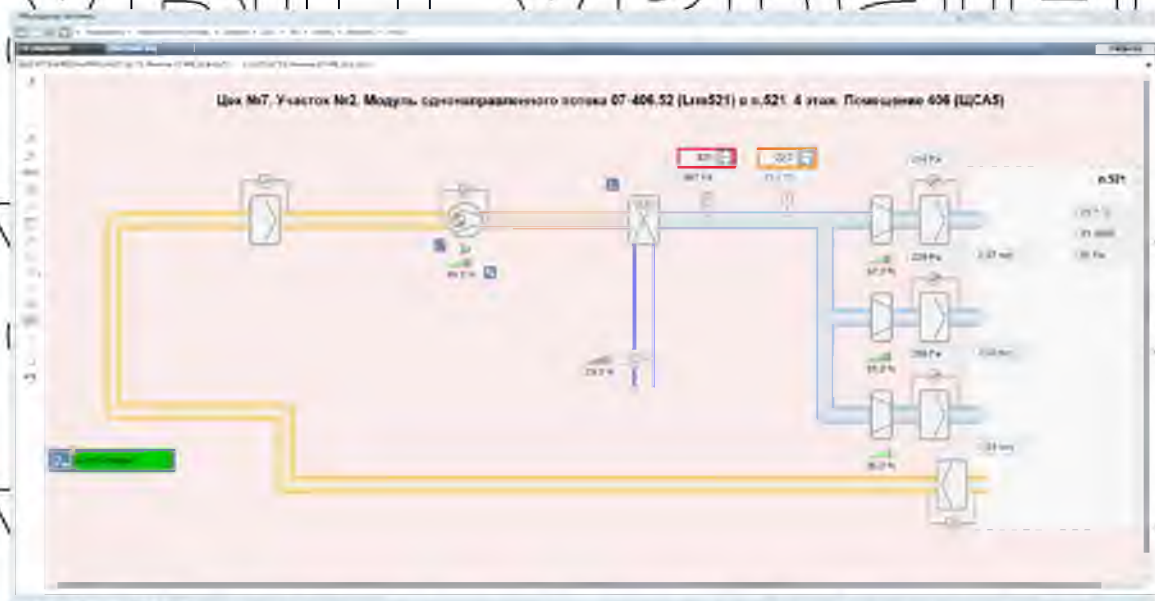


Рисунок 3.20. сторінка візуалізації модуля одностороннього потоку в приміщенні 521

На рисунку 3.21. зображена сторінка візуалізації модуля одностороннього потоку в приміщенні 512.

Дане вікно умовно можна поділити на кілька елементів:

- назва сторінки (Верхня частина);
- Інформація про статус модуля – темно-червоний маркер, параметри каскадного регулятора температури – коричневий маркер;

- мнемосхема модуля з датчиками та виконавчими органами;

З цієї сторінки можна змінювати встановлені значення для підтримки роботи модуля у необхідному режимі, а саме:

- Тиск повітря у припливному каналі модуля – червоний маркер;
- Температура повітря для охолодження у витяжному каналі модуля –

помаранчевий маркер;

Щоб змінити встановлені значення, необхідно скористатися стрілками на полях введення уставок або натиснути на поле введення уставки та ввести значення за допомогою клавіатури.

Індикатор статусу вентиляційної установки – темно-червоний маркер, показує поточний статус модуля, який додатково індикується зміною кольору:

- Зелений – установка запущена та працює в автоматичному режимі (AutoFullMode) або ручному режимі (ManFullMode);

- Жовтий – установка зупинена та не працює: в автоматичному режимі (AutoOff), ручному режимі (ManOff);

- Червоний – установка перебуває у стані критичної аварії, зупинена та не працює через: пожежу (Fire), відключення живлення (Off), захисну зупинку (DeffOff);

НУ

НУ

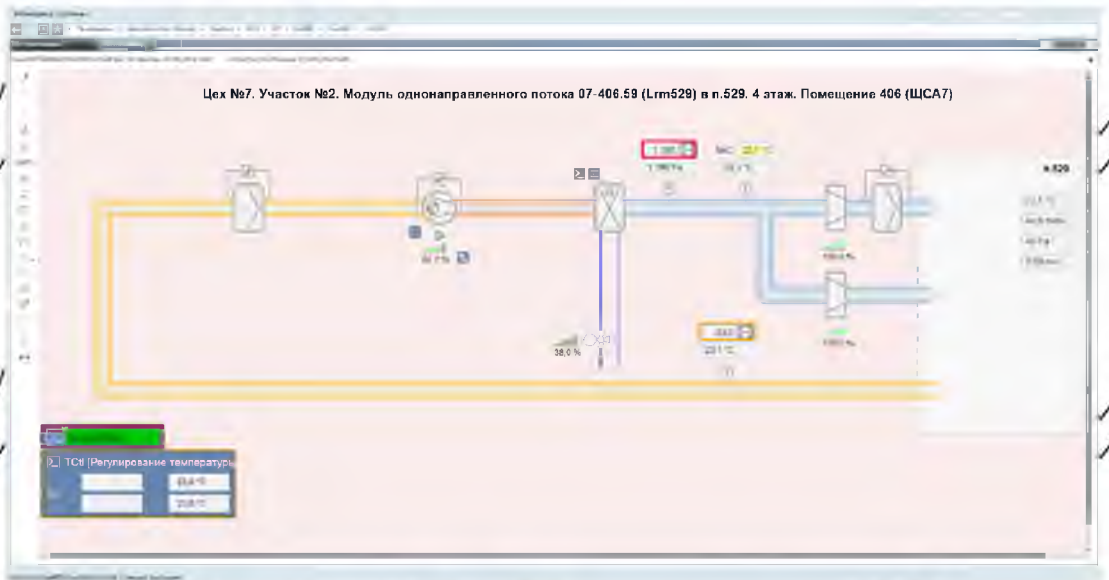


Рисунок 3.21. страница визуализации рециркуляционного модуля 512

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

## 4.1 Оцінка якості автоматичної системи керування

Проектуючи систему автоматичного керування необхідно забезпечити її запас стійкості. Запас стійкості можна охарактеризувати віддаленням параметрів системи від границі стійкості. Стійкість системи можемо визначити за допомогою критеріїв стійкості за використанням імпульсної теореми.

Структурно-функціональна схема САК температурою в приміщеннях, як об'єкт регулювання зображена на рис. 4.1.

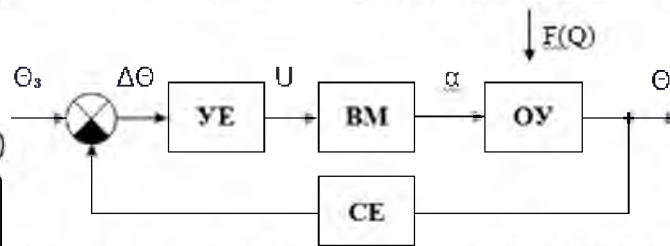


Рисунок 4.1. Структурно-функціональна схема САК температурою

повітря в блочній теплиці:

CE – сприймаючий елемент, UE – управляючий елемент, BM – виконавчий механізм, OU – об'єкт управління.

Структурно-алгоритмічну схему САК температури повітря в приміщеннях, яка зображена на рис. 4.2.

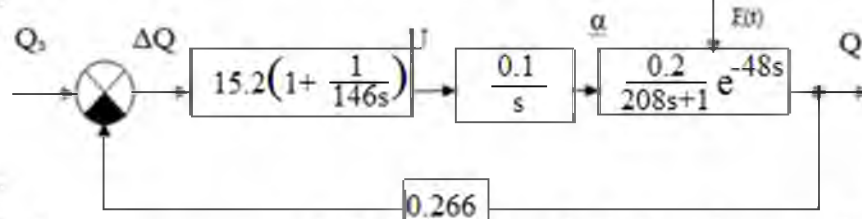


Рисунок 4.2. Структурно-алгоритмічна схема САК.

За допомогою методу Найквіста розрахуємо запас стійкості по амплітуді та по фазі. Для цього нам необхідно знайти передаточну функцію розімкненої системи САК для побудови розімкненої характеристики системи.

Передаточна функція розімкнутої системи визначається формулою для послідовного з'єднання ланок. Передаточна функція САК визначається за формулою:

$$W_{ROZ}(p) = W_O(p) \cdot W_d(p) \cdot W_{REG}(p) \cdot W_{BM}(p) \cdot W_d(p) \cdot W_{BM}(p) \quad (4.1)$$

$$W_{ROZ}(p) = \frac{0,2}{208p + 1} \cdot e^{-48p} \cdot 15,2 \cdot \left(1 + \frac{1}{146/p}\right) \cdot \frac{0,01}{p} \cdot 0,266 \cdot \frac{0,011}{p} \cdot 0,26;$$

Побудувавши амплітудо-фазову частотну характеристику розімкненої САК (рис 4.3). Відповідно до критерію Найквіста замкнута система буде стійкою, оскільки вона стійка в розімкненому стані і її АФЧХ не охоплює координату  $(-1; j0)$ . Дійсна вісь перетинає АФЧХ розімкненої системи в точці  $(-0,2; j0)$ .

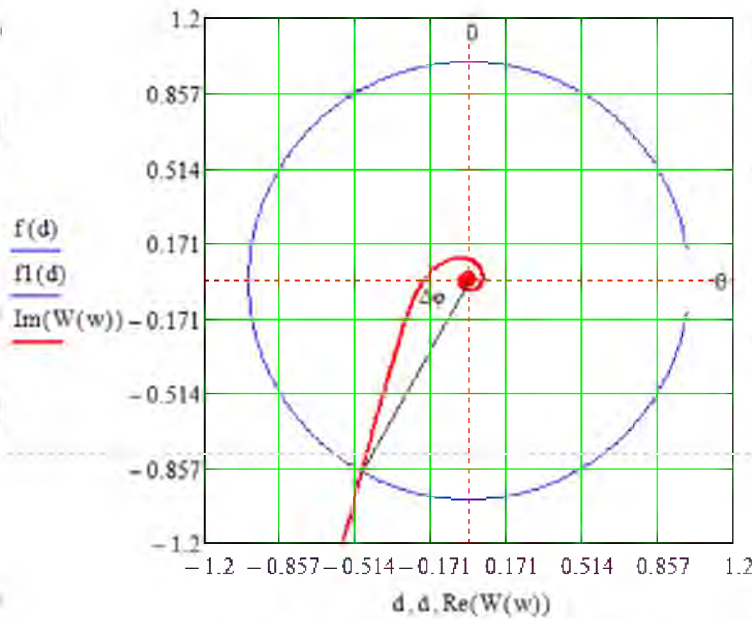
Запаси стійкості визначається по модулю при відомій точці перетину  $(-0,2; j0)$  АФЧХ розімкненої системи з від'ємною дійсною піввіссю до точки з координатами  $(-1; j0)$ .

$$\Delta L = 20 \lg \frac{1}{|W_{ROZ}(j \cdot \omega_0)|} = 20 \lg \frac{1}{|-0,2|} = 13,9 \text{ дБ.} \quad (4.2)$$

НУБ

НУБ

НУБ



НИ

НИ

НУБ і України

Рисунок 4.3. Амплітудо-фазова частотна характеристика САК.

Запас стійкості визначаємо по фазі  $\Delta\varphi$ : кутом створеним дійсною від'ємною піввіссю та прямою, проведеною з початку координат через точку перетину АФЧХ з колом одиничного радіуса з центром на початку координат

$$\Delta\varphi = 57^\circ.$$

Запаси стійкості по амплітуді і фазі задовольняють вимогам стійкості системи  $\Delta L \in 10 \dots 20$  дБ  $\Delta\varphi = 30 \dots 60^\circ$

Для роботи системи необхідно забезпечити показники стійкості. Якість процесу регулювань системи оцінюється по їх перехідній функції.

Основними показниками якості є час регулювання, перерегулювання, коливальність і встановлена похибка.

Часом регулювання  $t_p$  - час на протязі якого прикладання зусилля на систему регулюючої величини від її встановленого значення менше наперед

заданого. Зазвичай вважається що відхилення регулюючої величини від встановленого значення має бути не більше 5%. Тобто, час регулювання, визначає тривалість перехідного процесу

Максимальне відхилення регулюючої величини від встановленого значення яке виражається у відсотках (%) називають перерегулюванням.  
 Будемо перехідний процес замкнутої системи управління:

$$W_{ZAM}(p) = \frac{W_{ROZ}(p)}{1 + W_{ROZ}(p)} \quad (4.3)$$

Перехідний процес отримаємо за виразом:

$$h(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \text{Re} [W_{ZAM}(w)] \frac{\sin(w \cdot t)}{w} dw \quad (4.4)$$

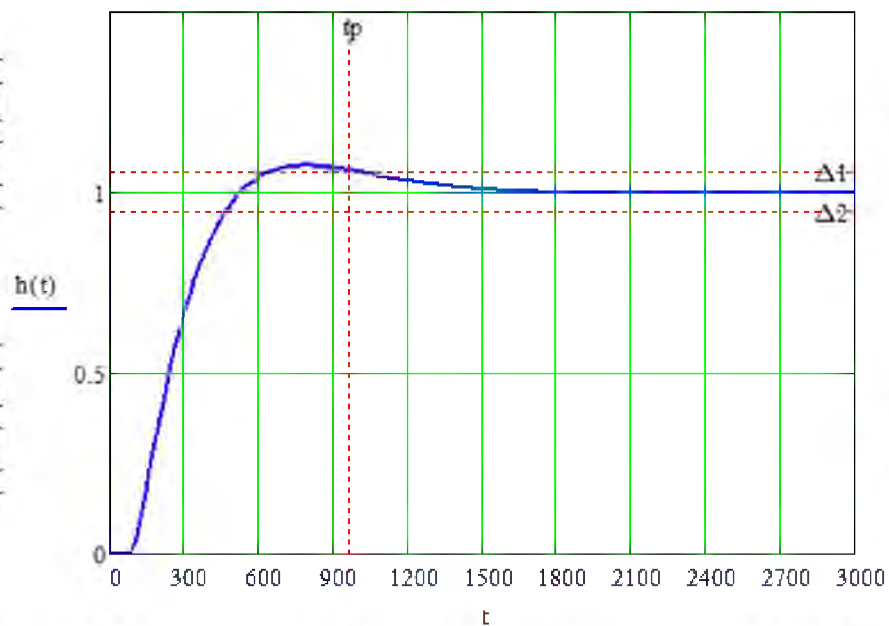


Рисунок 4.3. Перехідний процес

Із побудованого графіка перехідного процесу в САК можемо дізнатися:

- час регулювання даної системи  $t_p = 966$  с.
- кількість коливань  $n \approx 1$ .

• встановлена похибка дорівнює:

$$\Delta = y(\infty) \cdot 5\% = 1 \cdot 5\% = 0.05 \quad (4.5)$$

• перерегулювання не виходить за межі 20 % і складає:

$$\sigma = \frac{y_{\max} - y(\infty)}{y(\infty)} \cdot 100\% = \frac{1.075 - 1}{1} \cdot 100\% = 7.5\% \quad (4.6)$$

#### 4.2 Розрахунок надійності системи автоматичного керування

Надійність це - властивість об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників.

Надійність функціонування окремих елементів всієї системи регламентується ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике, термины и определения».

Отже, загальна інтенсивність відмов може становити:

$$\sum \lambda_i = 24.465 \cdot 10^{-6}, 1/\text{год} \quad (4.7)$$

В табл. 4.1 наведено інтенсивність відмов. Загальну інтенсивність відмов одержується як добуток інтенсивності відмов елементів на їхню кількість, загальна інтенсивність відмов системи – це сума інтенсивностей відмов кожного елемента.

Відповідно середній час безвідмовної роботи дорівнює:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\sum \lambda_i} = \frac{1}{24.465 \cdot 10^{-6}} = 40870 \text{ ГОД} \quad (4.8)$$

Знаходимо результуючу імовірність відмови  $P(t)$  за  $t=10000$  годин:

$$P_{рез}(t) = e^{-k \cdot \sum \lambda_i \cdot t}, \quad (4.9)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує вплив зовнішнього середовища

(приймаємо 1);

$t$  – час експлуатації.

$$P_{рез}(t) = e^{-1.24.465 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4} = 0,81$$

Враховуючи попередні розрахунки, можна зробити висновок, що на протязі 10000 годин ймовірність відмови складає 0,81.

Таблиця 4.1. Інтенсивність відмов елементів системи

Позначення на схемі	Назва елемента	Кількість елементів, шт.	Інтенсивність відмов, $\lambda_i \cdot 10^{-6}$ , 1/год	Загальна інтенсивність відмов $\lambda_i \cdot 10^{-6}$ , 1/год
SA	Контролер	1	0.3	0.3
M	Електродвигун	4	3.24	12.96
FA	Автоматичний вимикач	16	0.175	2.8
FU	Плавкий запобіжник	28	0.5	14
HS	Перемикач режиму, кнопка	6	0.175	0.175
TS	Термостат	1	0.087	0.087
KA	Реле	17	0.087	1.479
HL	Прилад світлової сигналізації	10	0.025	0.25
VD	Датчик температури	4	0.085	0.34
	Датчик температури та вологості	2	0.085	0.17
	Датчик тиску та витрати повітря	2	0.085	0.17
	Фільтр повітря	4	0.5	2

Триходовий клапан	3	0.085	0.225
Паровий зволожувач	1	0.23	0.23
Теплообмінник	3	0.03	0.09

За всіх умов, коли результуюча надійність об'єкта буде менша від заданої технічними вимогами ( $P_{рез}(t) = 0,94$ ), використовують резервування як схемний метод підвищення надійності.

$$P_2(t) = e^{-1 * (0.3 + 12.96 + 2.8 + 14 + 0.175 + 0.087 + 1.479 + 0.25 + 0.34 + 0.17 + 0.17 + 2 + 0.225 + 0.23 + 0.09) \cdot 10^{-6} \cdot 10^4} = 0,805 \quad (4.10)$$

$P_2(t)$  - імовірність роботи схеми, що резервуванню не підлягає.

$$P_1(t) = \frac{P_3}{P_2} = \frac{0,94}{0,805} = 1,1, \quad (4.11)$$

$P_1(t)$  - імовірність безвідмовної роботи схеми, що резервується.

$$\lambda_1 = (4 \cdot 3,24 + 1 \cdot 0,3) \cdot 10^{-6} = 12,99 \cdot 10^{-6}, \quad (4.12)$$

$\lambda_1$  - сумарна інтенсивність відмов елементів тієї частини схеми, що підлягає резервуванню.

$$m = \frac{\log(1 - 1,1)}{\log(1 - e^{-12,99 \cdot 10^{-2}})} = \frac{-1}{-0,914} \approx 2, \quad (4.13)$$

де  $m$  - кількість зарезервованих елементів.

## РОЗДІЛ 5. СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 5.1 Розробка схеми електричної принципової

Кабелі були обрані на основі наступних нормативних документів:

1) ГОСТ 10434 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования (З'єднання контактні електричні. Класифікація. Загальні технічні вимоги.);

2) ГОСТ 15543-70 Изделия электротехнические. Исполнения для различных климатических районов. Общие технические требования в части воздействия климатических факторов внешней среды (Вироби електротехнічні. Виконання для різних кліматичних районів. Загальні технічні вимоги в частині дії кліматичних факторів зовнішнього середовища);

3) ГОСТ 15543.1-89 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам (Вироби електротехнічні. Загальні вимоги в частині стійкості до зовнішніх кліматичних впливаючих факторів);

4) ГОСТ 15845-80 Изделия кабельные. Термины и определения (Вироби кабельні. Терміни та визначення);

5) ДСТУ 4549-1:2006 Системи кабельних трубопроводів. Частина 1. Загальні вимоги та методи випробування (IEC 61386-1:1996; IEC 60423:1993, MOD);

6) ДСТУ EN 50086-1:2004 Системи кабелепроводів для електричних установок. Частина 1. Загальні технічні вимоги (EN 50086-1:1993, IDT);

7) ДСТУ IEC 60287-1-3:2009 Кабелі електричні. Обчислення номінальної сили струму. Частина 1-3. Співвідношення для обчислення номінальної сили струму (коефіцієнт навантаження 100 %) і обчислення втрат; розподіл струму між паралельними одножильними кабелями і обчислення втрат від циркуляційного струму (IEC 60287-1-3:2002, IDT)

8) ДСТУ-Н 7292:2012 Устаткування комплектних розподільчих пристроїв низьковольтне. Частина 2. Особливі вимоги до систем збірників шин (шинопроводів) та методи випробування (IEC 60439-2:2005, MOD);

9) ДСТУ IEC 61534-21:2010 Системи шинопроводів. Частина 21.

Додаткові вимоги до систем шинопроводів для настінного та стельового монтажу (IEC 61534-21:2006, IDT);

10) ДБН В.2.2-9-2009 Будинки і споруди. Громадські будинки і споруди. Основні положення;

11) НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок.

Електрообладнання спеціальних установок.

Електрично-принципова схема – це один із видів проектної документації, в якій показано загальний принцип роботи схеми.

Кожен компонент електрики та автоматики має свій унікальний номер:

Електричні кабелі пристроїв, підключених до шафи управління: WS [номер шита до якого підключений кабель], [порядковий номер] напр.: WS5.12;

Автоматичні вимкани [номер сторінки електричної схеми] FA [порядковий номер];

ПЛК: AS [порядковий номер], [якщо в щиті більше одного ПЛК a,b] напр.: AS5b;

VV - YYY . XX - NNN - BBB

VV – номер будівлі на план-схемі;

YYY – номер приміщення;

XX – порядковий номер обладнання в даному приміщенні;

NNN – порядковий номер;

BBB – умовне позначення системи, на якій встановлений прилад;

Реле: [номер сторінки електричної схеми] KA [порядковий номер] напр.: 5KA1;

Кнопка безпеки, перемикачі: [номер сторінки електричної схеми] HS  
[порядковий номер] напр.: 14HS2,  
Сигналізаційні лампи: [номер сторінки електричної схеми] HL  
[порядковий номер] напр.: 18HL2;

Трансформатор: [номер сторінки електричної схеми] TV [порядковий  
номер] напр.: 3TV1  
Головний вимикач, контактор:  
Блок живлення: [номер сторінки електричної схеми] U [порядковий

Запобіжники: [номер сторінки електричної схеми] FU [порядковий  
номер] напр.: 2FU1.  
Електроустановка системи керування оснащена наступними видами  
захисту:

Основний захист:  
• Захист від прямого контакту – ізоляція електричних пристроїв, проводів  
та кабелів.  
Додатковий захист:

- Використання окремого пристрою захисту вимкнення в шафі.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

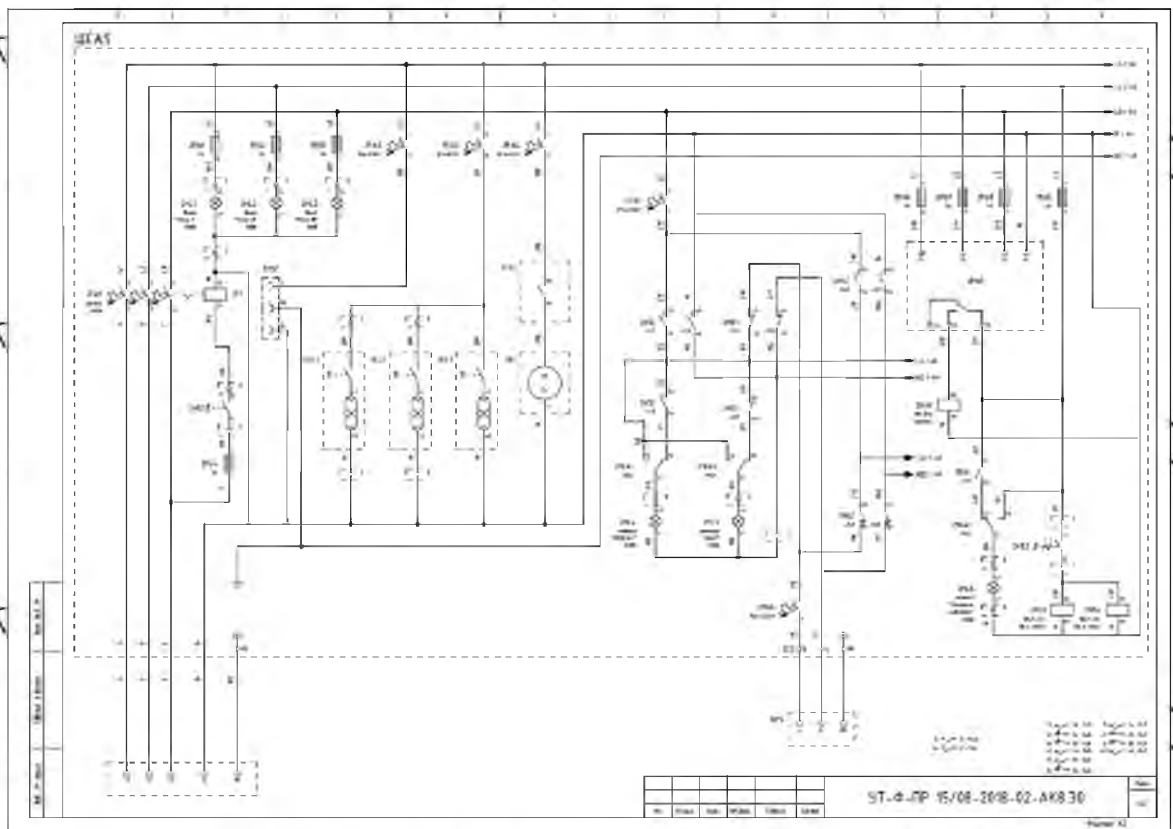


Рисунок 5.1. схема електрична принципова з частиною живлення щита

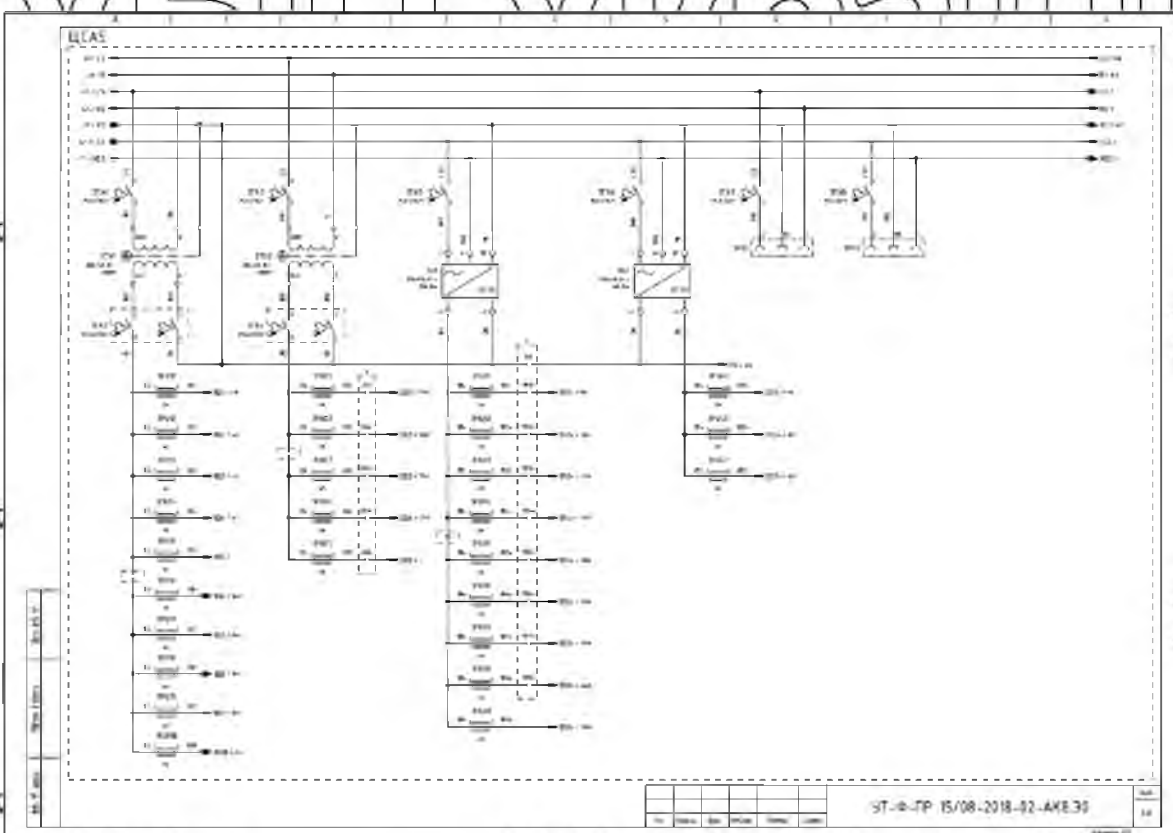


Рисунок 5.2. схема електрична принципова

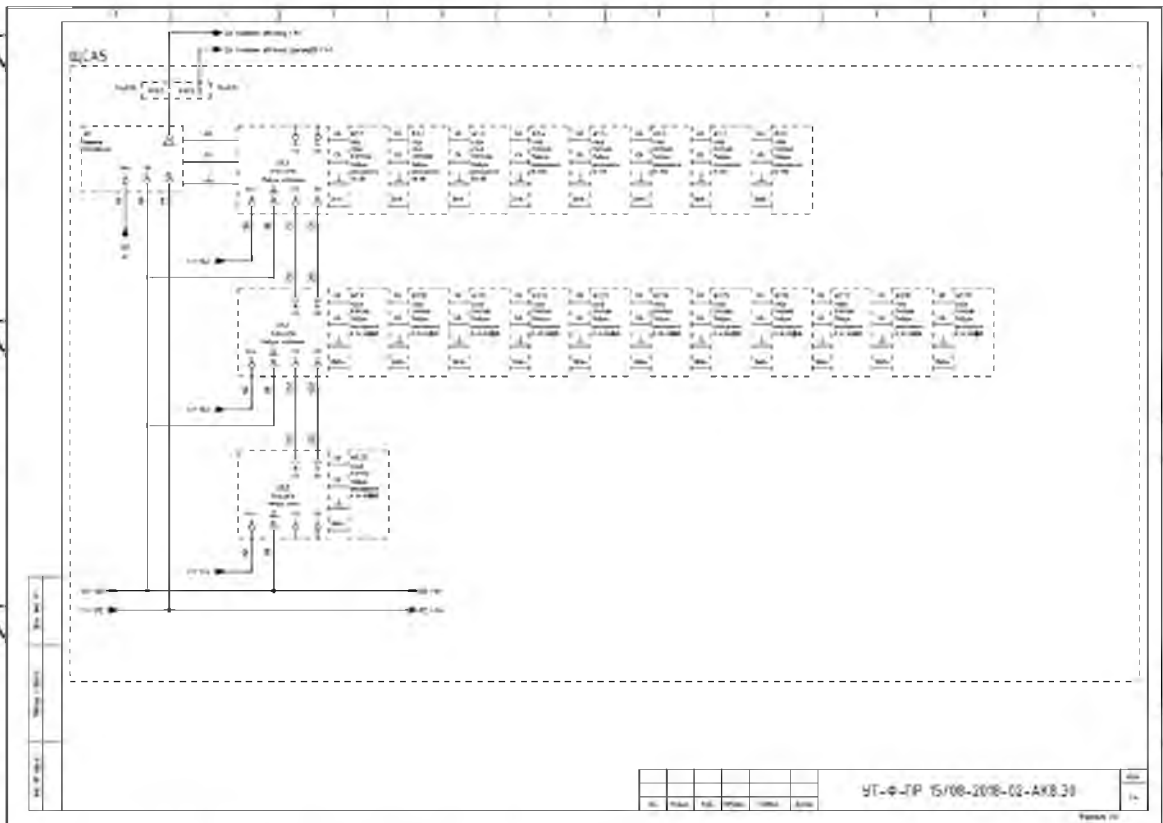


Рисунок 5.3. схема електрична принципова підключення контролерів та модулів розширення

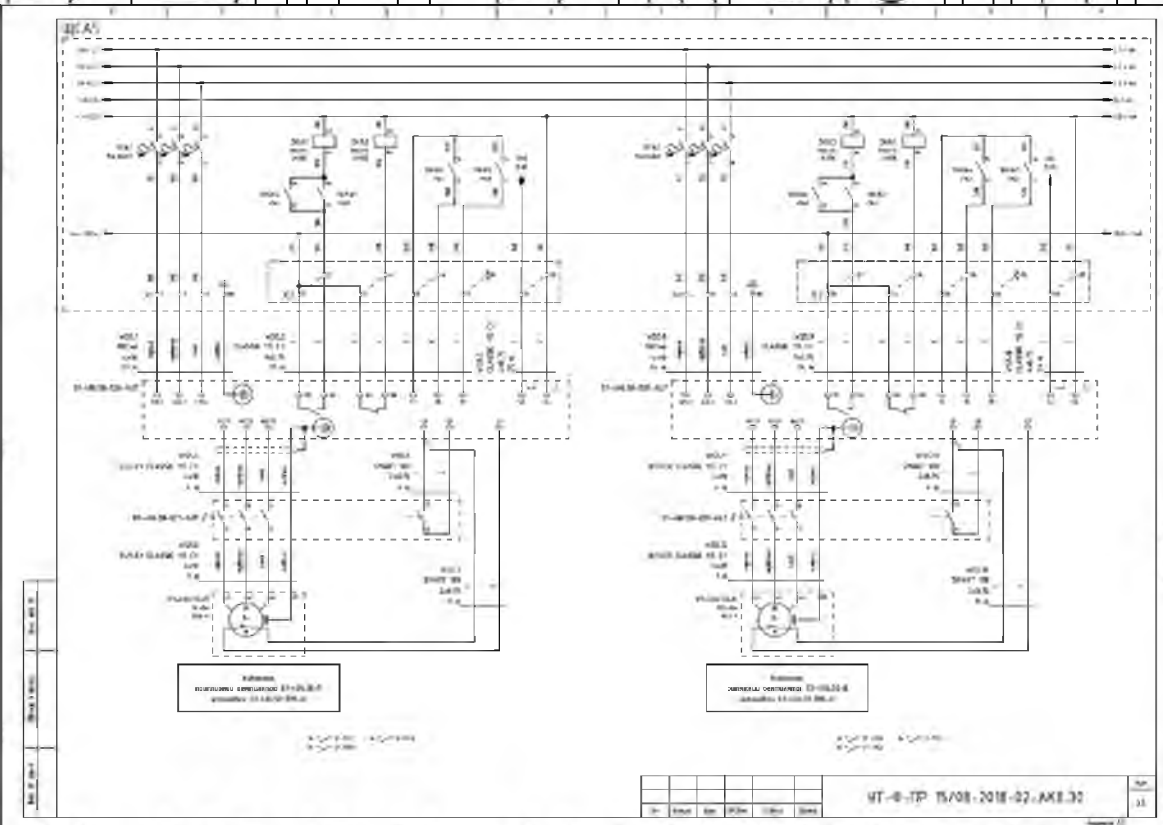


Рисунок 5.4. схема електрична принципова підключення вентиляторів



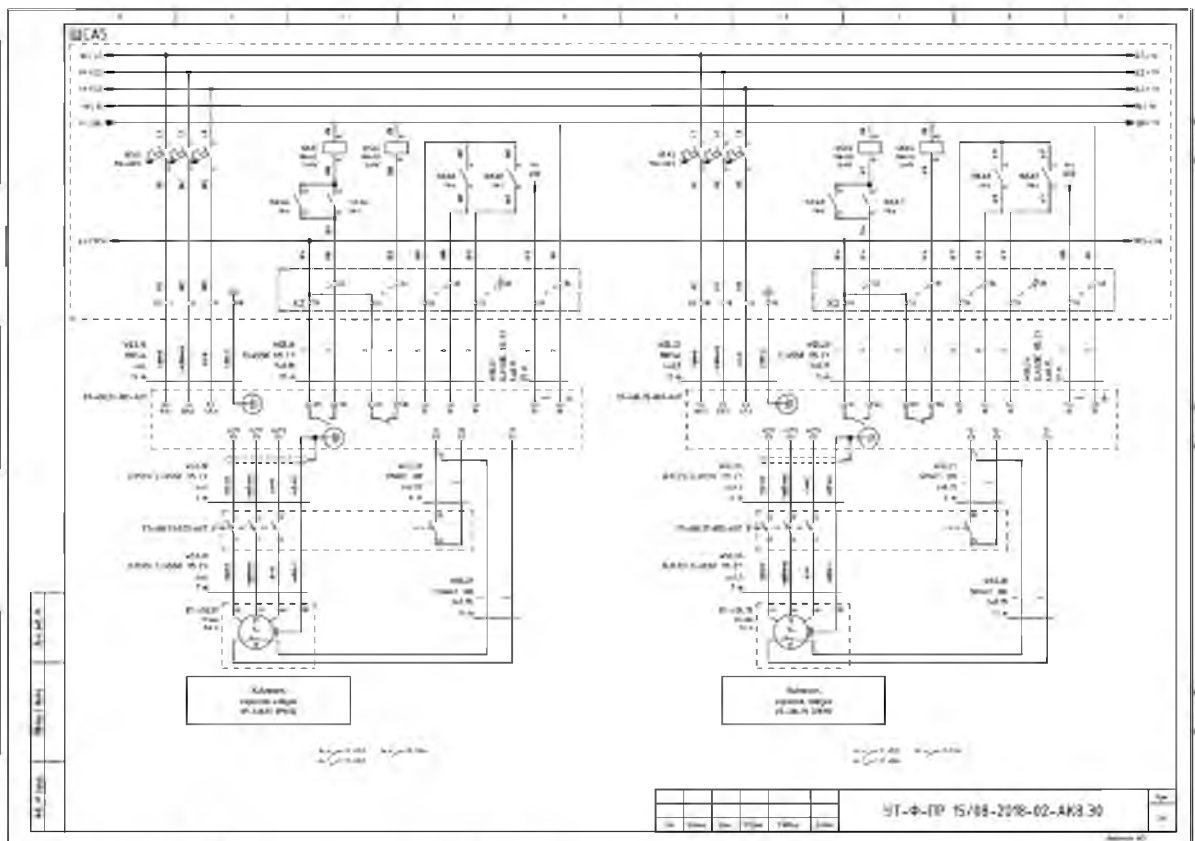


Рисунок 5.7. схема електрична принципова підключення вентиляторів

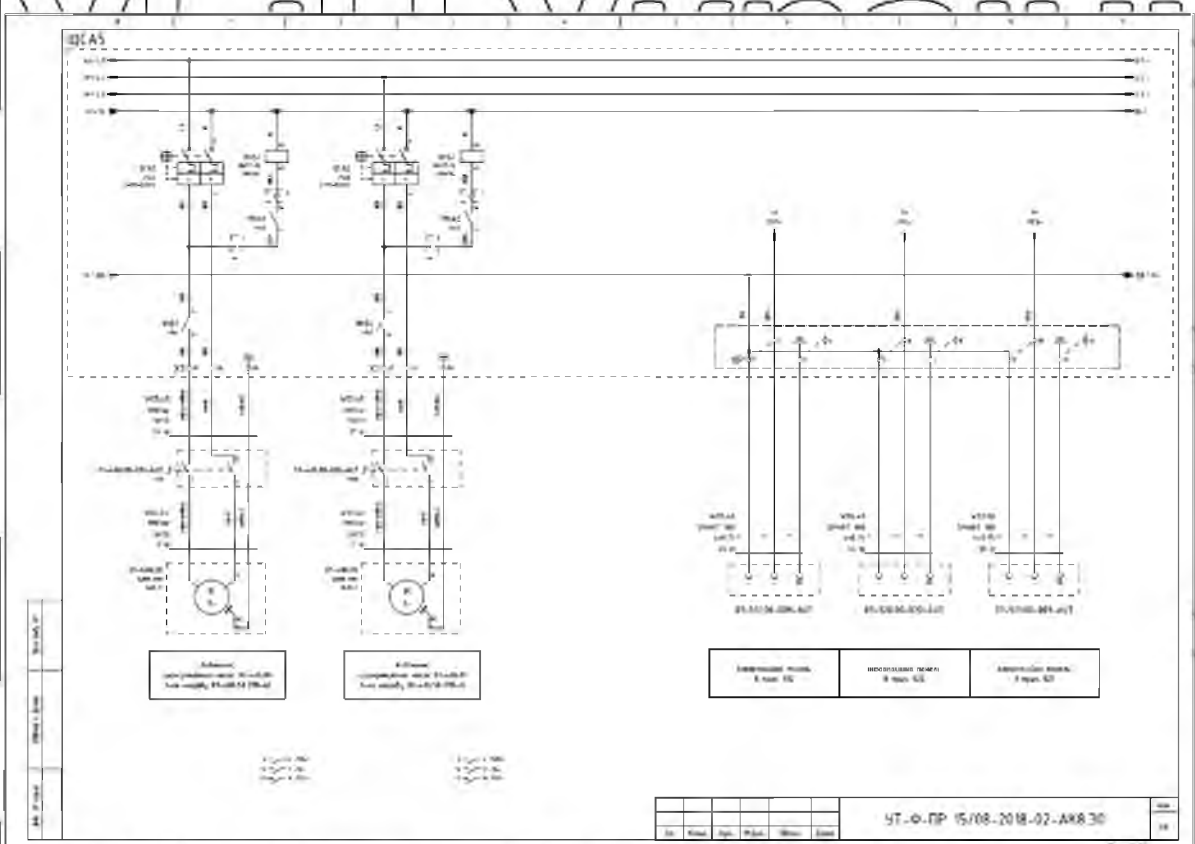


Рисунок 5.7. схема електрична принципова підключення циркуляційних насосів та ЛМІ панелі

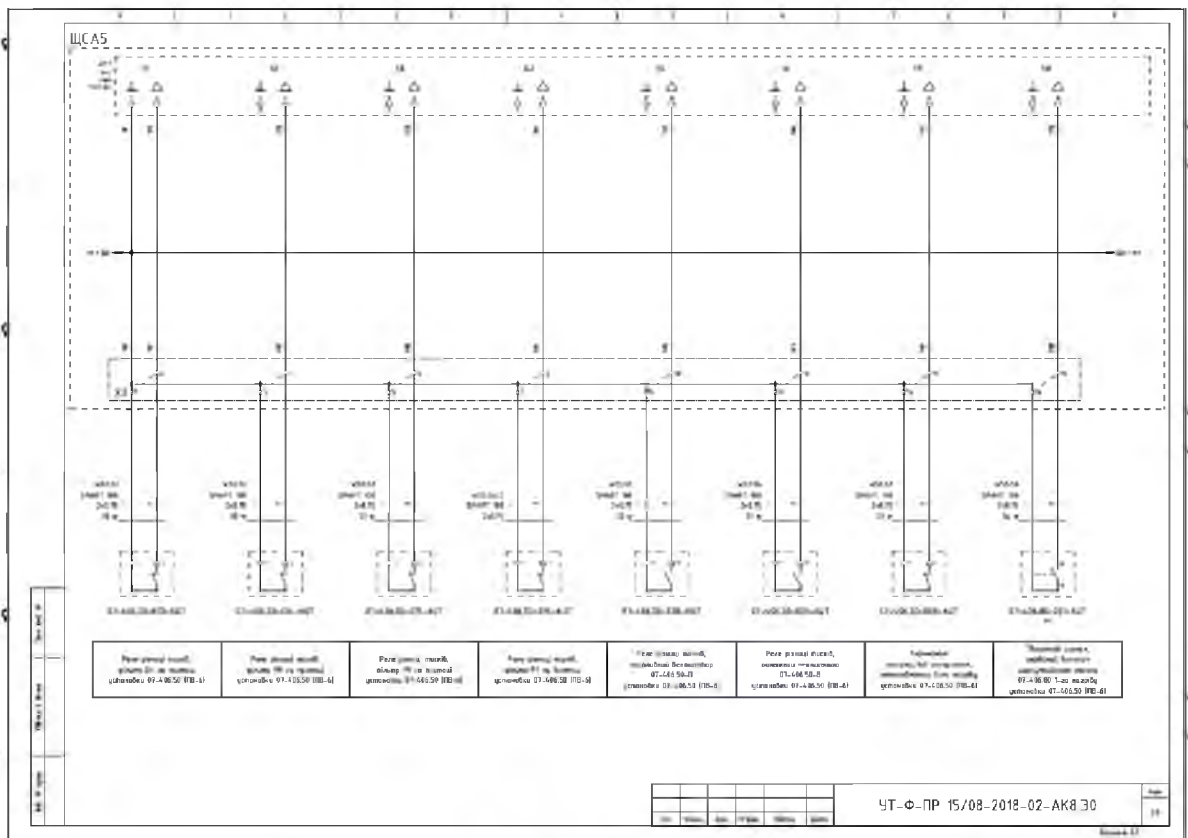


Рисунок 5.8. схема підключення

## 5.2 Розробка щита керування

Щафа автоматики являє собою комплектний електротехнічний пристрій, що складається з внутрішніх елементів, корпусу.

Нижче наведено фото зовнішнього вигляду щита автоматики.



Рисунок 5.9. зовнішній вигляд щита

Елементи передньої панелі шафи автоматики можна розділити на кілька груп, перерахованих в таблиці нижче.

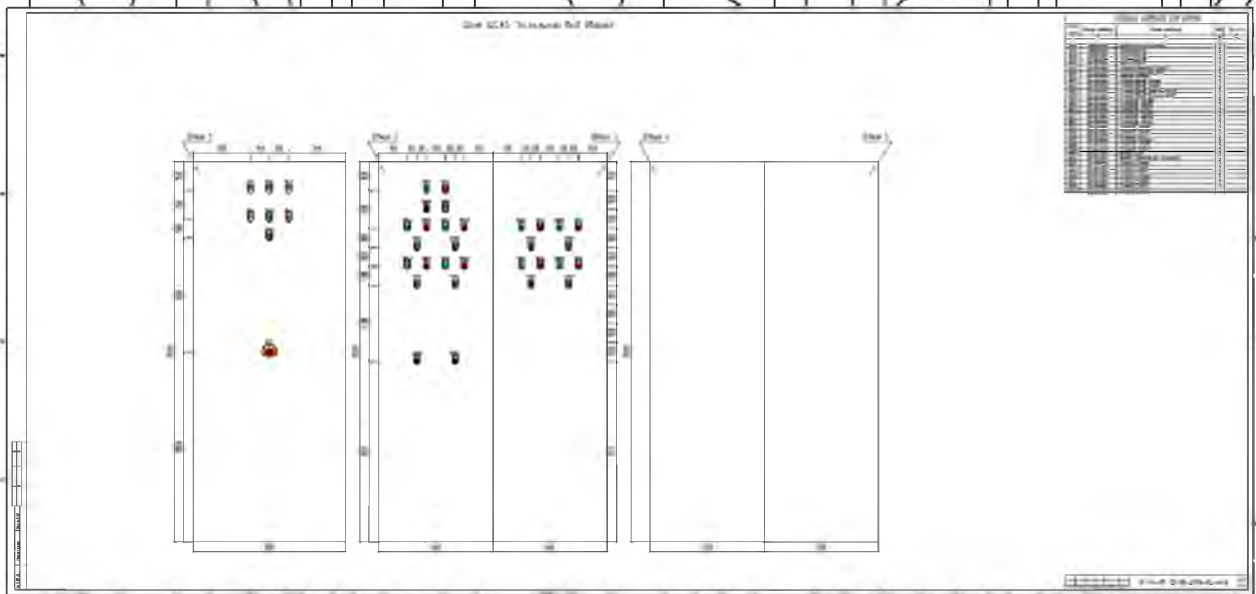


Рисунок 5.10. креслення зовнішнього вигляду щита

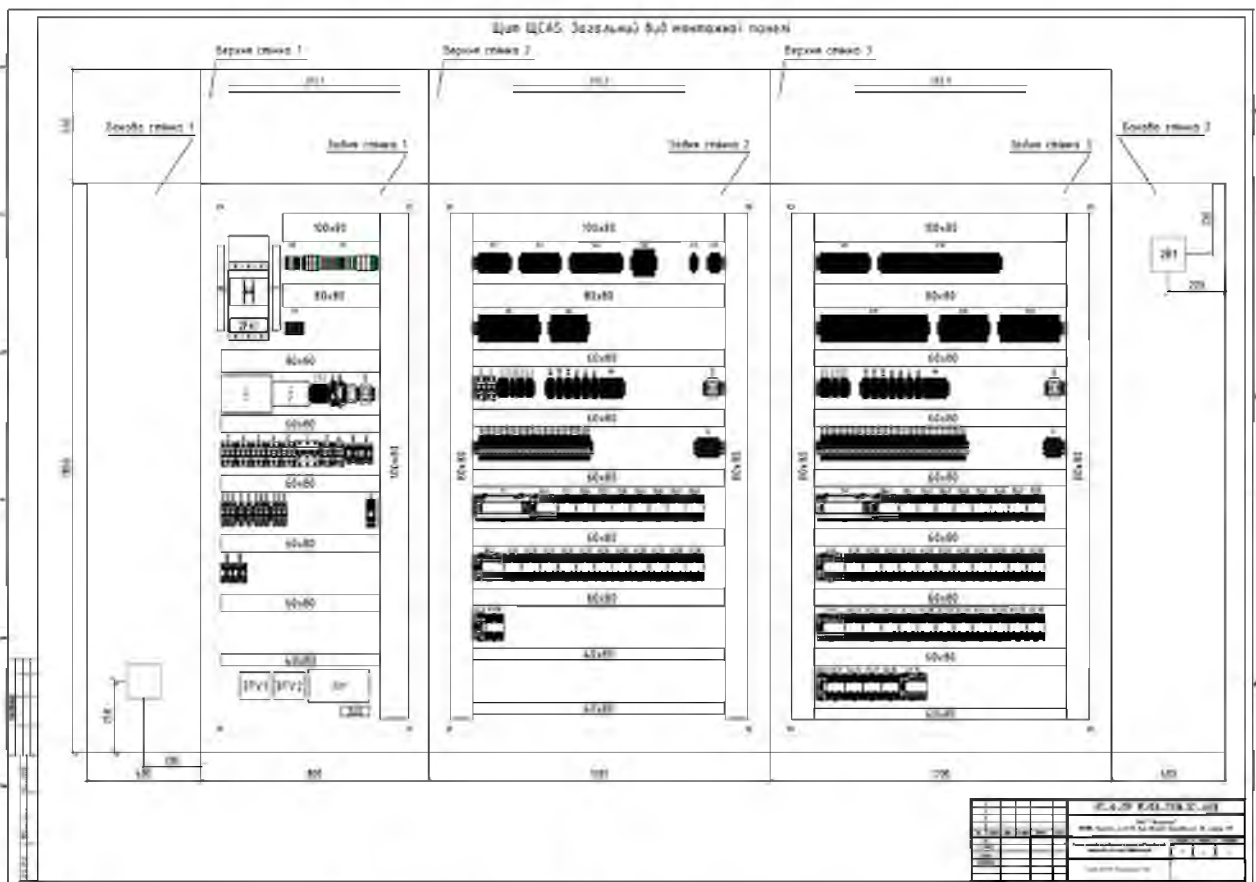









Рисунок 5.11. креслення щита

Елементи передньої панелі шафи:

Таблиця 5.1. елементи передньої панелі шафи

Назва елемента	Зовнішній вид	Призначення
Білий індикатор		Індикація живлення шафи
Червоний індикатор		Загорається при аварійних ситуаціях
Зелений індикатор		Індикація роботи обладнання, підтвердження наявності напруги живлення (від «ДБЖ», наявність живлення фаз)
Жовтий індикатор		Підтвердження наявності напруги живлення (від мережі)
Перемикач двопозиційний/трипозиційний		Ручне керування обладнанням
Кнопка		Скидання аварій, перевірка ламп, перевірка звукової сигналізації
Кнопка		Аварійне відключення живлення

Світлосигнальна арматура (світлові індикатори, перемикачі, кнопки) розташовані за наступним принципом:

- Для ручного перемикання режиму живлення контролера, над двопозиційним перемикачем позначені його положення «ДБЖ»/«Мережа»;

– Для обладнання з ручним управлінням, над трипозиційним перемикачем позначені його положення «Р-0-А», над яким підписана назва обладнання;

– Для систем, кожного вентилятора/насоса є індикатори «Робота» та «Аварія».

При відсутності живлення на шафі автоматики ЦСА5 система вимкнеться. І на сторінці системи диспетчеризації з'явиться аварійне повідомлення про відсутність живлення.

Таблиця 5.2. призначення елементів передньої панелі шафи

Назва елемента	Напис	Призначення
Білий індикатор	Живлення: Фаза I	Сигналізує про наявність живлення I фази
Білий індикатор	Живлення: Фаза II	Сигналізує про наявність живлення II фази
Білий індикатор	Живлення: Фаза III	Сигналізує про наявність живлення III фази
Двопозиційний перемикач	«ДБЖ»/ «Мережа»	Перемикач призначений для ручного вибору живлення контролера від ДБЖ чи мережі
Жовтий індикатор	Живлення контролера «Мережа»	Сигналізує про живлення контролера від мережі

Назва елемента	Напис	Призначення
Зелений індикатор	Живлення контролера «ДБЖ»	Сигналізує про живлення контролера від ДБЖ
Зелений індикатор	Контроль живлення	Сигналізує про наявність живлення фаз
Кнопка	Аварійне вимкнення	Перемикач призначений для ручного аварійного відключення живлення
Зелений індикатор	Живлення 07-406.50 (ПВ-6): «Робота»	Сигналізує про роботу системи 07-406.50
Червоний індикатор	07-406.50 (ПВ-6): «Аварія»	Сигналізує про аварію системи 07-406.50
Перемикач трипозиційний	07-406.50 (ПВ-6): «P/O/A»	Перемикач призначений для ручної зміни статусу роботи системи 07-406.50 Ручн./Вимкн./Авто
Кнопка	Скидання аварії	Кнопка для скидання аварії системи 07-406.50
Зелений індикатор	07-406.50-П: «Робота»	Сигналізує про роботу припливного вентилятора 07-406.50-П
Червоний індикатор	07-406.50-П: «Аварія»	Сигналізує про аварію припливного вентилятора 07-406.50-П

Назва елемента	Напис	Призначення
Перемикач трипозиційний	07-406.50-П: «P/O/A»	Перемикач призначений для ручної зміни статусу роботи припливного вентилятора 07-406.50-П Ручн/Вимкн/Авто
Зелений індикатор	07-406.50-В: «Робота»	Сигналізує про роботу витяжного вентилятора 07-406.50-В
Червоний індикатор	07-406.50-В: «Аварія»	Сигналізує про аварію витяжного вентилятора 07-406.50-В
Перемикач трипозиційний	07-406.50-В: «P/O/A»	Перемикач призначений для ручної зміни режиму роботи витяжного вентилятора 07-406.50-В Ручн/Вимкн/Авто
Зелений індикатор	07-406.75: «Робота»	Сигналізує про роботу агрегату установки 07-406.75
Червоний індикатор	07-406.75: «Аварія»	Сигналізує про аварію агрегату установки 07-406.75
Перемикач трипозиційний	07-406.75: «P/O/A»	Перемикач призначений для ручної зміни статусу роботи агрегату установки 07-406.75 Ручн/Вимкн/Авто

Назва елемента	Напис	Призначення
Зелений індикатор	07-406.76: «Робота»	Сигналізує про роботу агрегату установки 07-406.76
Червоний індикатор	07-406.76: «Аварія»	Сигналізує про аварію агрегату установки 07-406.76
Перемикач трипозиційний	07-406.76: «P/O/A»	Перемикач призначений для ручної зміни статусу роботи установки 07-406.76 Ручн/Вимкн/Авто
Зелений індикатор	07-406.52: «Робота»	Сигналізує про роботу агрегату установки 07-406.52
Червоний індикатор	07-406.52: «Аварія»	Сигналізує про аварію агрегату установки 07-406.52
Перемикач трипозиційний	07-406.52: «P/O/A»	Перемикач призначений для ручної зміни статусу роботи установки 07-406.52 Ручн/Вимкн/Авто
Зелений індикатор	07-406.51: «Робота»	Сигналізує про роботу агрегату установки 07-406.51
Червоний індикатор	07-406.51: «Аварія»	Сигналізує про аварію агрегату установки 07-406.51

Назва елемента	Напис	Призначення
Перемикач трипозиційний	07-406.51: «P/O/A»	Перемикач призначений для ручної зміни статусу роботи установки 07-406.51 Ручн/Вимкн/Авто
Зелений індикатор	07-406.151: «Робота»	Сигналізує про роботу насосу 07-406.151
Червоний індикатор	07-406.151: «Аварія»	Сигналізує про аварію насосу 07-406.151
Перемикач трипозиційний	07-406.151: «P/O/A»	Перемикач призначений для ручної зміни статусу роботи насосу 07-406.151 Ручн/Вимкн/Авто
Зелений індикатор	07-406.152: «Робота»	Сигналізує про роботу насосу 07-406.152
Червоний індикатор	07-406.152: «Аварія»	Сигналізує про аварію насосу 07-406.152
Перемикач трипозиційний	07-406.152: «P/O/A»	Перемикач призначений для ручної зміни статусу роботи насосу 07-406.152 Ручн/Вимкн/Авто
Кнопка	Перевірка ламп	Призначена для ручної перевірки ламп
Кнопка	Перевірка світлозвукової сигналізації	Призначена для ручної перевірки світлозвукової сигналізації

## РОЗДІЛ 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Зведені витрати – це узагальнюючий показник ефективності капітальних вкладень. Зведені розрахункові витрати враховують витрати річної експлуатації і частину капіталовкладень, що припадає на один рік.

$$V_{зв} = C + E_n K, \quad (6.1)$$

де:  $V_{зв}$  – зведені витрати протягом одного року;  $C$  – витрати на експлуатацію протягом одного року;  $E_n$  – коефіцієнт, рівний 0.15;  $K$  – витрати капіталу.

Річні експлуатаційні витрати рахуються, як сума :

- $C_z$  – витрати на заробітню плату обслуговуючого персоналу (в даній роботі цей показник не буде враховуватись, оскільки обслуговуватиме дану систему вже існуючі служби заводу);

- $C_{пт}$  – витрати на поточний ремонт засобів електрифікації та автоматизації;

- $C_e$  – витрати на оплату енергоресурсів;

- $C_a$  – витрати на амортизацію.

Амортизаційні відрахування становлять 14 % від балансової вартості обладнання. Витрати на поточний ремонт обладнання визначаються також у відсотках від балансової вартості обладнання – 5%. Витрати на енергоресурси визначаються по величині витрат електроенергії та тарифах на неї, (1,03 грн/кВт\*год):

$$C_e = 270684 \text{ грн.}$$

Баланс вартості техніки становить:

$$B_v = B_{дв} + B_{д} + B_{ф} + B_{к} + B_{п} + B_{кнт}, \quad (6.2)$$

де  $B_{дв} = 5058$  – вартість двигуна;  $B_{д} = 3478$  – вартість датчиків;  $B_{ф} = 2126$  – вартість фільтрів;  $B_{к} = 1500$  – триходовий клапан;  $B_{п} = 10999$  – парозволожувач;  $B_{кнт} = 83152$  – контролер.

$$B_v = 5058 * 4 + 3478 * 9 + 2126 * 4 + 1500 * 3 + 10999 + 83152 = 158700 \text{ грн.}$$

$$C_a = 22218 \text{ грн.}$$

Спт=7935 грн.  
С=270684+158700+22218+7935=459500 грн  
К=Ктт+Км+Кі

# НУБІП України

Витрати капіталу включають:

- Ктт– витрати на транспортування та торгівлю;
- Км– витрати на монтажні роботи,
- Кі– інші витрати.

# НУБІП України

$$Ктт=0.11*Бв=0.11*158700=17457 \text{ грн};$$

$$Км=0.17*Бв=0.17*158700=26979 \text{ грн};$$

# НУБІП України

$$Кі=0.06*Бв=0.06*158700=9522 \text{ грн.} \quad (6.3)$$

$$К=17457+26979+9522=53958 \text{ грн}$$

$$В_{зв}=459500+0,15*53958=467593,7 \text{ грн}$$

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## Висновки

В даній роботі було розглянуто та досліджено вентиляційну систему цеху виготовлення лікарських препаратів. Під час роботи було розглянуто та досліджено види та способи вентилявання та чому це необхідно.

Розроблено надійний алгоритм роботи, з забезпеченням всіх валідаційних вимог до даного об'єкту. Створено SCADA систему необхідну для підтримки роботи в стерильних умовах, забезпечення мікрокліматичних умов, безпеки працівників та виготовлення препаратів.

Досліджено перехідна характеристика температури в вентиляційній шахті системи, її надійність та якість.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мартиненко І.І., Лисенко В.П., Тищенко Д.П., Бодот І.М., Олійник П.В. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: Підручник – К., 2008. – 330с.

2. Мартиненко І.І.; Лисенко В.Ф. Проектування систем автоматики. -М.: Агропромиздат. 1990 г. 243 стр.

3. Мартиненко І.І. Автоматика та автоматизація виробничих процесів. 1985 г. - 335 стр.

4. Бабаханов Ю.М. Вентиляционно-отопительное оборудование систем микроклимата. - М.: Россельхозиздат, 1982. - 64 с.

5. Денисов В.И. . Технико-экономические расчеты в энергетике: Методы экономического сравнения вариантов. -М.: Энергоатомиздат, 1985 -216 с.

НУБІП України

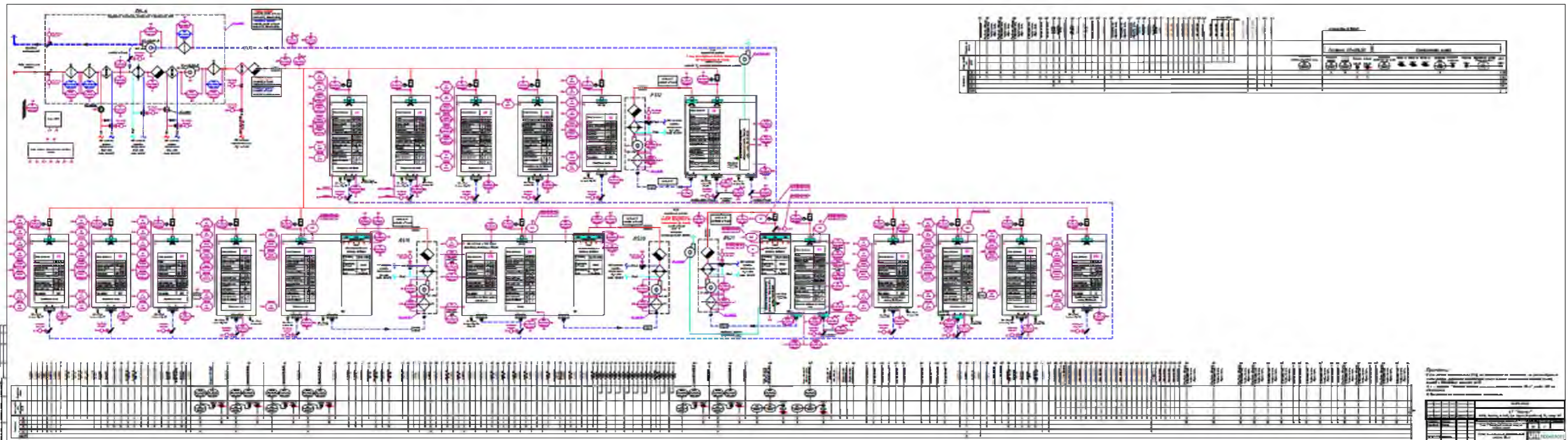
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



НУБІП України

НУБІП України