

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизація системи центрального кондиціонування повітря промислового

підприємства

Назва теми

КвРАКІТ.2019063.01.05.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

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

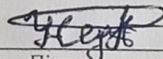
Шифр, назва

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

Назва

Виконав:

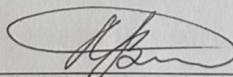
студент III курсу, група АКІТс-19-1

  
Підпис

Андрій НЕДОСЕЙКІН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

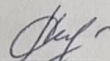
Керівник

  
Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

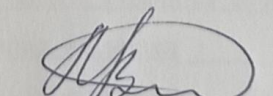
Нормоконтролер

  
Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

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

  
Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«19» червня 2022 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітній рівень бакалавр

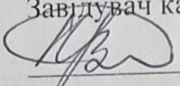
Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

 МАРТИНЮК В.В.

02 березня 2022р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Андрій Олегович НЕДОСЕЙКІН

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Автоматизація системи центрального кондиціонування повітря промислового підприємства

Керівник роботи МАРТИНЮК Валерій Володимирович

доктор техн. наук, професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 01.03.2022р. № 18



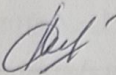

2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 01.06.2022р.

3. Вихідні дані до проекту завдання на виконання кваліфікаційної роботи

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, Огляд методів розв'язання поставленої задачі, Розробка схемотехнічних рішень, Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення, висновки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 12-15 презентаційних слайдів

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

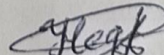
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Микола ФЕДУЛА к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Людмила КОРЕЦЬКА к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 02 03 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

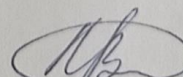
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи; розробка завдання на кваліфікаційну роботу; складання календарного графіка виконання кваліфікаційної роботи	15.02.2022	
2 Вивчення предметної області, в якій планується використання системи автоматизації; аналіз вимог до системи автоматизації	15.03.2022	
3 Проектування та розробка загальної архітектури і структури системи автоматизації, інтерфейсу користувача; вибір засобів реалізації системи автоматизації	29.03.2022	
4 Програмна реалізація та тестування системи автоматизації	12.04.2022	
5 Написання тексту пояснювальної записки та розробка графічних матеріалів	19.04.2022	
6 Остаточне коригування кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника; оформлення кваліфікаційної роботи як документа відповідно до вимог	11.04.2022	
7 Отримання супровідних документів (відгуку керівника, рецензії, довідки про перевірку на плагіат); нормоконтроль	30.05.2022	
8 Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	10.06.2022	

Студент

  
Підпис

А.О. Недосейкін  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

В.В. Мартинюк  
Ініціали, прізвище

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизація системи центрального кондиціонування повітря промислового підприємства».

Автор роботи: Недосейкін Андрій Олегович.

Керівник роботи: Мартинюк Валерій Володимирович

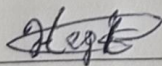
Пояснювальна записка: 67 с., 48 рис., - табл., 2 дод., 13 джерел.

Графічна частина: 10 презентаційних слайдів.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ, АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ, ЯКІСТЬ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ.

Метою роботи є автоматизація системи центрального кондиціонування повітря промислового підприємства.

Досліджено наведено загальні відомості про технологію обробки повітря, класифікація систем вентиляції та кондиціонування. відомості про призначення систем, базові параметри вологого повітря. Спроектовано систему автоматизації, наведено статичні та динамічні характеристики елементів комплексу, структурна та параметрична ідентифікація технологічного комплексу, розрахунок коефіцієнтів теплообмінника рекуператора, для обігріву. У третьому розділі розглядається автоматизація технологічного комплексу, вибір пристрою керування автоматизованим комплексом, підбір необхідної апаратури для автоматизації комплексу



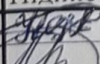
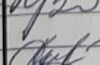
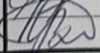
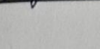
Підпис студента

14.06.2022

Дата

## Зміст

	с.
ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕХНОЛОГІЮ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ	5
1.1. Класифікація систем вентиляції та кондиціонування. Відомості про призначення систем	5
1.2. Базові параметри вологого повітря	5
1.3. Висновки до розділу	17
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	18
2.1. Загальні дані	18
2.2. Аналіз технологічного комплексу	20
2.3. Статичні та динамічні характеристики елементів комплексу	22
2.4. Структурна та параметрична ідентифікація технологічного комплексу	25
2.5. Розрахунок коефіцієнтів теплообмінника рекуператора, для обігріву	30
2.6. Висновки до розділу.	39
РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ	40
3.1. Визначення локальних контурів регулювання.	40
3.2. Вибір пристрою керування автоматизованим комплексом	41
3.3. Підбір необхідної апаратури для автоматизації комплексу.	46
3.4. Висновки до розділу	63
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
ДОДАТКИ	68

КВРАКІТ2019063.00.00.ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Автоматизація системи центрального кондиціонування повітря промислового підприємства	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Недосейкін А.О.		14.06.2022		у	2	
Перевір.		Мартинюк В.В.		19.06.22		гр. АКІТе-19, ФІТ ХНУ		
Н.контр.		Корещька Л.О.		19.06.22				
Затвер.		Мартинюк В.В.		19.06.22				

## ВСТУП

Проведені наукові дослідження описують, що організм людини має достатньо великі потенційні резерви як для фізичної так і для розумової діяльності. Але для використання таких резервів, потрібно, щоб було створено деякі сприятливі умови. В першу чергу, це стосується саме навколишнього середовища, а саме: складу, температури, вологості повітря, чистоти, вмісту як позитивних так і негативних іонів, наявності полів різного походження тощо.

Деякі з перерахованих параметрів можуть підтримуватися в необхідних границях так званими системами вентиляції та кондиціонування повітря (СВКП). Якісна робота таких СВКП, в першу чергу це точність утримування параметрів повітря, певне зниження експлуатаційних витрат та відповідно і термінів окупності кліматичного обладнання багато в чому залежать від алгоритмів роботи та від апаратурної реалізації всієї системи автоматизації. Крім того, системи автоматизації, повинні виконувати як захисні так і діагностичні функції, для того, щоб не допустити виходу дорогого обладнання з ладу.

Відомо, що найбільші труднощі в керуванні технологічними процесами виникають, коли параметри, що повинні регулюватись, обмежуються багатовимірною областю, наприклад, багатокутником. Саме такий вигляд матимуть вихідні вимоги до СВКП при створенні їх термодинамічних моделей. Алгоритми керування СВКП повинні враховувати порядок циркуляції та зміни параметрів повітря в області, окресленій таким багатокутником, тобто виконувати перехід вихідної множини параметрів (повітря із навколишнього середовища) в нову множину параметрів (повітря, що закачується в приміщення). Зрозуміло, що цей процес повинен здійснюватися оптимальним шляхом, тоді експлуатаційні витрати будуть мінімальними. Наприклад, якщо в теплий період року стан повітря, що закачується в промислове приміщення, підтримувати на рівні максимально допустимої ентальпії, то в холодний період - на рівні мінімально допустимої.

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Підсумовуючи вище описане та опираючись на такі критерії, виконується вибір технологічного процесу стабілізації параметрів, а також алгоритми та обладнання як СВКП загалом, так і для систем автоматизації зокрема.

					<i>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

# 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕХНОЛОГІЮ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ

## 1.1 Класифікація систем вентиляції та кондиціонування. Відомості про призначення систем

Загально відомо, що СВКП призначено для двох цілей:

1. Створення або допустимих або оптимальних умов (на вибір замовника та ДБНУ) мікроклімату в приміщеннях, що призначені для перебування в них або співробітників або людей на відпочинку.

2. Створення потрібних умов мікроклімату для виконання певних технологічних процесів для забезпечення мінімальної кількості браку.

Існує класифікація СВКП за функціональним призначенням для громадських та цивільних будівель, розрізняють:

1. Витяжні системи, спроектовані для видалення відпрацьованого зволоженого повітря із місця концентрації, в більшості випадків із верхньої зони приміщення.

2. Припливні системи, спроектовані для подачі очищеного та підігрітого (в зимню пору року) зовнішнього повітря в робочу зону приміщень або в зону де відбувається життєдіяльність людей.

3. Рециркуляційні системи, спроектовані таким чином, щоб використовувати повітря, що знаходиться в приміщення, охолоджувати (в теплий період року) або нагрівати (в перехідних умовах та в холодний період) його.

## 1.2 Базові параметри вологого повітря

Загальний стан вологого повітря, як відомо, визначається певною сукупністю параметрів таких як: температура повітря  $t_n$ , швидкість руху цього повітря  $V_n, м/с$ , відносна вологість  $\varphi_n, \%$ , концентрація шкідливих домішок в

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ньому  $C, \text{мг}/\text{м}^3$ , вміст теплоти  $I, \text{кДж}/\text{кг}$ , вміст вологи  $d, \text{г}/\text{кг}$ .

Відносна вологість  $\varphi_n$  вказується у частках або % та демонструє ступінь насиченості повітря водяною парою по відношенню до стану повного насичення і розраховується як відношення тиску  $P_n$  водяної пари в ненасиченому вологому повітрі до парціального тиску  $P_{n.n.}$  водяної пари в насиченому вологому повітрі при постійній температурі та сталому барометричному тиску:

$$\varphi_n = \frac{P_n}{P_{n.n.}} \cdot 100\% . \quad (1.1)$$

Парціальний тиск водяної пари, що перебуває в насиченому стані, залежить від температури:

$$P_{n.n.} = 133,3 \cdot 10^{\frac{156+8,12 \cdot t}{236+t}} . \quad (1.2)$$

Вологовміст - це маса водяної пари в г, що містяться в 1 кг сухої частини вологого повітря:

$$d = 623 \cdot \frac{P_n}{B - P_{n.n.}} \text{ або } d = 623 \cdot \frac{\varphi \cdot P_n}{B - \varphi \cdot P_{n.n.}} , \quad (1.3)$$

де  $B$  – барометричний тиск повітря, що розраховується як сума парціальних тисків сухого повітря  $P_{c.n.}$  та водяної пари  $P_n$ .

Тепловміст або ентальпія вологого повітря  $I, \text{кДж}/\text{кг}$  складається із суми ентальпій сухої частини повітря та водяної пари:

$$I = c_{c.n.} \cdot t + (r + c_n \cdot t) \cdot d \cdot 10^{-3}, \text{кДж}/\text{кг} , \quad (1.4)$$

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де  $c_{c.n.}$  - теплоємність сухого повітря, рівна  $c_{c.n.} = 1,005$ ;  $c_n$  - теплоємність водяної пари,  $c_n = 1,8$ ;  $c_{c.n.}; c_n$  прийнято приймати константами в діапазоні температур, що використовуються для обрахунку вентиляційних процесів;  $r$  - питома теплота пароутворення, що дорівнює  $r = 2500$ . Отже:

$$I = 1,005 \cdot t + (2500 + 1,8 \cdot t) \cdot d \cdot 10^{-3}, \text{кДж/кг} \quad (1.5)$$

**1.2.1 I-d діаграма вологого повітря. Точка роси та мокрого термометра. Побудова основних процесів зміни стану повітря. Кутовий коефіцієнт та зв'язок його з надходженням тепла та вологи до приміщення**

I-d діаграма вологого повітря – це основний інструмент побудови процесів зміни його параметрів. I-d діаграма базується на декількох основних рівняннях:

- тепловмісту вологого повітря:

$$I = 1,005 \cdot t + (2500 + 1,8 \cdot t) \cdot d \cdot 10^{-3}, \text{кДж/кг}.$$

- вологовмісту:

$$d = 623 \cdot \frac{P_{вп}}{P_{бар} - P_{вп}}. \quad (1.6)$$

- тиску водяної пари:

$$P_{вп} = \varphi \cdot P_{вп.нас}. \quad (1.7)$$

- тиску водяної пари, що насичують повітря або формула Фільнея:

$$P_{вп.нас} = 133,3 \cdot 10^{\frac{156+8,12t}{236+t}}.$$

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк. 7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Як ми бачимо в формулу 1.6 входить барометричний тиск  $P_{бар}$ , який досить суттєво відрізняється для різних районів будівництва, отже, для точної побудови процесів потрібна I-d діаграма для кожного окремо району розташування.

I-d діаграма (рис. 1.1) має косокутну систему координат для певного збільшення робочої площі, що припадає на вологе повітря та розташована вище лінії  $\varphi = 100\%$ . Кут розкриття може бути різним ( $135^\circ - 150^\circ$ ).

I-d діаграма пов'язує між собою 5 базових параметрів вологого повітря таких, як: температура, відносна вологість, тепло та вологовміст і тиск водяної пари насичення. Знаючи хоча б два із них, за розташуванням точки на діаграмі можна визначити всі інші параметри.

Основні характерні процеси які мають місце на I-d діаграмі це:

1. Нагрівання повітря при  $d = const$  (без збільшення кількості вологи) рисунок 1.1, відрізок 1-2. Якщо наводити приклад із реального життя то це процес нагрівання повітря у калорифері, підвищення температури та вмісту тепла, зменшення відносної вологості повітря.

2. Охолодження повітря при  $d = const$ . Відрізок 1-3 на рис. 1.1. Такий теплофізичний процес має місце в поверхневому охолоджувачі повітря, знижується температура та вміст тепла, підвищується відносна вологість повітря. Якщо продовжити процес охолодження, процес дійде до лінії  $\varphi = 100\%$  (т. 4) але не перетне лінію, а продовжить рух вздовж неї, виділяючи вологу з повітря (т. 5) у обсязі  $(d_4 - d_5)$  г/кг. На цьому явищі ґрунтується так зване осушування повітря. У реальних умовах процес не досягає до  $\varphi = 100\%$ , а остаточна відносна вологість, яка залишиться, залежить від її початкової величини. За загальновідомими даними професора О.Я. Кокоріна для поверхневих охолоджувачів повітря:

$$\varphi_{max} = 88\% \text{ при початковому } \varphi_{поч} \leq 45\% ;$$

$$\varphi_{max} = 92\% \text{ при початковому } 45 < \varphi_{поч} \leq 70\% ;$$

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$\varphi_{\max} = 98\%$  при початковому  $\varphi_{\text{поч}} > 70\%$ .

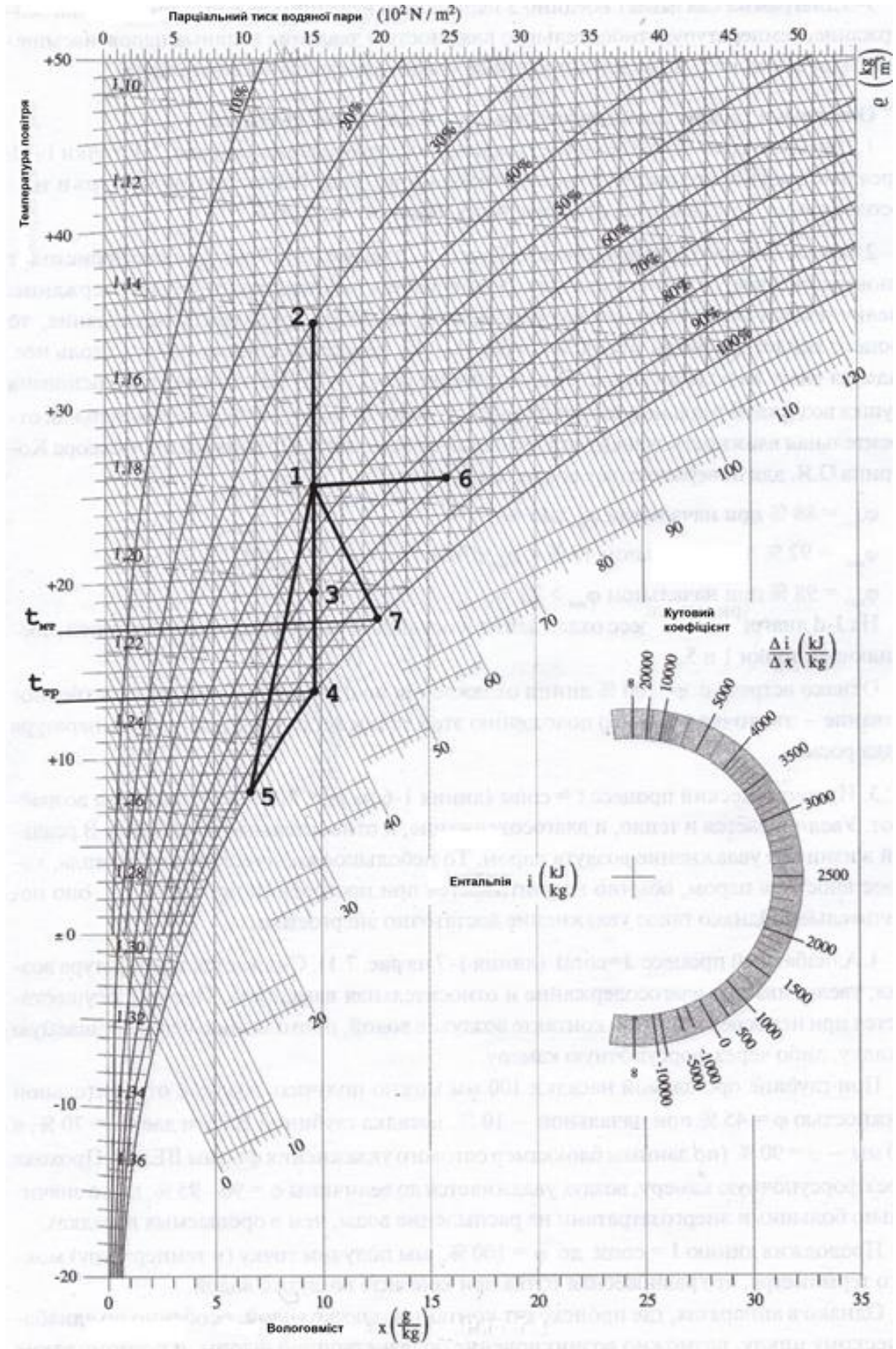


Рисунок 1.1 - I-d діаграма для вологого повітря

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ

Арк.

9

На I-d діаграмі для вологого повітря процес охолодження та осушення позначається відрізком, що з'єднує т. 1 та т. 5. Відомо, що точка зустрічі із  $\varphi = 100\%$  лінії охолодження по  $d = const$  має власну назву – це так звана точка роси. За розташуванням цієї точки легко визначається температура точки роси.

3. Ізотермічний процес при  $t = const$  (відрізок 1-6, див. рис. 1.1). Усі параметри зростають: тобто, збільшується і кількість теплоти, і вміст вологи, і, відповідно, відносна вологість. У реальних умовах це є зволоження повітря парою. Зазвичай невелика кількість явного теплоти, яка вноситься парою, не враховується при побудові процесу, оскільки вона досить незначна. Однак такий процес зволоження досить енергоємний.

4. Адіабатний процес  $I = const$  (відрізок 1-7, див. рис. 1.1). При зниженні температури повітря, відбувається зростання вмісту вологи та сама відносна вологість. Процес відбувається при безпосередньому контакті повітря із водою, проходячи або через насадку зрошування, або крізь камеру форсунки.

При глибині насадки зрошування 100мм можна отримати повітря із відносною вологістю  $\varphi = 45\%$  при початковій – 10%, насадка глибиною 200мм дасть  $\varphi = 70\%$ , а при 300мм -  $\varphi = 90\%$ . Проходячи через форсункову камеру, повітря зволожується до стану  $\varphi = 90-95\%$ , але із набагато вищими енергозатратами на розпилення води, ніж у насадках зрошування.

Продовживши відрізок  $I = const$  до 100%, ми отримаємо точку (і температуру) так званого мокрого термометра, це врівноважна точка при контакті води і повітря.

Однак в апаратах, де відбувається контакт води із повітрям, особливо за адіабатичним процесом, можлива поява хвороботворної флори, і тому такі апарати заборонено використовувати у галузях медицини та продовольства.

У країнах із сухим та досить жарким кліматом апарати на основі адіабатичного зволоження мають достатньо широке застосування. До прикладу, у Багдаді при денній температурі в червні – липні в  $46^{\circ}C$  і при відносній вологості 10% такий охолоджувач дозволить понизити температуру

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

припливного повітря до  $23^{\circ}\text{C}$  та при 10-20-кратному повітрообміні в закритому приміщенні досягнути температури всередині  $26^{\circ}\text{C}$  та відносної вологості 60 – 70% .

По загальновідомій методиці побудови теплових процесів на I-d діаграмі вологого повітря найменування реперних точок отримали наступну аббревіатуру:

Н – точка повітря ззовні;

К - точка після нагрівання повітря через калорифер;

В – точка повітря всередині;

О – точка охолодженого повітря;

ТР – точка роси;

П – точка припливного повітря;

У - точка повітря, видаленого із приміщення;

С – точка суміші повітря двох різних параметрів та мас;

ТМ – точка мокрого термометра.

При змішуванні повітря двох параметрів відрізок для суміші піде по прямій, що з'єднає ці параметри, а точка суміші лежатиме на відстані, обернено пропорційній масам повітря, що змішується.

Вміст теплоти для суміші:

$$I_{\text{сум}} = \frac{G_1 \cdot I_1 + G_2 \cdot I_2}{G_1 + G_2}, \quad (1.8)$$

тоді вміст вологи:

$$d_{\text{сум}} = \frac{G_1 \cdot d_1 + G_2 \cdot d_2}{G_1 + G_2}. \quad (1.9)$$

Якщо в приміщення одночасному виділиться надлишкове тепло та волога, так відбувається якщо в приміщенні знаходиться багато людей, повітря

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

нагріватиметься та зволожуватиметься вздовж відрізка, який носить назву кутового коефіцієнту (чи промінь процесу, або тепло-вологісним відношенням)  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \frac{\sum Q_n}{\sum W}, \quad (1.10)$$

де  $\sum Q_n$  – сумарна кількість повного тепла, кДж/год;  $\sum W$  – сумарна кількість вологи, кг/год. При  $\sum Q_n = 0; \varepsilon = 0$   $\sum W = 0; \varepsilon \rightarrow \infty$  (рис. 1.2).

Таким чином, I-d діаграма (рис. 1.2) по відношенню до повітря всередині приміщення (або до іншої точки) розділяється на чотири квадранти:

I  $\infty < \varepsilon < 0$  – це процес нагрівання та зволоження;

II  $0 < \varepsilon < -\infty$  - процес охолодження та зволоження;

III  $-\infty < \varepsilon < 0$  – процес охолодження та осушення;

IV  $0 < \varepsilon < \infty$  - процес нагрівання та осушення, такий процес у вентиляції та кондиціонуванні не використовується.

Для точної побудови відрізка процесу на I-d діаграмі вологого повітря, необхідно взяти значення  $\varepsilon$  в кДж/гН<sub>2</sub>O, і відкласти на осі вміст вологи  $d = 1$ , або 10 г, а по вісі утримування теплоти в кДж/кг відповідний  $\varepsilon$ , а тоді отриману точку з'єднати відрізком із точкою 0 I-d діаграми.

Процеси, які не є базовими, носять назву політропічних.

Ізотермічний процес  $t = const$ , можна охарактеризувати значенням  $\varepsilon = 2530 \text{ кДж/кг}$ .

### 1.2.2 Термодинамічна модель СВКП

Процес підготовки повітря перед подачею в приміщення, що кондиціонується є сукупністю технологічних операцій і носить назву технології кондиціонування повітря.

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

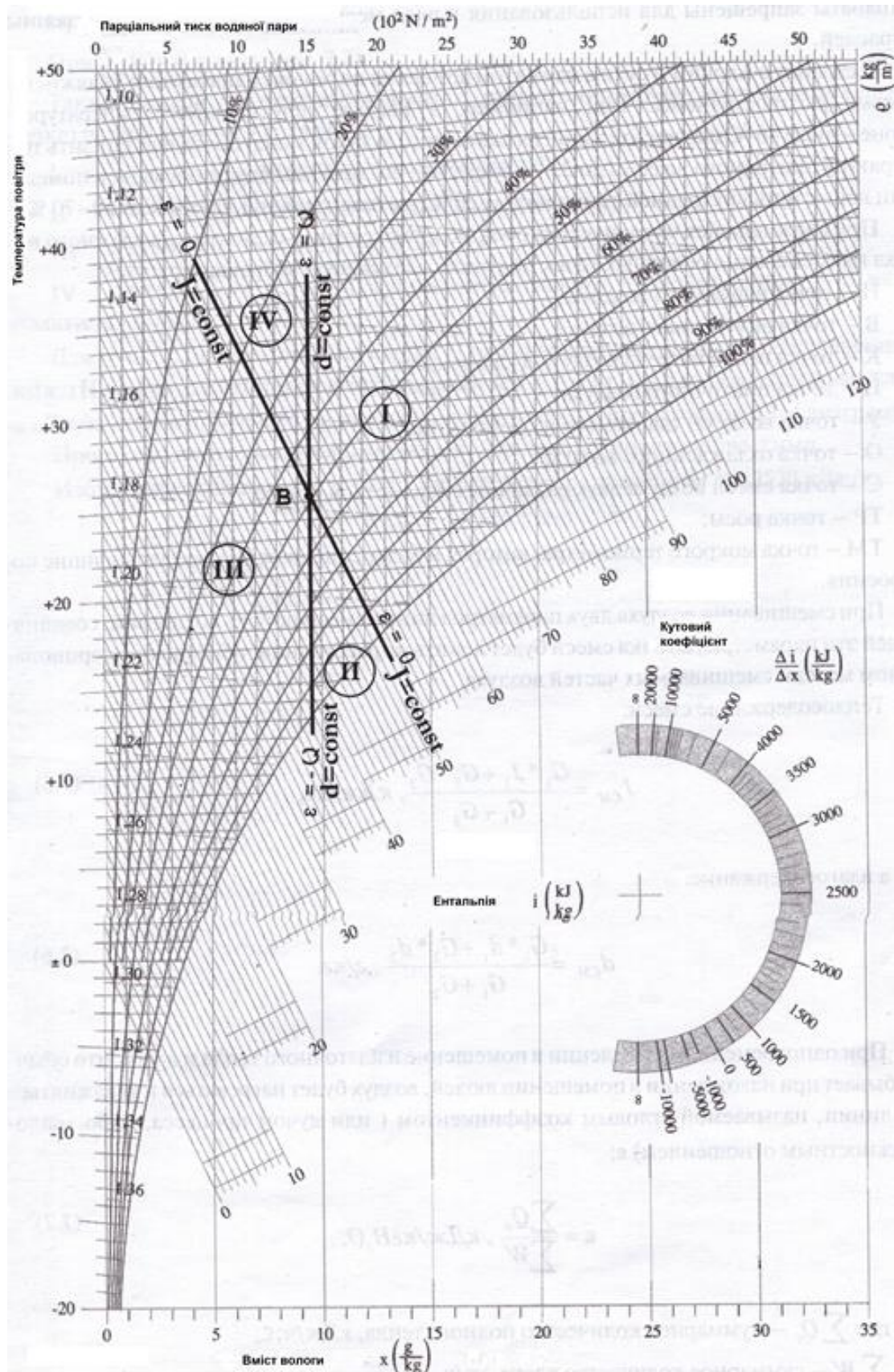


Рисунок 1.2 - I-d діаграма вологого повітря, базові процеси

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ

Арк.  
13

Технологія тепло-вологісної обробки повітря, що кондиціонується визначається початковими параметрами повітря, що потрапляє в кондиціонер, та необхідними (задаються програмою) параметрами повітря в приміщенні.

Для вибору способів обробки повітря необхідно побудувати I-d діаграму вологого повітря, що дозволить при певних вихідних заданих даних підібрати таку технологію, яка забезпечить отримання необхідних параметрів повітря в приміщенні при максимально малих затратах енергії, води, повітря тощо. Така схема обробки повітря носить назву термодинамічної моделі системи кондиціонування повітря (ТДМ).

Параметри повітря з навколишнього середовища, яке потрапляє в кондиціонер для подальшої обробки, змінюються часу доби та протягом року у досить широкому діапазоні. Тому можна говорити про повітря із навколишнього середовища як про багатовимірну функцію  $X_n = x_n(\tau)$ . Тоді сукупність параметрів для припливного повітря також є багатовимірною функцією  $X_{np} = x_{np}(\tau)$ , а в приміщенні, що проектується  $X_{прим} = x_{прим}(\tau)$  (параметри в робочій зоні).

Такий технологічний процес математично може бути описаний графічним чи аналітичним описом руху багатовимірної функції  $X_n$  до  $X_{np}$  в напрямку до  $X_{прим}$ .

Відмітимо, що під змінним станом системи  $x(\tau)$  в більшості випадків розуміють узагальнені показники системи у різних точках простору та відповідно у різні моменти часу.

Термодинамічну модель руху функції  $X_n$  в напрямку до  $X_{прим}$  будують на I-d діаграмі вологого повітря, а потім визначають алгоритм обробки повітря, необхідне для цього обладнання та спосіб автоматичного регулювання параметрів повітря.

Побудова ТДМ розпочинають із нанесення на I-d діаграми стану повітря з навколишнього середовища даного географічного пункту. Розрахункова область можливих станів повітря з навколишнього середовища приймають згідно із ДБН

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		14



Потім наносять на I-d діаграму вологого повітря необхідне (розрахункове) значення стану повітря у робочій зоні або в цілому приміщенні.

Це може бути точка (так зване прецизійне кондиціонування) або ціла робоча зона  $P_1P_2P_3P_4$  (так зване комфортне кондиціонування).

Далі розраховують кутовий коефіцієнт зміни параметрів повітря в приміщенні і відкладають відрізки процесу через граничні точки робочої зони. За відсутності даних про тепло-вологісні процеси в приміщенні орієнтовно можна приймати значення з довідникової літератури (в кДж/кг):

- зали для глядачів 8500 – 10000;
- підприємства громадського харчування чи торгівлі 8500 – 10000;
- квартири 15000 – 17000;
- офісні приміщення 17000 – 20000.

Після цього будують зону параметрів повітря, що припливає. Для цього на лініях  $\varepsilon$ , проведених із граничних точок зони  $P_1P_2P_3P_4$ , відкладають відрізки, що відповідають порохованому перепаду температур:

$$\Delta t = t_{прим} - t_{прип}, \quad (1.11)$$

де  $t_{прип}$  – розрахункова температура повітря, що припливає.

Розв'язок такої задачі зводиться до переведення параметрів повітря із багатовимірної функції  $X_n$  до функції  $X_{прим}$ .

Величину температури  $t$  приймають або нормами чи стандартами або розраховують, виходячи з параметрів системи постачання холоду.

Допустимий перепад температури повітря, що видаляється і повітря припливу ( $\Delta t$ ) для промислових приміщень складає  $6^\circ - 9^\circ C$ , торгових залів –  $4^\circ - 10^\circ C$ , а якщо висота приміщення понад 3 м –  $12^\circ - 14^\circ C$ . У загальному випадку параметри повітря, що видаляється із приміщення, суттєво відрізняються від параметрів повітря, яке циркулює в робочій зоні. Різниця між

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ними залежить не тільки від способу подачі повітря до приміщення, а і кратності повітрообміну, висоти приміщення та інших факторів.

Зони П, Р та У (зона припливу, робоча зона, зона видалення) на I-d діаграмі вологого повітря мають однакову форму та розміщуються вздовж лінії  $\varepsilon$  на відстанях, що дорівнюють різницям температур  $\Delta t_1 = t_{прим} - t_{прив}$  та  $\Delta t_2 = t_{вид} - t_{прим}$ .

Співвідношення між  $t_{прим}; t_{прив}; t_{вид}$  можливо оцінити за допомогою коефіцієнту:

$$m_t = \frac{t_{прим} - t_{прив}}{t_{вид} - t_{прив}} = \frac{h_{прим} - h_{прив}}{h_{вид} - h_{прив}}. \quad (1.12)$$

### 1.3 Висновки до розділу

Після проведеного огляду та аналізу зрозуміло, що процес кондиціонування повітря перетвориться в перевід безлічі параметрів повітря з навколишнього середовища (багатокутник  $abcdef$ ) до безлічі параметрів припливного повітря (багатокутник  $П_1П_2П_3П_4$ ).

Технічна вирішення цього переведення може бути зображена різними структурними схемами СВКП: наприклад, прямоочної, або із рекуперацією тепла або із рециркуляцією повітря.

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 2.1 Загальні дані

Система буде складатися із кондиціонера, який суміщено із витяжною системою.

Кондиціонер розташуємо у підвалі у вентиляційній камері. Витяжна система буде розташована у вентиляційній камері у між фермами під дахом (над залом центрального управління). Шафа автоматики, що керуватиме системою, також буде розташована в підвалі блоку у вентиляційній камері.

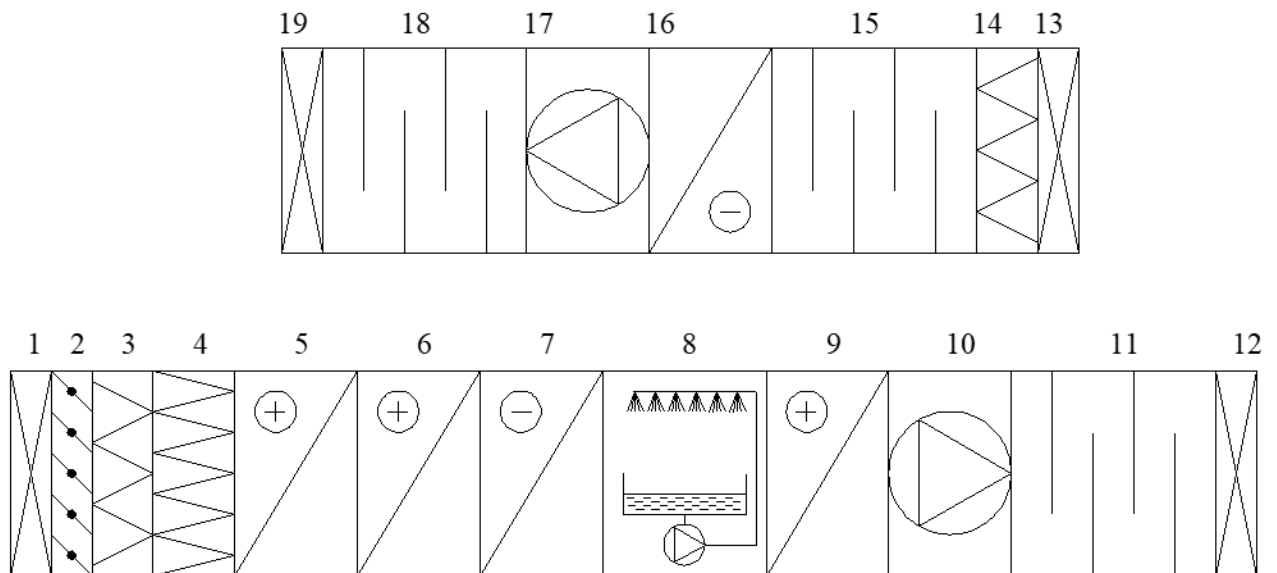


Рисунок 2.1 - Припливно-витяжний агрегат KLM 40

Система повинна обслуговувати приміщення диспетчерської та іншим промислових приміщень блоку.

Система складається із:

- секції припливного та витяжного вентиляторів;
- заслінка повітря з навколишнього середовища (заслінка двопозиційна із кінцевим вимикачем закриття та поверненням за допомогою пружини);

- секції рекуперації (призначені для використання тепла витяжного повітря для нагрівання припливного повітря в холодний період року та, відповідно, холоду витяжного повітря для охолодження припливного повітря в теплий період року);

- секції фільтрів (використовуються для очищення повітря: припливного та витяжного);

- секція першого підігріву (призначена для попереднього підігріву припливного повітря в холодний період року);

- секція другого підігріву (призначена для остаточного нагріву повітря в холодний період року);

- секція охолодження (призначена для охолодження припливного повітря в теплий період року);

- секція зволоження (призначена для зволоження припливного повітря в холодний період року, якщо вологість повітря знижена).

Більш детальні технічні характеристики обладнання наведено в додатках (див. Додаток А).

Розрахунок регулюючого клапану на секції 1-го підігріву

Умова: середовище - вода,  $105^{\circ}\text{C}$ , статичний тиск у точці приєднання  $600\text{кПа}$ ,  $\Delta P_{\text{насосу}} = 11\text{кПа}$ ,  $\Delta P_{\text{теплообміннику}} = 0,5\text{кПа}$ ,  $\Delta P_{\text{трубопроводу}} = 3\text{кПа}$ , номінальна витрата  $Q_{\text{ном}} = 9,13\text{м}^3/\text{год}$ .

$$\Delta P_{\text{насосу}} = \Delta P_{\text{теплообміннику}} + \Delta P_{\text{трубопроводу}} + \Delta P_{\text{клапану}} = 11\text{кПа}; \quad (2.1)$$

$$\Delta P_{\text{клапану}} = \Delta P_{\text{насосу}} - \Delta P_{\text{теплообміннику}} - \Delta P_{\text{трубопроводу}}; \quad (2.2)$$

$$\Delta P_{\text{клапану}} = 11 - 0,5 - 3 = 7,5\text{кПа};$$

$$K_V = \frac{Q_{ном}}{\sqrt{\Delta P_{клапана}}}; \quad (2.3)$$

$$K_V = \frac{9,19}{\sqrt{0,075}} = 33,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

З серійного ряду регулювальних клапанів  $K_V$  обираємо найближче  $K_{VS}$  значення, тобто  $K_{VS} = 40 \text{ м}^3/\text{год}$ . Цьому значенню відповідає діаметр DN 50. Підбираємо клапан PN 16 виготовлений із бронзи: RV 102 ELB 35 11 16140 50.

Клапан має лінійну витратну характеристику, приєднувальні розміри – G2", оснащується електроприводом марки SQX 62.

Розрахуємо дійсну гідравлічну витрату для вибраного клапана при повному відкритті.

$$\Delta P_{клапана} = \left( \frac{Q_{ном}}{K_{VS}} \right)^2; \quad (2.4)$$

$$\Delta P_{клапана} = \left( \frac{9,19}{40} \right)^2 = 5,3 \text{ кПа}.$$

## 2.2 Аналіз технологічного комплексу

Установка як об'єкт автоматичного керування буде охарактеризована наступними параметрами (рис. 2.2):

- вхідні параметри:  $Q_n$  – витрата повітря;  $t_n$  – температура повітря;  $t_x$  – температура холодоносія;  $t_m$  – температура теплоносія;  $t_{\text{вз}}$  – температура води зрошення;  $t_{\text{вн}}$  – температура витяжного повітря;  $\varphi_n$  – відносна вологість повітря;  $q_n$  – наявні механічні домішки у повітрі;  $S_p$  – положення гліколевого клапана;

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$S_2$  – положення клапана другого підігріву;  $S_x$  – положення клапана холодоносія;  $S_1$  – положення клапана першого підігріву;  $\Delta P_m$  – перепад теплоносія у теплопостачальній мережі;

- вихідні параметри:  $t_{1n}$  – температура води на виході із теплообмінника першого підігріву;  $t_{2n}$  – температура води на виході з теплообмінника другого підігріву;  $t_{nn}$  – температура припливного повітря;  $t_{nпр}$  – температура витяжного повітря після рекуператора;  $Q_n$  – витрата припливного повітря;  $\varphi_n$  – відносна вологість припливного повітря;  $q_n$  – механічні домішки у припливному повітрі.

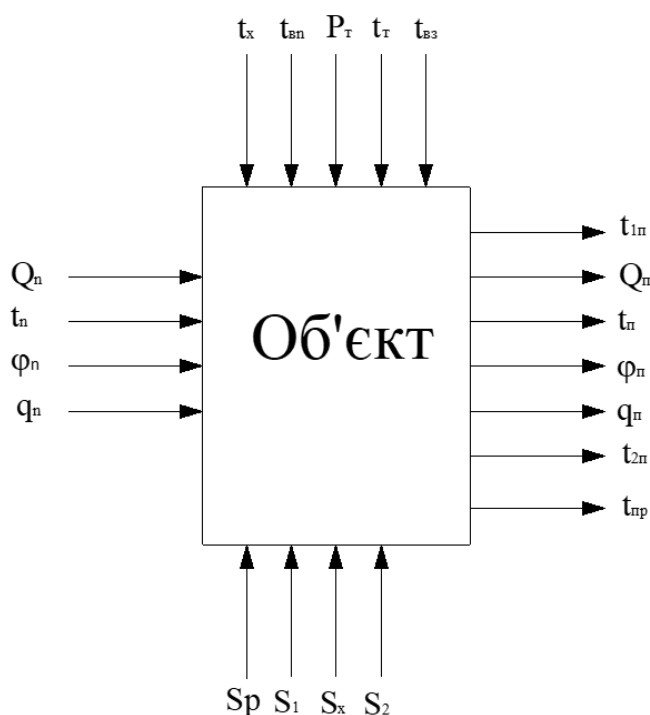


Рисунок 2.2 – Структура технологічного комплексу

До збурючого впливу необхідно віднести  $t_x, t_{вн}, \Delta P_m, t_m, t_{вз}$ , відповідно до керуючого впливу –  $S_p, S_1, S_x, S_2$ .

Технологічний комплекс є системою, що має постійну витрату. Витрата повітря має зміни лише на значному проміжку часу у зв'язку із тим, що фільтри забруднюються, а це в свою чергу залежить від ступеня запиленості повітря  $q_n$ . Температура ж холодоносія є відносно стабільним параметром, так як

відбувається стабілізація за допомогою автоматики холодильного центру та її коливання незначні.

Відносна вологість та температура повітря з навколишнього середовища схильні лише до добових і сезонних змін, які за часом протікання значно перевищують час перехідних процесів в комплексі. Тому приймаємо їх постійними якщо врахувати часу виходу комплексу в робочий режим (до 20 хв).

Температура витяжного повітря перед рекуператором має суттєвий вплив на температуру розчину гліколю в контурі рекуперації.

Основними каналами керування є:

- положення водяного клапану першого підігріву керує вологістю припливного повітря;
- положення клапану холодоносія – температурою повітря;
- положення клапану контуру рекуперації – температурою витяжного повітря;
- положення водяного клапану другого підігріву – температурою повітря.

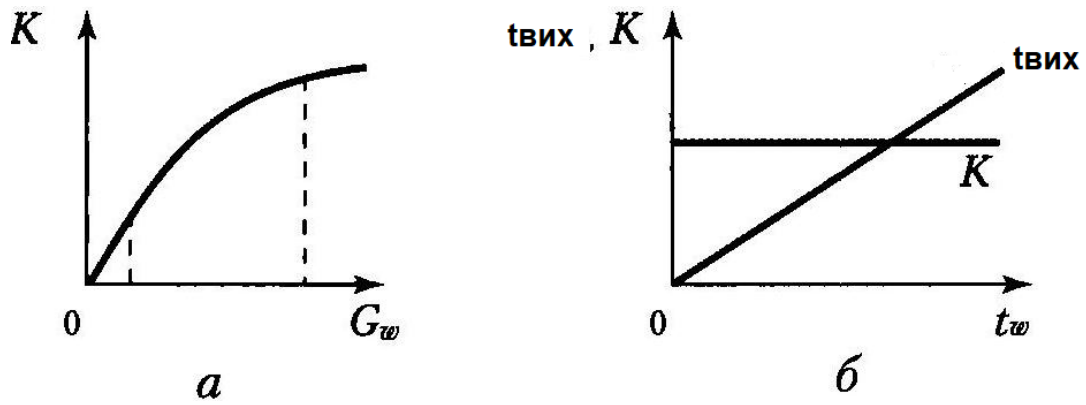
### 2.3 Статичні та динамічні характеристики елементів комплексу

Всі елементи комплексу припливно-витяжної вентиляції можна умовно розділити на декілька груп: вентилятори, зрошувальна камера, поверхневі теплообмінники, повітровідводи.

У системах із постійною витратою вентиляторів не мають на параметри припливного/витяжного повітря іншого впливу, крім незначного підвищення температури на  $1^{\circ} - 2^{\circ}C$ . Тому статична характеристика матиме наступний вигляд:

$$t_{вих} = t_{ex} + 1,5. \quad (2.5)$$

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



а) «витрата теплоносія – температура повітря»; б) «температура теплоносія – температура повітря»

Рисунок 2.3 - Статичні характеристики теплообмінників по каналами обміну:

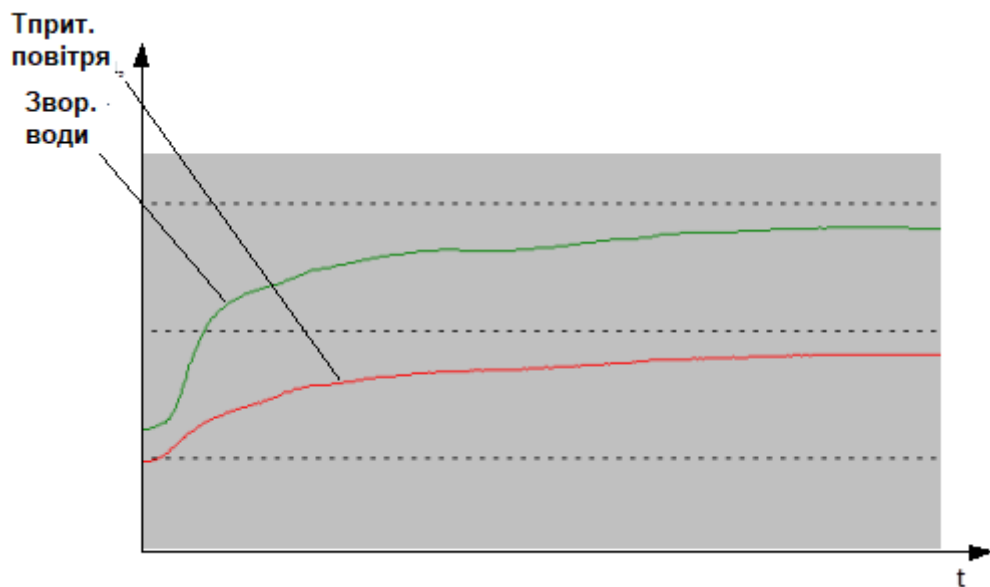


Рисунок 2.4 - Криві розгону комплексу по каналам «положення клапану – температура зворотної води», «положення клапану – температура повітря»

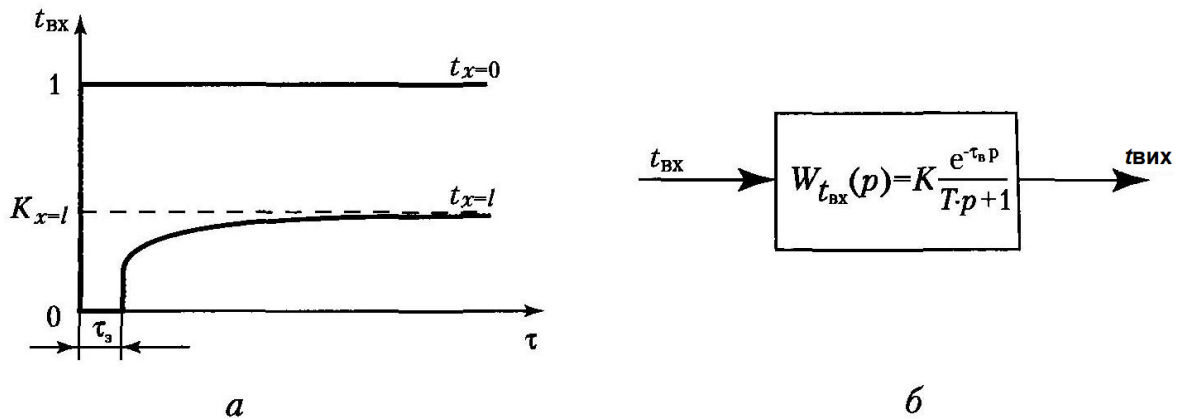
На рисунку 2.4 наведено криві розгону комплексу по каналам «положення клапану – температура зворотної води», «положення клапану – температура повітря». Як видно з графічних залежностей теплообмінник можна описати як аперіодичну ланку 1-го порядку із чистим запізненням:

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ

Арк.  
23

$$W = \frac{K}{1+T \cdot p} \cdot e^{-p \cdot t} \quad (2.6)$$



а) перехідний процес зміни температури; б) передаточна функція

Рисунок 2.5 - Характеристика повітроводу, як об'єкта керування:

При стрибкоподібній зміні сигналу  $t_{\text{вх}}$  на початку повітроводу на виході температура через певний час  $\tau_3$  зміниться невеликим стрибком, а потім плавно наблизиться до усталеного значення. Таким чином, передаточна функція прийме вигляд:

$$W_{t_{\text{вх}}} = \frac{K \cdot e^{-p \cdot \tau_3}}{1 + T \cdot p} \quad (2.7)$$

Складність процесів тепло-масообміну в камерах зрошування трохи утруднює одержання однозначних статичних та динамічних характеристик, причому в різних довідниках відрізняються не лише розрахункові залежності для оцінювання коефіцієнтів передачі чи постійних часу, але і види передаточних функцій. Найбільш наочним відображенням тих динамічних процесів, що мають місце в камері зрошування, є її представлення у вигляді двох ланок. Перша ланка – дощовий простір камери зрошування, тобто місце, де розташовані форсунки та

відбувається процес тепло-масообміну. Його можна представити у вигляді підсилювальної ланки зі змінним коефіцієнтом передачі, що в свою чергу залежить від початкових параметрів води та повітря, обраного каналу керування тощо, тобто нелінійною ланкою. Друга ланка – піддон – може бути замінена на аперіодичну ланку із постійною часу  $T_{II} = V_{II} \cdot \rho_w / G_w$ , де  $V_{II}$  – об'єм піддону. Залежно від умов роботи динамічні характеристики можуть наближатися або до аперіодичної (в ізоентальпійному процесі), або до підсилювальної (в політропному процесі) ланкам.

Передаточна функція камери зрошування при керуванні зміною температури повітря може бути представлена у наступному вигляді:

$$W_{t_{ex}} = \frac{1 + T_1 \cdot p}{1 + T_2 \cdot p} \quad (2.8)$$

## 2.4 Структурна та параметрична ідентифікація технологічного комплексу

Під структурною ідентифікацією технологічного комплексу (об'єкта досліджень) або його окремих елементів мають на увазі вибір чи визначення алгоритмічної структури математичної моделі об'єкта, комплексу або його елементу як результату аналізу зв'язків вхідних та вихідних параметрів об'єкта, оцінки впливу вхідних параметрів на вихідні та виокремлення із безлічі вхідних та вихідних параметрів тих, що мають найсуттєвіший вплив.

Структурна ідентифікація технологічного комплексу включає в себе наступні операції:

- виділення об'єкта із загальної схеми;
- аналіз входів та виходів об'єкта, з метою ранжування, враховуючи вплив на виконання цілей керування;
- визначення характеру зв'язків між входами та виходами об'єкта;

- знаходження раціонального числа входів та виходів, що враховуються в моделі.

Структура динамічних моделей технологічних комплексів (об'єктів) пов'язана з математичним описом об'єкта дослідження.

Існують різні способи математичного опису таких технологічних комплексів:

- за допомогою диференціальних рівнянь зв'язку:

а) між вхідними та вихідними параметрами (стандартна форма);

б) між вхідними впливами та змінними станами процесу, які мають форму запису або як система рівнянь першого порядку (нормальна форма), або як векторно-матрична форма.

- за допомогою матриці передаточних функцій, що показують алгебраїчний зв'язок між зображеннями по Лапласу для входів і виходів.

Для складних технологічних комплексів, інформації про яку зазвичай недостатньо, зручно замінювати моделі у вигляді інерційних ланок, причому доведено можливість опису динамічних характеристик стійких об'єктів високого порядку з передаточними функціями. Зазвичай обмежуються передаточними функціями не вищими за другий порядок.

Динамічні моделі технологічних комплексів зазвичай створюють для збільшення вхідних та вихідних параметрів відносно їх стаціонарних значень, що дозволяє обмежитися лінійними моделями каналів керування та збурення.

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		26

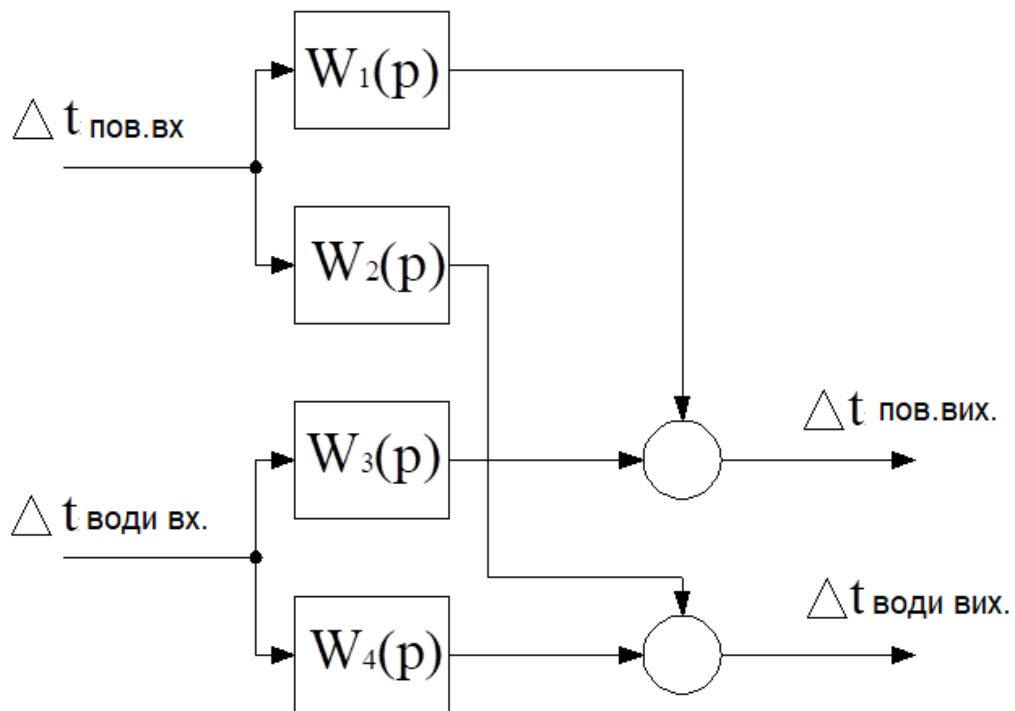


Рисунок 2.6 – Структурна схема математичної моделі теплообмінників для 1-го підігріву та рекуператора (підігрівуючого)

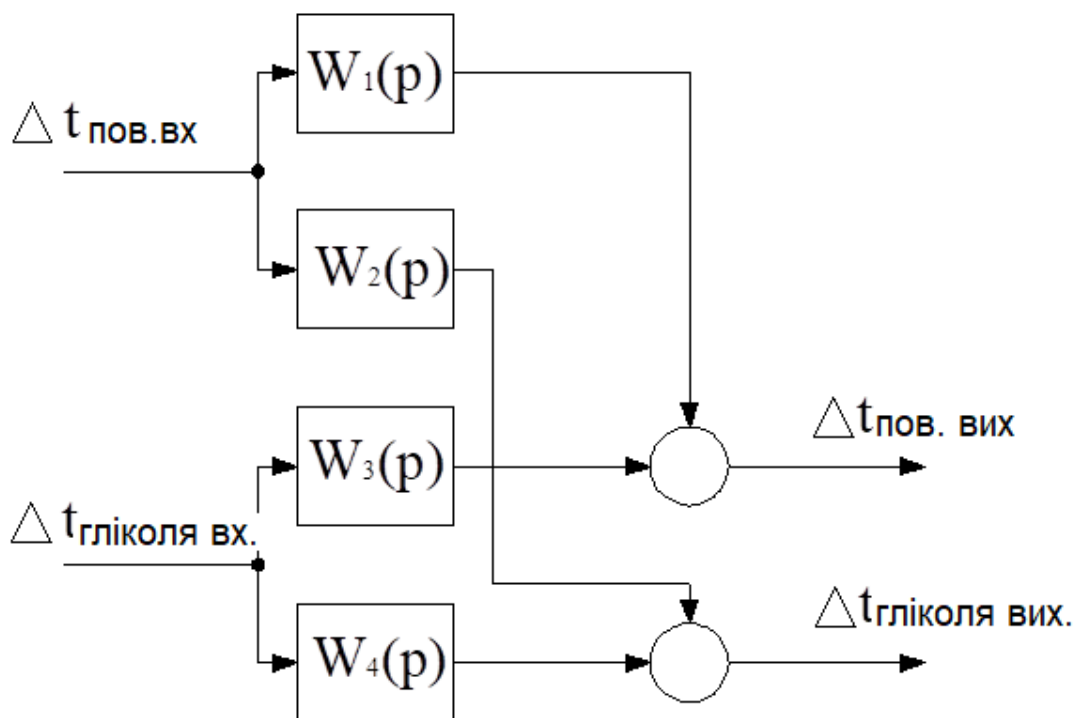


Рисунок 2.7 – Структурна схема математичної моделі теплообмінника рекуператора (охолоджуючого)

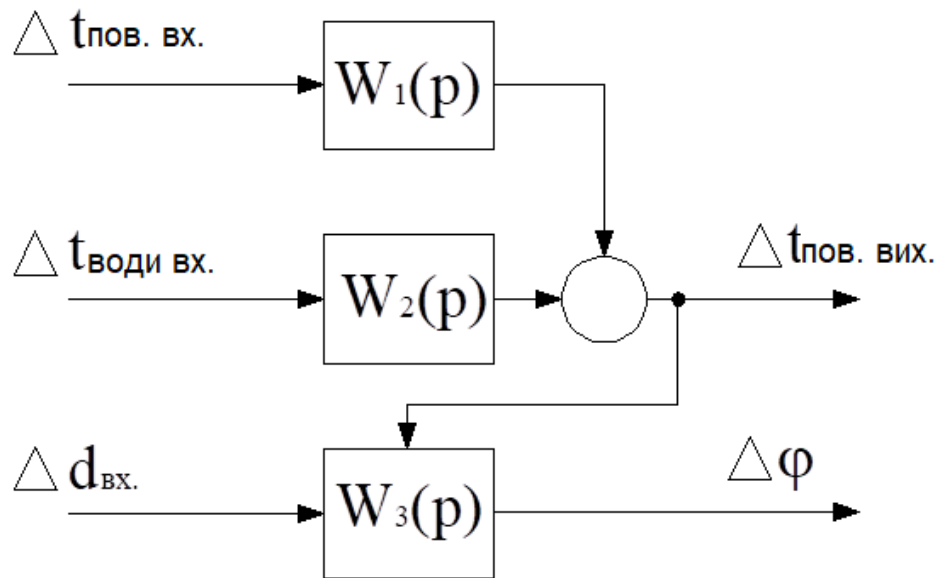


Рисунок 2.8 - Спрощена структура схема математичної моделі теплообмінника для 2-го підігріву

Вихідні параметри води не будуть враховуватися при другому підігріві, тому що відсутні від'ємні температури на вході теплообмінника і, тому немає ризику створення аварійної ситуації.

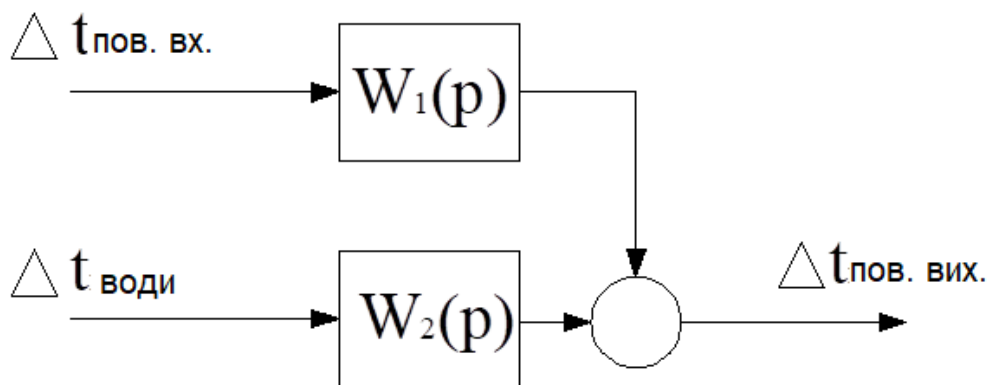


Рисунок 2.9 – Структурна схема математичної моделі теплообмінника охолодження

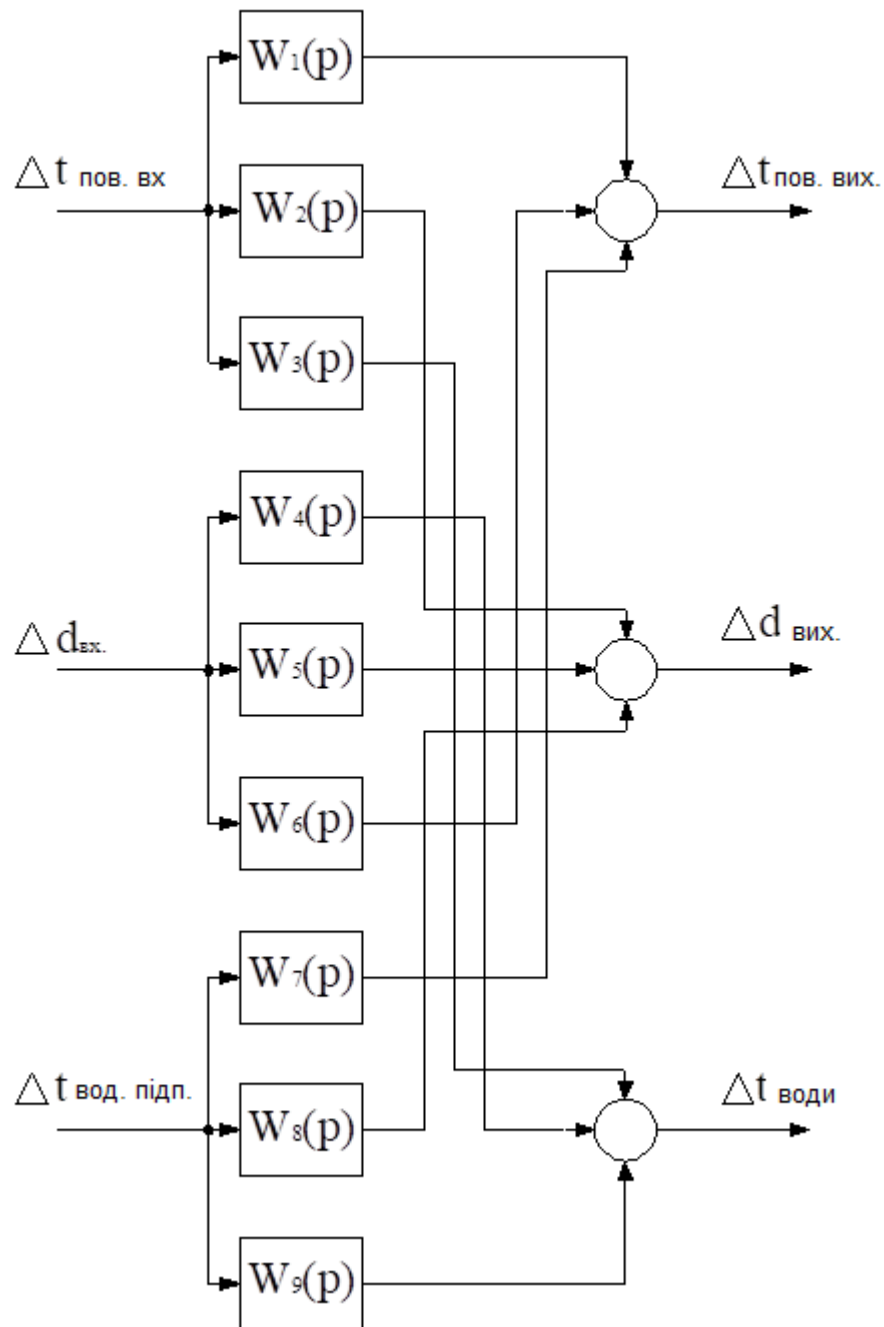


Рисунок 2.10 - Структурна схема математичної моделі камери зрошування

Враховуючи, що кінцева температура та вологість повітря в значній мірі мають залежність від початкової температури повітря та температури води в камері, спростуємо структурну схему камери зрошування до наступного вигляду.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ

Арк.  
29

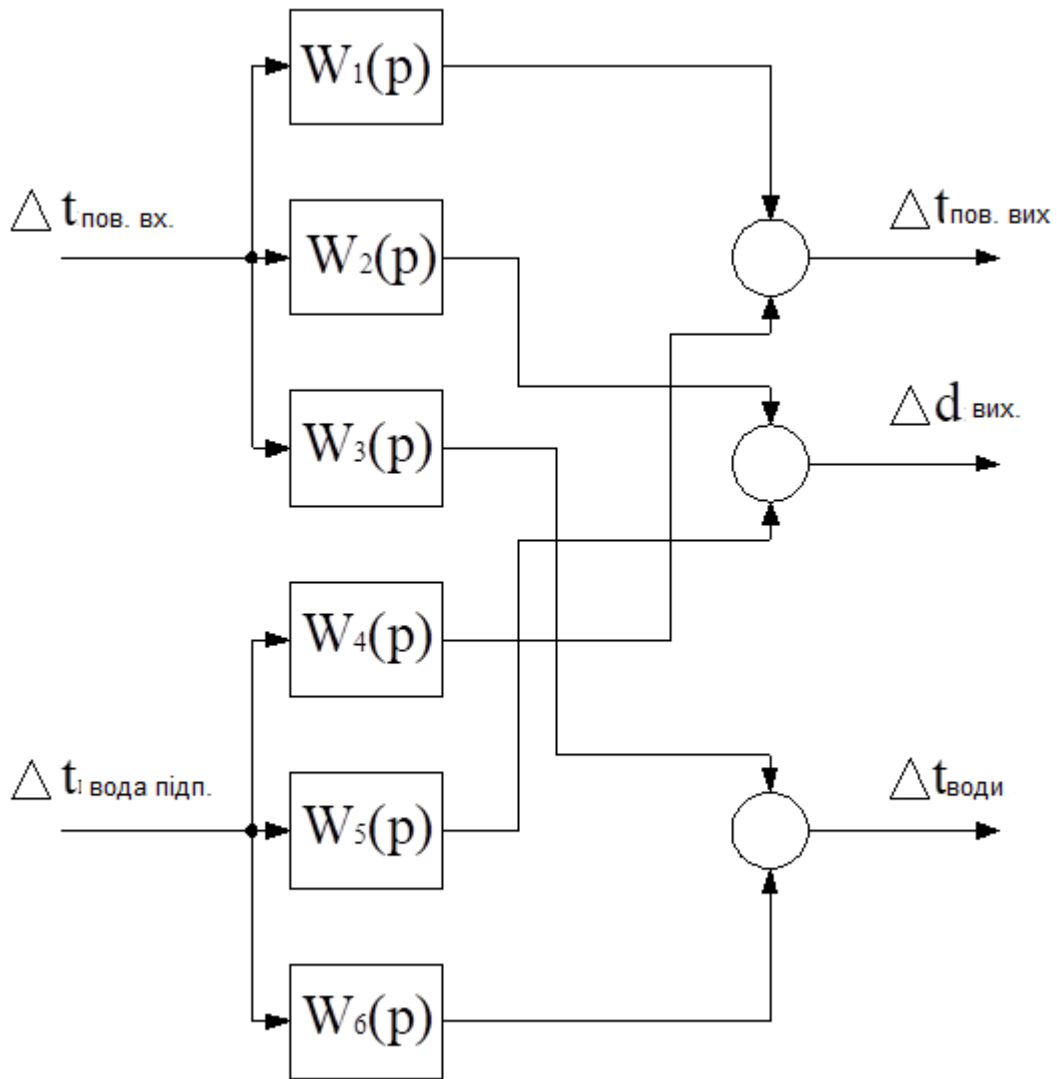


Рисунок 2.11 - Спрощена структурна схема математичної моделі камери зрошування

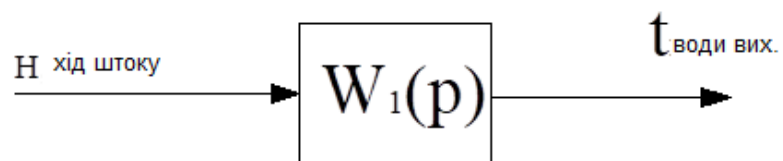


Рисунок 2.12 – Структурна схема математичної моделі клапана регулювання

## 2.5 Розрахунок коефіцієнтів теплообмінника рекуператора, для обігріву

$$E_m = \frac{t_k - t_n}{t_{mn} - t_n}, \quad (2.9)$$

де  $E_m$  - коефіцієнт ефективності процесу теплообміну;  $t_k$  - кінцева температура повітря;  $t_{mn}$  - початкова температура теплоносія;  $t_n$  - початкова температура повітря.

$$Q = c_1 E_m (t_{mn} - t_n), \quad (2.10)$$

де  $Q$  - кількість теплоти, що передається в процесі;  $c_1$  - мінімальний тепловий еквівалент:

$$c_1 = c_g \cdot G_g, \quad (2.11)$$

де  $c_1$  - тепловий еквівалент повітря;  $G_g$  - витрата повітря;  $c_g$  - питома теплоємність повітря;  $c_2$  - тепловий еквівалент теплоносія обчислюється аналогічно.

$$t_k = t_n + \frac{Q}{c_1}; \quad (2.12)$$

$$t_{mk} = t_{mn} + \frac{Q}{c_2}; \quad (2.13)$$

Підставимо числа із довідників:

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$E_m = \frac{-25 + 35}{8,1 + 35} = 0,23;$$

$$c_1 = 1 \cdot 8 = 8;$$

$$c_2 = 3,8 \cdot 2,33 = 8,9;$$

$$Q = 8 \cdot 0,23 \cdot (8,1 + 35) = 79,3;$$

$$t_{\kappa} = -35 + \frac{79,3}{8} = -25,1;$$

$$t_{mk} = 8,1 - \frac{79,3}{8,9} = -0,8.$$

Прорахуємо збільшенням температури повітря навколишнього середовища до мінус  $30^{\circ}C$  ( $\Delta = 5^{\circ}C$ ):

$$Q_1 = 8 \cdot 0,23 \cdot (8,1 + 30) = 70,1;$$

$$t_{\kappa 1} = -30 + \frac{70,1}{8} = -21,24 (\Delta = 3,86^{\circ}C);$$

$$t_{mk1} = 8,1 - \frac{70,1}{8,9} = -0,22 (\Delta = 1,02^{\circ}C).$$

Прорахуємо зменшенням температури гліколю до  $3,1^{\circ}C$  ( $\Delta = -5^{\circ}C$ ):

$$Q_2 = 8 \cdot 0,23 \cdot (3,1 + 35) = 70,1;$$

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		32

$$t_{к2} = -35 + \frac{70,1}{8} = -26,24 (\Delta = -1,14^\circ C);$$

$$t_{mk2} = 3,1 - \frac{70,1}{8,9} = -4,78 (\Delta = -3,98^\circ C).$$

Розрахуємо коефіцієнти для теплообмінника:

$$K_1 = \frac{3,86}{5} = 0,77;$$

$$K_2 = \frac{1,02}{5} = 0,2;$$

$$K_3 = \frac{-1,14}{-5} = 0,23$$

$$K_4 = \frac{-3,98}{-5} = 0,8$$

Постійні для теплообмінники розраховано аналітичним методом.

$$T_1 = 80c;$$

$$T_2 = 45c;$$

$$T_3 = 80c;$$

$$T_4 = 45c.$$

### 2.5.1 Розрахунок коефіцієнтів теплообмінника для 1-го підігріву

$$E_m = \frac{22 + 25}{105 + 25} = 0,36;$$

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		33

$$c_1 = 1 \cdot 8 = 8;$$

$$c_2 = 4,19 \cdot 2,55 = 10,7;$$

$$Q = 8 \cdot 0,36 \cdot (105 + 25) = 374,4;$$

$$t_{\kappa} = -25 + \frac{374,4}{8} = 21,8;$$

$$t_{mk} = 105 - \frac{374,4}{10,7} = 70.$$

Розрахуємо збільшенням температури повітря до мінус  $20^{\circ}C$  ( $\Delta = 5^{\circ}C$ ):

$$Q_1 = 8 \cdot 0,36 \cdot (105 + 20) = 360;$$

$$t_{\kappa 1} = -20 + \frac{360}{8} = 25 (\Delta = 3,2^{\circ}C);$$

$$t_{mk 1} = 105 - \frac{360}{10,7} = 71,4 (\Delta = 1,4^{\circ}C).$$

Розрахуємо зменшенням температури води до  $100^{\circ}C$  ( $\Delta = 5^{\circ}C$ ):

$$Q_2 = 8 \cdot 0,36 \cdot (100 + 25) = 360;$$

$$t_{\kappa 2} = -25 + \frac{360}{8} = 20 (\Delta = -1,8^{\circ}C);$$

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		34

$$t_{mk2} = 100 - \frac{360}{10,7} = 66,4 (\Delta = -3,6^\circ C).$$

Розрахуємо коефіцієнти для теплообмінника:

$$K_1 = \frac{3,2}{5} = 0,64;$$

$$K_2 = \frac{1,4}{5} = 0,28;$$

$$K_3 = \frac{-1,8}{-5} = 0,36$$

$$K_4 = \frac{-3,6}{-5} = 0,72$$

Постійні для теплообмінники розраховано аналітичним методом.

$$T_1 = 100c;$$

$$T_2 = 65c;$$

$$T_3 = 120c;$$

$$T_4 = 65c.$$

### 2.5.2 Розрахунок коефіцієнтів теплообмінника для 2-го підігріву

$$E_m = \frac{20 - 8,5}{170 - 8,5} = 0,19;$$

$$c_1 = 1 \cdot 8 = 8;$$

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		35

$$c_2 = 4,19 \cdot 1 = 4,19;$$

$$Q = 8 \cdot 0,19 \cdot (70 - 8,5) = 93,5;$$

$$t_{\kappa} = 8,5 + \frac{93,5}{8} = 20,2;$$

$$t_{mk} = 70 - \frac{93,3}{4,19} = 47,7.$$

Розрахуємо збільшенням температури повітря до мінус  $13,5^{\circ}C$  ( $\Delta = 5^{\circ}C$ ):

$$Q_1 = 8 \cdot 0,19 \cdot (70 - 13,5) = 85,9;$$

$$t_{\kappa 1} = 13,5 + \frac{85,9}{8} = 24,2 (\Delta = 4^{\circ}C);$$

$$t_{mk 1} = 70 - \frac{85,9}{4,19} = 49,5 (\Delta = 1,8^{\circ}C).$$

Розрахуємо зменшенням температури води до  $65^{\circ}C$  ( $\Delta = -5^{\circ}C$ ):

$$Q_2 = 8 \cdot 0,19 \cdot (65 - 8,5) = 85,9;$$

$$t_{\kappa 2} = 8,5 + \frac{85,9}{8} = 19,2 (\Delta = -1^{\circ}C);$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

**КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ**

Арк.

36

$$t_{mk2} = 65 - \frac{85,9}{4,19} = 44,5 (\Delta = -3,2^\circ C).$$

Розрахуємо коефіцієнти для теплообмінника:

$$K_1 = \frac{4}{5} = 0,8;$$

$$K_2 = \frac{-1}{-5} = 0,2.$$

Постійні для теплообмінника розраховано аналітичним методом.

$$T_1 = 80c;$$

$$T_2 = 100c.$$

### 2.5.3 Розрахунок коефіцієнтів для камери зрошування

Розрахункові ентальпія та температура повітря в холодний період наступні:  $I = -34,6 \text{ кДж/кг}; t = -35^\circ C$ .

Розрахуємо вміст вологи в повітрі.

$$d = \frac{(I - 1,005 \cdot t_{ex}) \cdot 1000}{2500 + 1,8 \cdot t_{ex}}; \quad (2.14)$$

$$d = \frac{(-34,6 - 1,005 \cdot -35) \cdot 1000}{2500 + 1,8 \cdot -35} = \frac{575}{2437} = 0,24 \text{ г/кг}.$$

Якщо розглядати процес на I-d діаграмі (див. рис. 2.2-2.3), то очевидно, що зміна вмісту вологого повітря з навколишнього середовища істотно на вихідні параметри повітря не впливає, що дозволяє ще більше спростити розроблену

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк. 37
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

структурну схему. До того ж графічно можна визначити коефіцієнти передачі по наступних каналах:  $t_{ex} - t_{вих}$  (для малих приростів) та  $t_{ex} - d_{вих}$ .

$$K_t = \frac{0,4}{1} = 0,4;$$

$$K_{dл} = \frac{0,3}{1} = 0,3;$$

$$T_1 = 60c;$$

$$T_2 = 1,7c;$$

$$T_3 = 5c.$$

Також для математичного моделювання можна прийняти припущення, що температура води живлення залишиться константою.

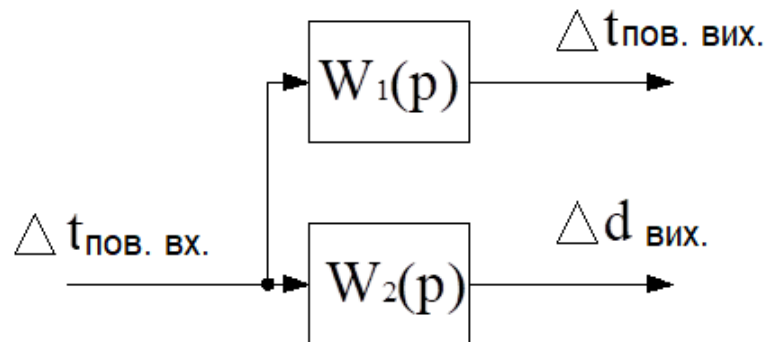


Рисунок 2.13 - Спрощена структурна схема камери зрошування на базових каналах

Канали керування комплексу наступні:

$$S_{\text{клат.рекуп}} - t_{\text{глікол.вих.}};$$

$$S_{\text{клат.1підп}} - d_{\text{пов.прит.}};$$

$$S_{\text{клат.1підп}} - t_{\text{водивих.}};$$

$$S_{\text{клат.2підп}} - t_{\text{пов.прит.}}.$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ

Арк.

38

## 2.6. Висновки до розділу

В другому розділі виконано розроблено структурні схеми для комплексу та виконано необхідні математичні розрахунки. Структурні схеми максимально спрощені, для чого прийнято ряд припущень: не враховується охолоджувальний теплообмінник, тому що він не приймає участі в роботі установки в холодний період року та охолоджувальний теплообмінник рекуператора, тому що конденсація вологи ускладнює отримання передаточного коефіцієнта за температурою (це можна віднести і до охолоджуючого теплообмінника), до того ж цей теплообмінник використовується для вилучення максимуму тепла із повітря, що видаляється, без регулювання.

					<i>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

### 3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

#### 3.1. Визначення локальних контурів регулювання

У другому розділі нами виділено чотири канали керування комплексу:

$$S_{\text{клат.рекуп}} - t_{\text{злікол.вих.}};$$

$$S_{\text{клат.1нідн}} - d_{\text{нов.прит.}};$$

$$S_{\text{клат.1нідн}} - t_{\text{водивих.}};$$

$$S_{\text{клат.2нідн}} - t_{\text{нов.прит.}}$$

У другому каналі (контурі) параметром регулювання є вміст вологи, що також встановлює залежність від температури повітря, тому що вихідним параметром повітря, все ж таки, повинна бути саме відносна вологість. Недоліками регулювання відносної вологості є значна інерційність каналу керування тому, що формування та вимірювання остаточного результату можливе лише на виході установки. Крім того є певна складність математичного опису тому, що відносна вологість все ж таки є комплексним параметром, що залежить від вмісту вологи, температури, тиску повітря, газового складу. Математично ця залежність виглядатиме наступним чином:

$$\varphi = \frac{B \cdot d}{133,3 \cdot 10^{\frac{156+8,12t}{236+t}} \cdot (622 + d)}. \quad (3.1)$$

Однак, у зв'язку з певними технічними труднощами вимірювання вмісту вологи, на практиці контролювання виконується за температурою води в піддоні. Уставка температури визначається за I-d діаграмою вологого повітря, потім виконується певне коригування за показниками датчика відносної вологості.

Також необхідно використовувати системи контролю сигналізації:

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- за наявністю електричної напруги у схемі керування, для захисту від заморожування системи при зникненні електрики;
- за перепадом тиску повітря у фільтрах та за контролем ступеня забрудненості повітряних фільтрів;
- за наявністю води в контурах, для захисту насосів від так званого «сухого ходу»;
- за перепадом тиску на вентиляторах для контролю роботи самих вентиляторів.

### **3.2 Вибір пристрою керування автоматизованим комплексом**

Для керування роботою комплексом ми спинили свій вибір на контролері марки Vision V120-22-RA22 із модулями розширення ІО-РТ4К – 2 шт., ІО-АО6Х – 1 шт., ІО-АІ4-АО2 – 1 шт., який виготовляє фірма Unitronics, тому що контролери даного виробника, не лише позиціонуються як контролери середньої цінової категорії, але і добре зарекомендували себе у застосуванні, досить широко використовуються для керування виробничими процесами.

Загально відомо, що для живлення контролеру із модулями необхідно напругу в 24В постійного струму, і конструкція, що використовується матиме наступну конфігурацію входів-виходів:

- ІО-РТ4К (2 шт.) – 8 аналогових входів для перетворювачів опору типу РТ1000;
- ІО-АІ4-АО2 – 4 аналогові входи для уніфікованих сигналів (в діапазонах 0-20мА, 4-20мА, 0-10В), 2 аналогових виходи уніфікованих сигналів (в діапазонах 0-20мА, 4-20мА, 0-10В);
- ІО-АО6Х – 6 ізольованих аналогових виходів для уніфікованих сигналів (в діапазонах 0-20мА, 4-20мА, 0-10В);
- V120-22-RA22 – 12 дискретних входів (pnp), 8 релейних виходів, 2 аналогових входи для уніфікованих сигналів напруги та струму (в діапазонах 0-

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк. 41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

20мА, 4-20мА, 0-10В), 2 входи для перетворювачів опору типу РТ100, 2 уніфікованих аналогових виходу для сигналів напруги та струму (0-10В, 4-20мА), також оснащений інтерфейсами типу RS232/485.

На рисунку 3.1 представлено загальний вигляд контролера.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд контролеру V120

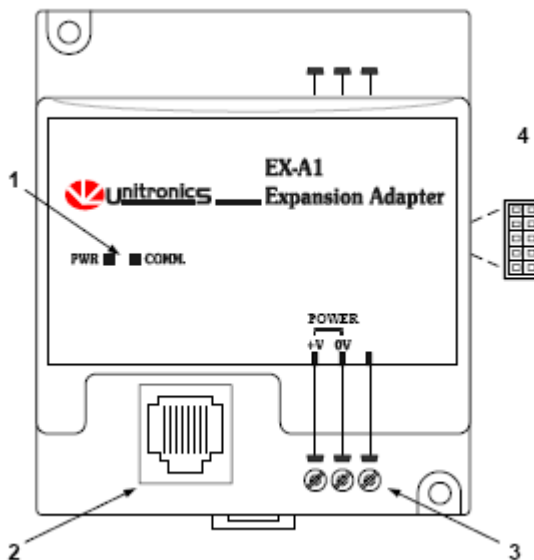


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд модулю розширення, що використовується для підключення до контролера додаткових модулів входів-виходів: 1 – індикатор статусу; 2 – порт під'єднання контролера; 3 – клеми для підключення живлення; 4 – роз'єм для підключення модулів входів-виходів

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ

Арк.  
42

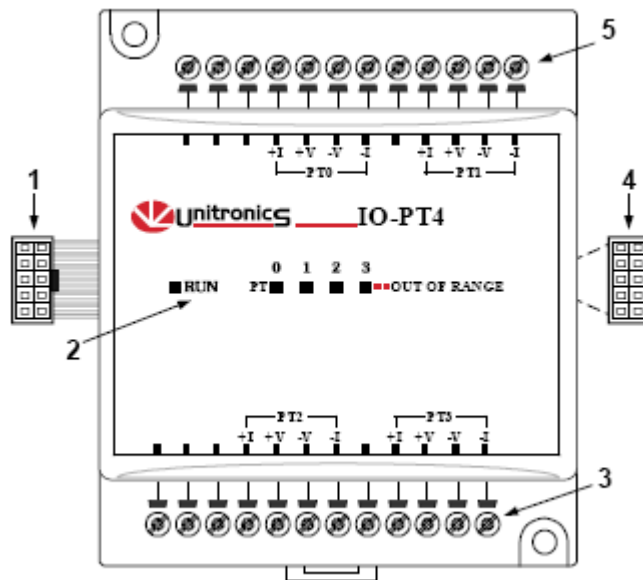


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд модуля входів/виходів типу ІО-РТ4К: 1 та 4 – роз’єми підключення модулів розширення; 2 – індикатори статусу; 3 – клеми підключення перетворювачів опору

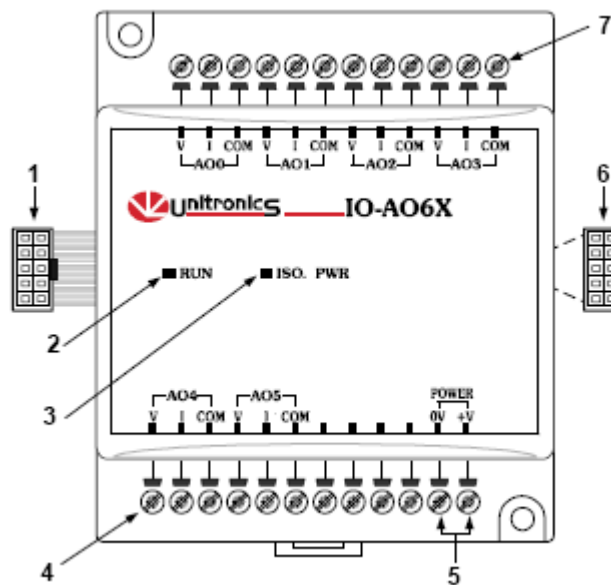


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд модуля входів/виходів типу ІО-АО6Х: 1 та 6 – роз’єми підключення модулів розширення; 2 – індикатор статусу мережі; 3 – індикатор живлення на виходах; 4 та 7 - клеми аналогових виходів; 5 – клеми підключення живлення

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ

Арк.  
43

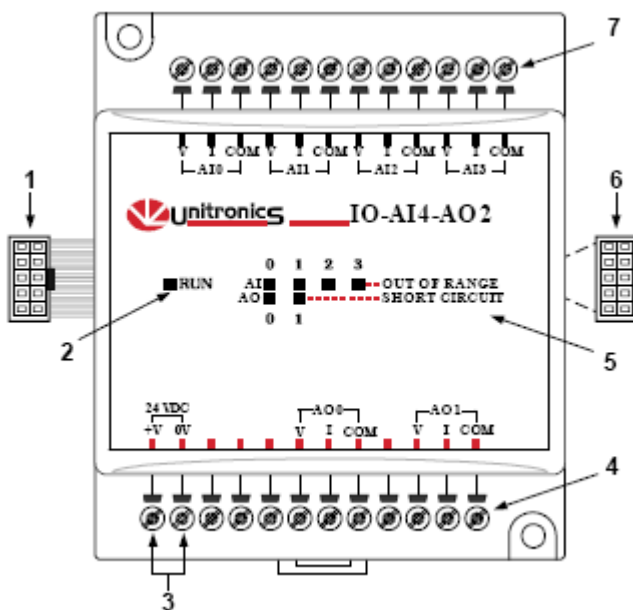


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд модуля розширення типу IO-AI4-AO2: 1 та 6 – роз’єми підключення модулів розширення; 2 – індикатор мережі; 3 – клеми підключення живлення; 4 – клеми для підключення аналогових виходів; 5 – індикатори статусу входів-виходів; 7 – клеми для підключення аналогових входів

Загально відомо, що модулі розширення підключаються послідовно, приклад підключення наведено на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Приклад підключення модулів розширення до контролера

Встановлення контролера можливе не тільки на DIN-рейку (рис. 3.7, 3.8), але і на лицьову панель шафи автоматики (рис. 3.9, 3.10).

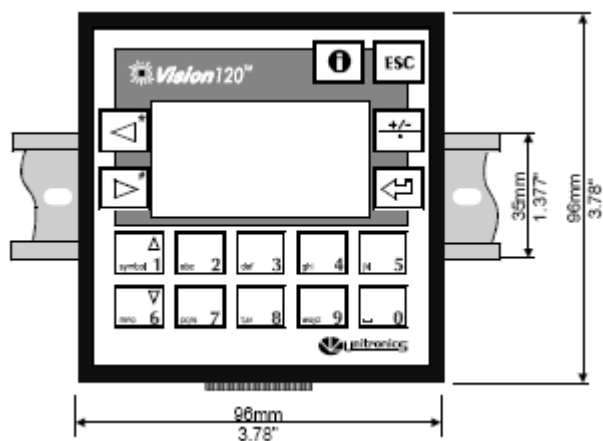


Рисунок 3.7 – Встановлення контролера на DIN-рейку, вигляд спереду

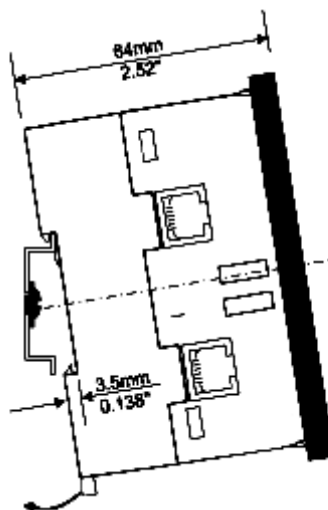


Рисунок 3.8 - Встановлення контролера на DIN-рейку, вигляд збоку

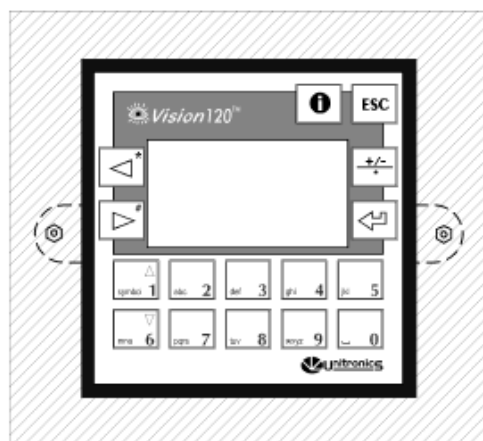


Рисунок 3.9 - Встановлення контролера на лицьову панель шафи автоматики, вигляд спереду

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

**КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ**

Арк.  
45

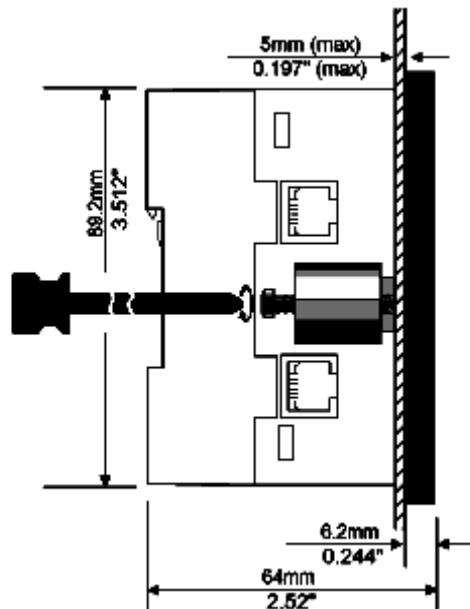


Рисунок 3.10 - Встановлення контролера на лицьову панель шафи автоматики, вигляд збоку

Програмування контролера на комп'ютері виконується у програмному середовищі VisionLogic. Відомо, що VisionLogic має 3 різні редактори для цього:

- редактор дисплеїв (редактор людинно-машинного інтерфейсу, HMI);
- редактор Ladder (редактор багатоланкових схем, релейні-контактні схеми);
- редактор змінних (редактор HMI).

Кожен із цих редакторів має своє власне вікно для програмування контролерів.

### 3.3. Підбір необхідної апаратури для автоматизації комплексу.

#### 3.3.1 Підбір датчиків для комплексу

Підберемо датчики для вимірювання необхідних величин:

- для температури повітря – датчик каналний температурний фірми REGIN TG–KH/PT1000;
- для вимірювання температури води у піддоні – датчик температури із

зануренням, Systemair TG-KH/PT1000 Duct sensor;

- для температури води або гліколю на виході із теплообмінників – датчик накладний температурний фірми REGIN TG-A1/PT1000;

- для вимірювання перепаду тиску повітря - реле перепаду тиску для повітря, серія DPS. 50...500 Па, релейний вихід (SPDT), 250В, 1,5(0,4)А, температура середовища від мінус 20...85 °С, захист IP54;

- для температури зовнішнього повітря - датчик фірми TG-R3/PT1000.

### **3.3.2 Підбір виконавчих механізмів для комплексу**

Для керування клапанами регулювання використаємо електричний привід фірми SIEMENS марка SQX 62. Напряга живлення змінного струму 24 В. Керуючий сигнал в діапазоні від 0 до 10 В постійного струму. Привід оснащений вбудованим потенціометричним датчиком для відслідковування положення штока, із вихідним сигналом в діапазоні від 0 до 10 В постійного струму.

Для керування повітряною заслінкою використаємо електричний привід з кінцевими датчиками положення заслінки із пружинним поверненням SIEMENS GQD321.1A. Такі датчики призначені для керування повітряними заслінками площею до 0,3 м<sup>2</sup>, (залежно від тертя) у системах вентиляції та кондиціонування. У разі відключення напруги, зворотна пружина автоматично переводить заслінку в аварійне положення. Обертання валу можливе як за годинниковою так і проти годинникової стрілки, залежно від положення приводу відносно штока заслінки. У комплект поставки включено кабель довжиною 0,9 м. Номінальний крутний момент 2 Нм. Робоча напруга змінна 230 В, споживана потужність при частоті в 50 Гц 10 ВА або 4,5 Вт. Номінальний/мах кут повороту 90°/95°±2°. Час повороту на 90° 30 сек., час спрацьовування поворотної пружини 15 сек. Ступінь захисту IP40 по EN 60529.

### **3.3.3 Підбір шафи для монтування автоматики комплексу**

Для розташування обладнання для автоматизації роботи комплексу та

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		47

пуско-регулюючої апаратури використаємо шафу із нержавіючої сталі Atlantik RAL 7035 із наступними характеристиками - габаритні розміри 1400x800x400 мм, дві вертикальні монтажні стійки та рейки Lina 25 для встановлення обладнання.

### 3.3.4 Розрахунок надійності автоматичної системи

Одним із головних параметрів системи автоматичного керування (САК) є надійність її роботи.

Відомо, що під надійністю САК розуміється її здатність виконувати задану програму без відмов, у необхідних режимах та умовах, протягом необхідного часу та витримка базових характеристик (точності, стійкості тощо).

При виконанні інженерних розрахунків по надійності систем використовують наступні показниками надійності:

- імовірність відмови системи - імовірність того, що в САК настане хоча б одна відмова при дотриманні певних режимів та умов використання, протягом заданого інтервалу часу  $t$ ;

- можливість безвідмовної роботи виробу чи САК -  $P(t)$ . Це імовірність того, що САК при певних режимах та умовах експлуатації протягом періоду часу жодного разу не вийде з ладу (не відбудеться жодної відмови);

- інтенсивність відмови елементів або САК в цілому (виробів);

- середній час безвідмовної роботи САК  $T_c$  – це математично очікуваний проміжок часу безвідмовної роботи виробу або САК до настання першої відмови;

- напрацювання на відмову,  $T_0$  - середнє значення напрацювання на відмову САК між двома відмовами, при цьому вважається, що елементи САК та вся САК, відновлюються.

При розрахунку показників надійності використовують, зазвичай, так зване поняття структурної надійності.

Як відомо під структурною надійністю САК розуміють саме результуючу

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

надійність елементів, з яким утворено САК.

Величина такої надійності, що оцінюється вище наведеними числовими показниками надійності (або одним з них), залежить від способу з'єднання елементів САК: послідовне, паралельне чи змішане.

При експонентному законі розподілу відмов, імовірність безвідмовної роботи САК може бути прийнята розрахувати за наступною формулою:

$$P_c(t) = e^{-\lambda t}, \quad (3.2)$$

де  $t$  - час оцінювання імовірність безвідмовної роботи;  $\lambda$  - сумарна інтенсивність відмов елементів САК.

Відомо, що імовірність безвідмовної роботи САК за період часу  $t$  визначається добутком імовірності безвідмовної роботи її елементів при їх послідовному з'єднанні, тобто:

$$P_c(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_i(t) = \prod P_i(t). \quad (3.3)$$

Підставивши (5.2) в (5.3) отримаємо:

$$P_c(t) = e^{-83,4 \cdot 10 \cdot 2000} = 1 - 0,197 = 0,803.$$

Розрахуємо час наробики на відмову згідно наступної формули:

$$T_c = \frac{1}{\lambda}; \quad (3.4)$$

$$T_c = \frac{1}{83,4 \cdot 10^{-6}} = 11990.$$

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Відповідно ми порахували для проєктованої САК два основні кількісні показники  $Pc(t) = 0,803$  та  $Tc = 11990$  годин, такі показники є достатнім для промислових САК.

### 3.3.5 Моделювання автоматичної системи регулювання

Для моделювання використаємо контур стабілізації температури повітря. Структура контуру змодельована в програмному середовищі MATLAB наведено на рисунку 3.11.

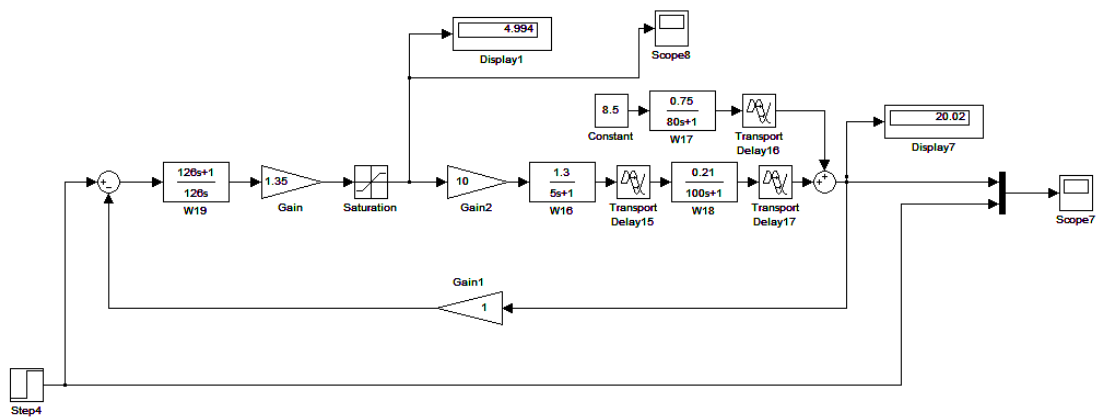


Рисунок 3.11 - Структура контуру змодельована в програмному середовищі MATLAB

Передаточна функція об'єкта керування, включаючи клапан, матиме наступний вигляд:

$$W_0 = \frac{k_1 \cdot k_2}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)} = \frac{1,3 \cdot 0,21}{(5 \cdot p + 1) \cdot (100 \cdot p + 1)}. \quad (3.5)$$

Передаточна функція ПІ-регулятора матиме вигляд:

$$W_0 = k_p \frac{(T_u \cdot p + 1)}{T_u \cdot p}. \quad (3.6)$$

Тепер розрахуємо параметри регулятора.

$$k_p = \frac{(T_1 + T_2)}{k_0 \cdot \tau}; \quad (3.7)$$

$$k_p = \frac{(5 + 100)}{0,273 \cdot 10} = 38,5;$$

$$T_u = T_1 + T_2; \quad (3.8)$$

$$T_u = 5 + 100 = 105.$$

Перехідні характеристики контуру стабілізації температури повітря по каналах збурення та завдання представлено на рисунках 3.12 та 3.13.

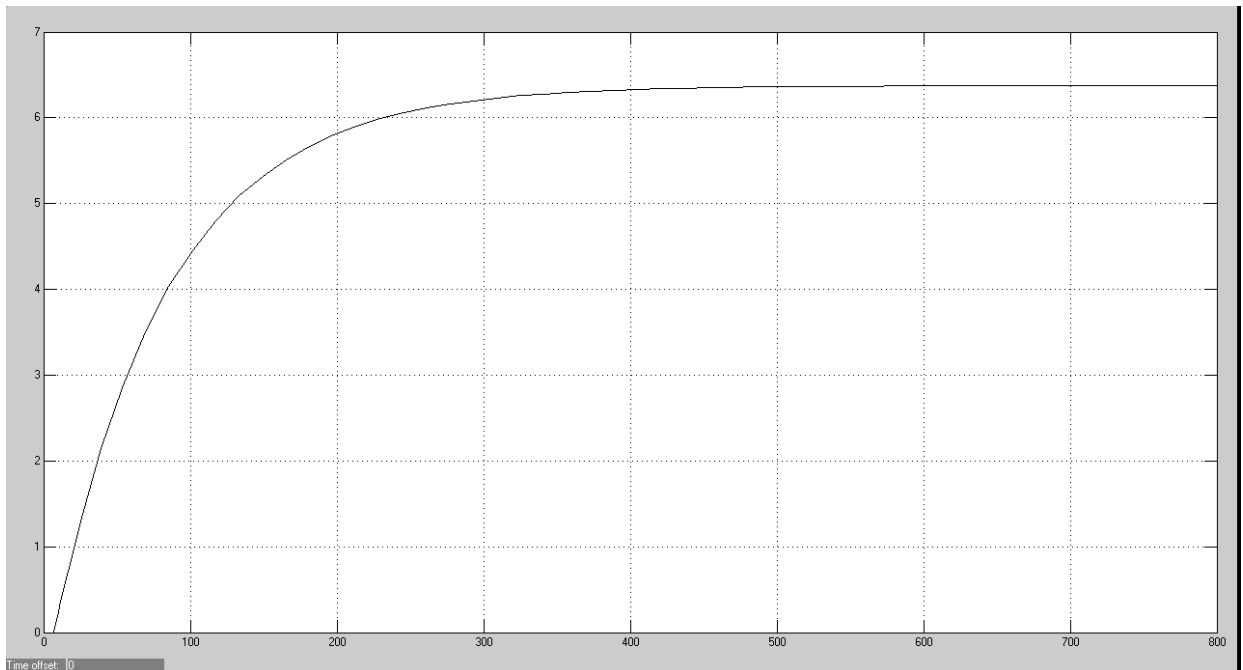


Рисунок 3.12 - Перехідна характеристика контуру стабілізації температури повітря по каналу збурення

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ

Арк.

51

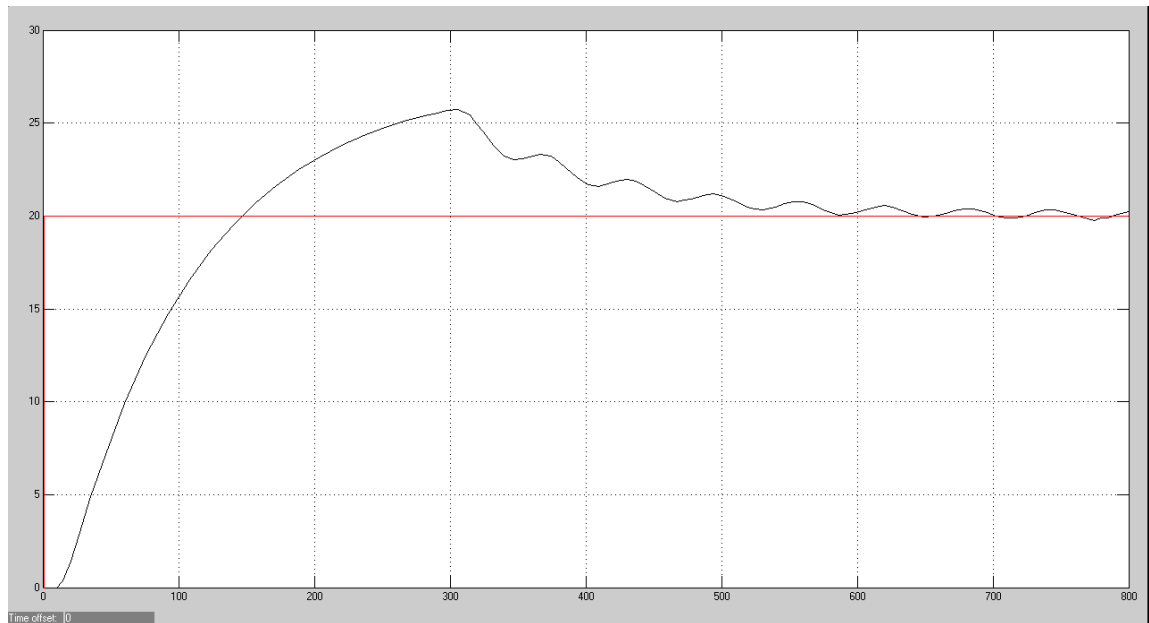


Рисунок 3.13 - Перехідна характеристика контуру стабілізації температури повітря по каналу завдання

З графічних залежностей видно, що перехідний процес має значні коливання, тому для оптимізації використаємо, так звані поправочні коефіцієнти:

$$k_p = k_p \cdot 0,35 = 38,5 \cdot 0,35 = 13,5; \quad (3.9)$$

$$T_u = T_u \cdot 1,2 = 105 \cdot 1,2 = 126 \quad (3.10)$$

На рисунках 3.14 та 3.15 наведено перехідні характеристики із оптимізованими коефіцієнтами.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

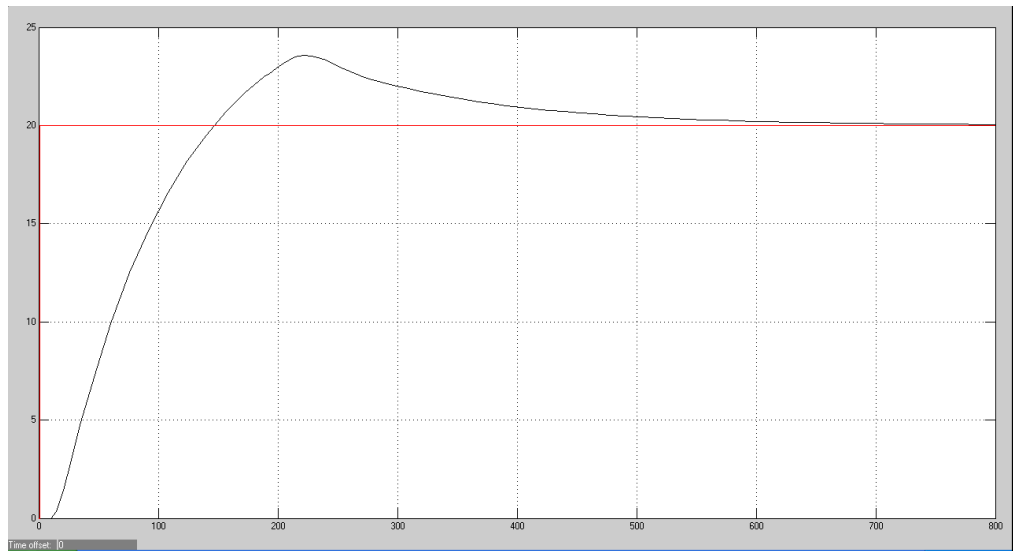


Рисунок 3.14 - Перехідна характеристика за каналом завдання із використаними поправочними коефіцієнтами

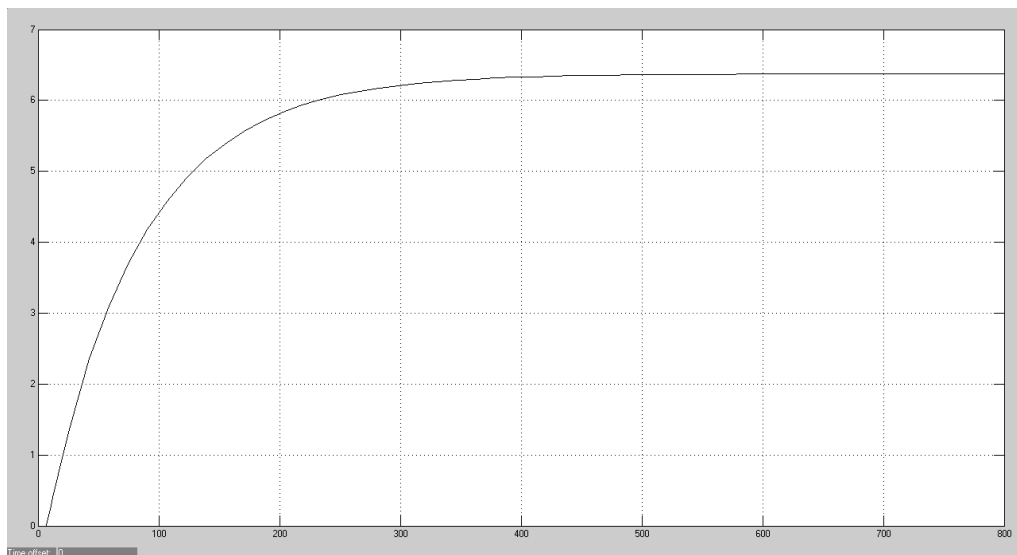


Рисунок 3.15 - Перехідна характеристика по каналу збурення із застосованими поправочними коефіцієнтами

Перехідна характеристика контуру стабілізації температури повітря по каналу збурення має таку форму, тому що в конструкцію регулятора входить ланка, яка працює як обмежувач вихідного сигналу регулятора в діапазоні від 0 до 10 В постійного струму. Також в конструкції регулятора є електричний привід клапана, передаточна функція якого заміщується підсилювальною без інерційною ланкою із передаточним коефіцієнтом 10.

На рисунку 3.16 наведено графічну залежність вихідного сигналу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

**КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ**

Арк.

53

регулятора під час перехідного процесу.

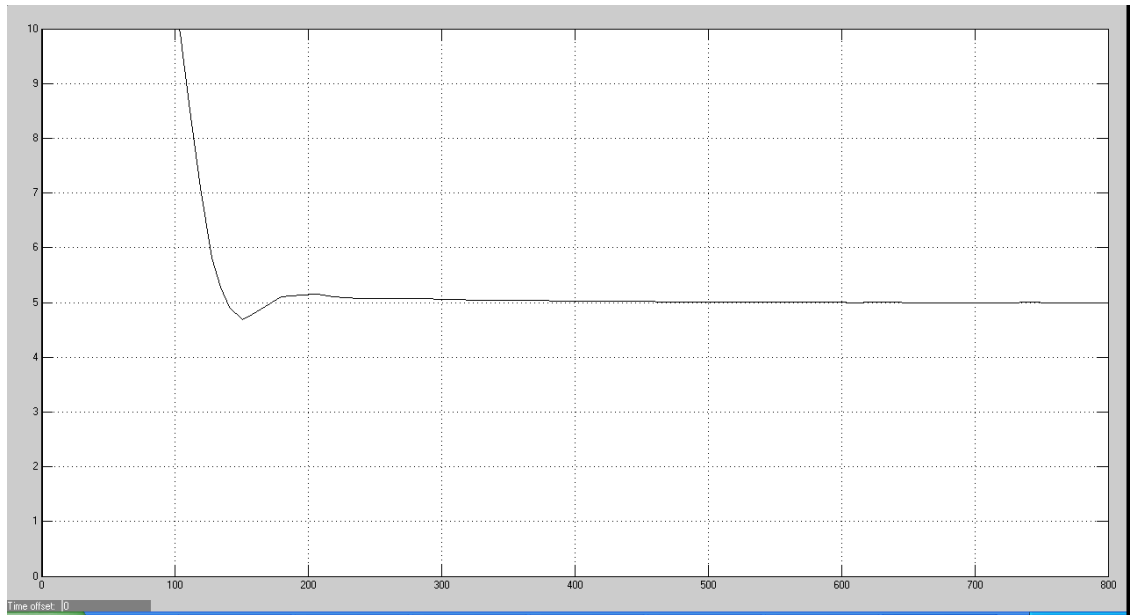


Рисунок 3.16 – Графічна залежність вихідного сигналу регулятора під час перехідного процесу

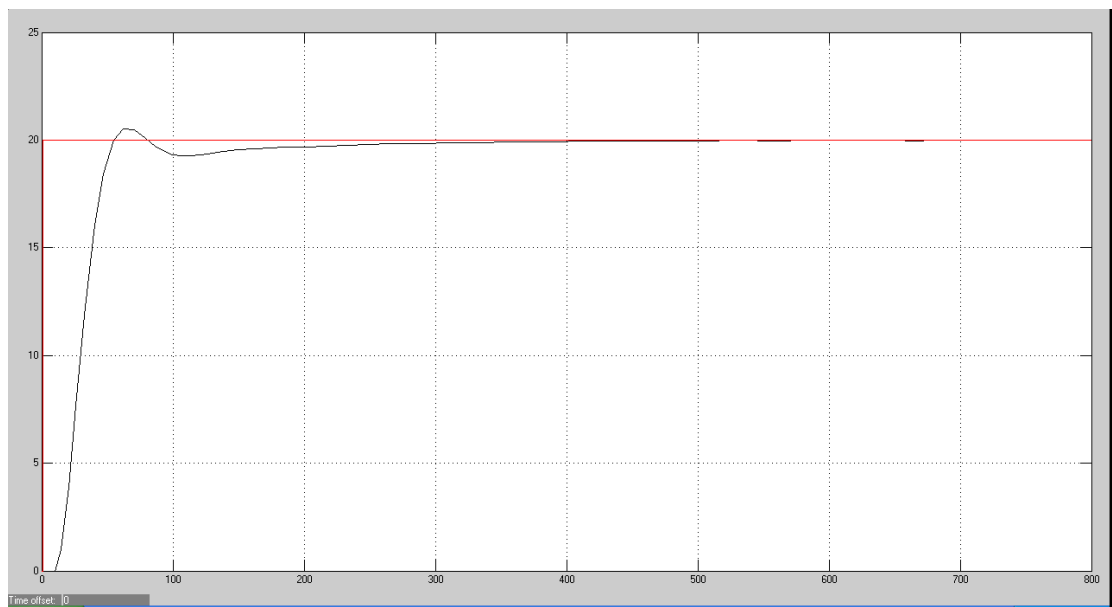


Рисунок 3.17 - Перехідна характеристика контуру стабілізації температури повітря по каналу завдання без обмеження вихідного сигналу регулятора

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ

Арк.

54

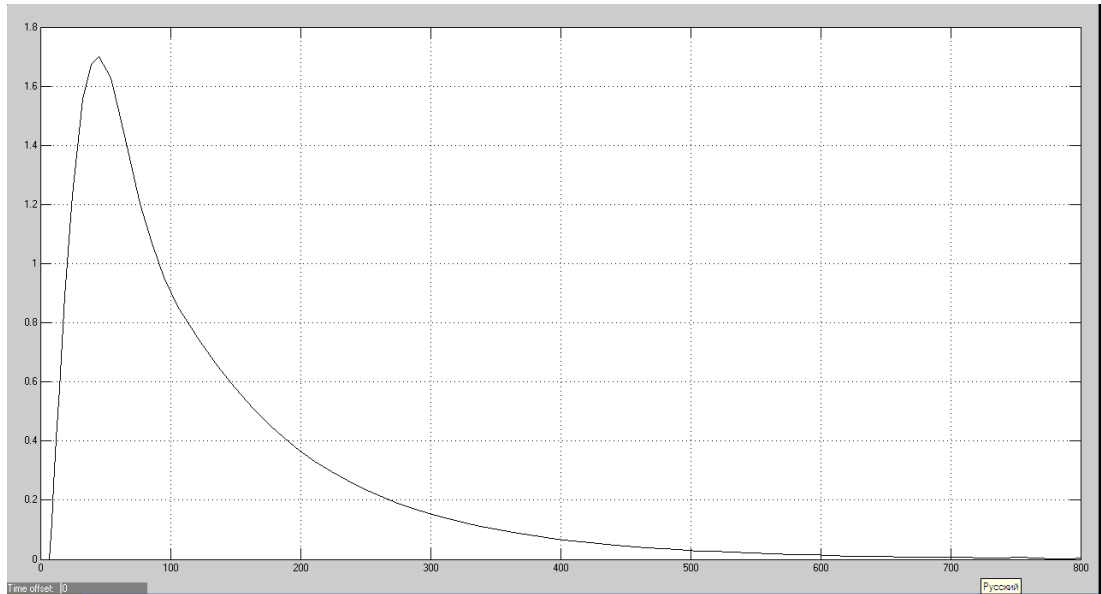


Рисунок 3.18 - Перехідна характеристика контуру стабілізації температури повітря по каналу збурення без обмеження вихідного сигналу регулятора

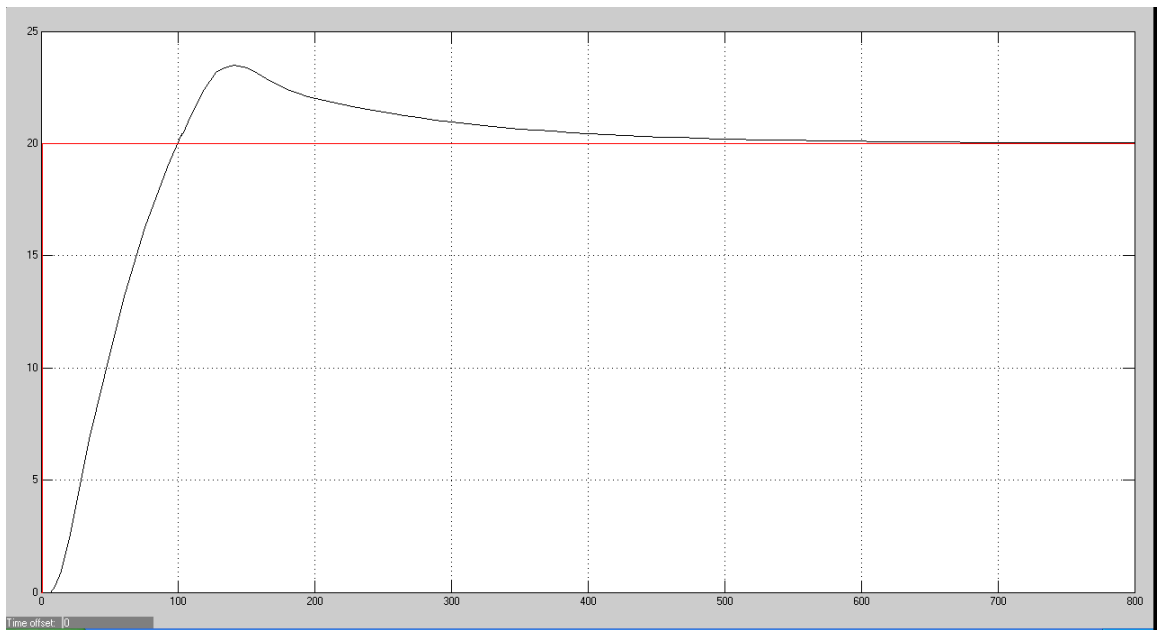


Рисунок 3.19 - Перехідна характеристика контуру стабілізації температури повітря

### 3.3.6 Програмування контролеру Vision V120-22-RA22

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ

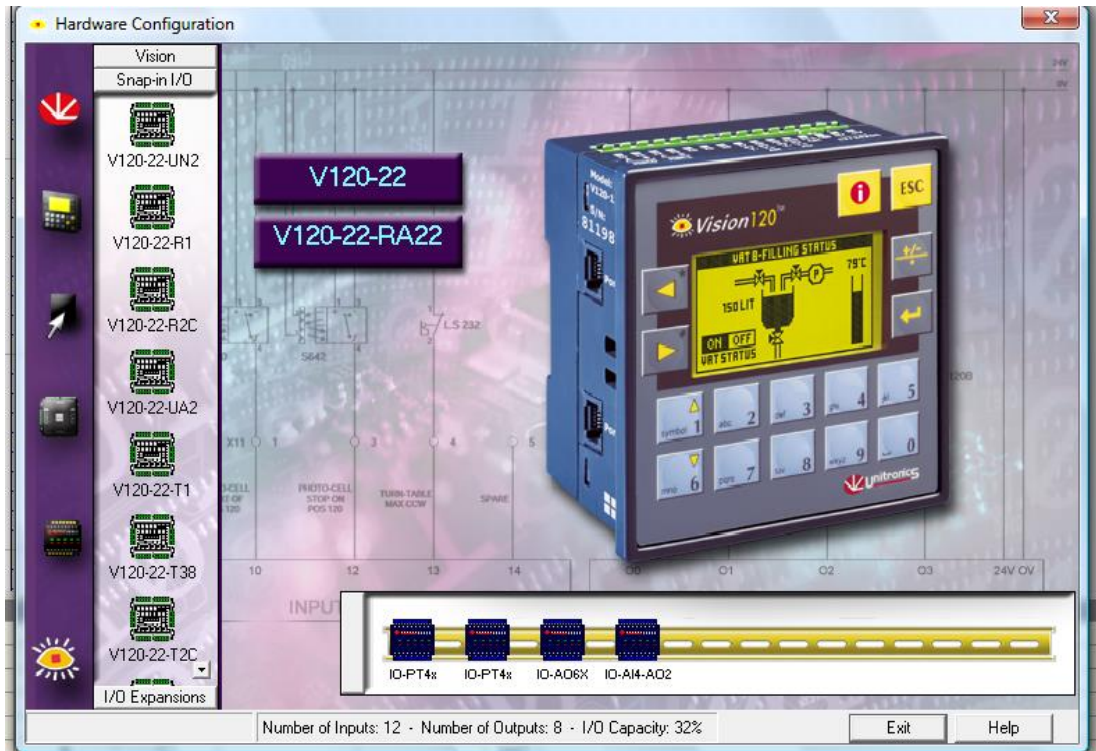


Рисунок 3.20 – Налаштування модулів Vision V120-22-RA22

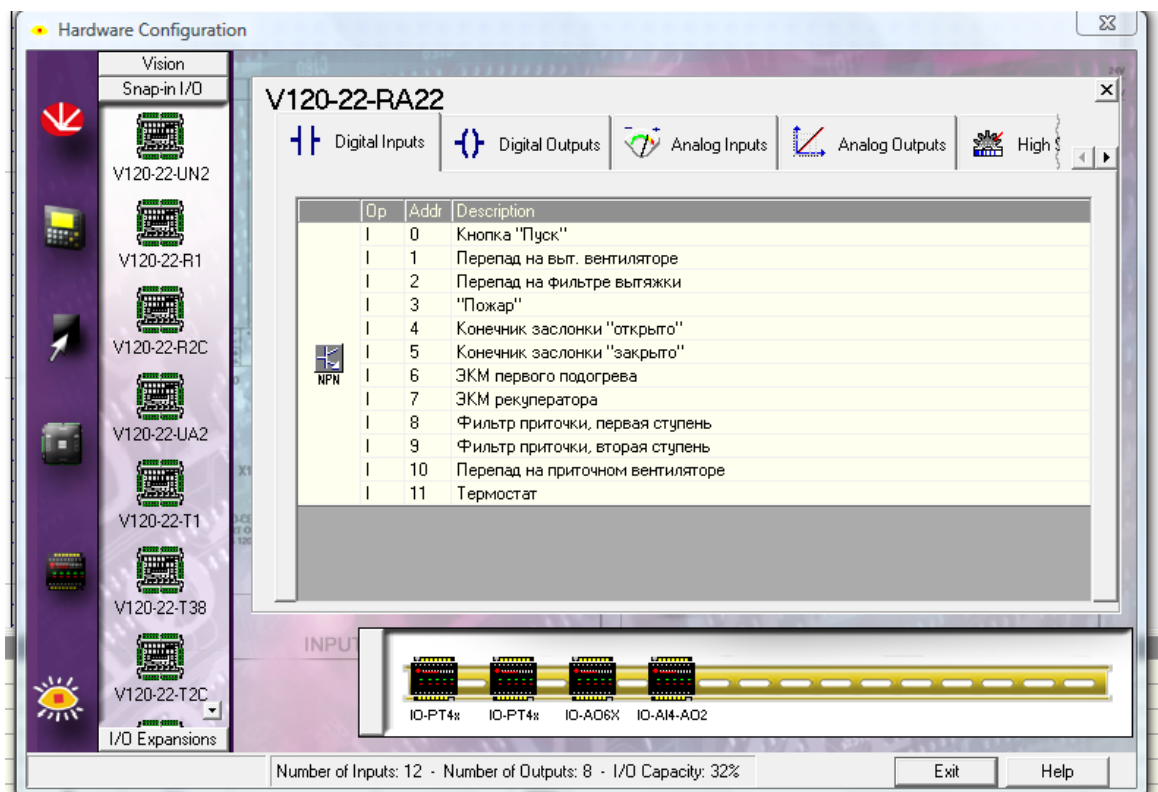


Рисунок 3.21 – Налаштування дискретних входів контролеру Vision V120-22-RA22

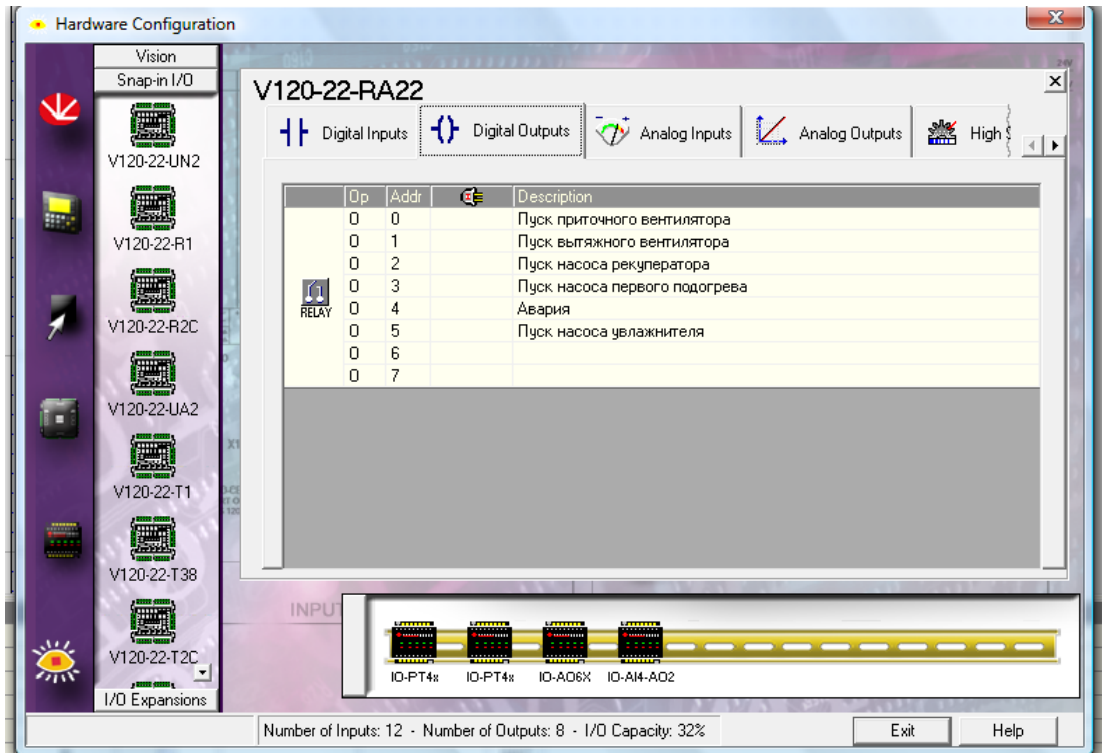


Рисунок 3.22 – Налаштування дискретних виходів контролеру Vision V120-22-RA22

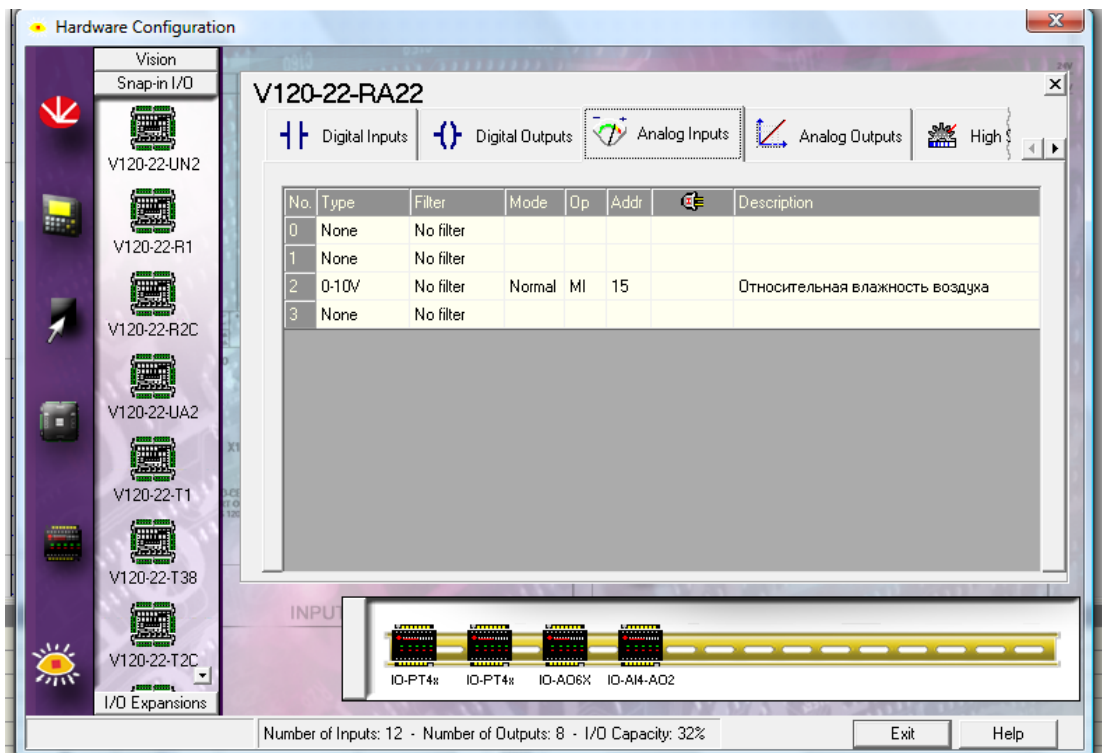


Рисунок 3.23 – Налаштування аналогових входів контролеру Vision V120-22-RA22

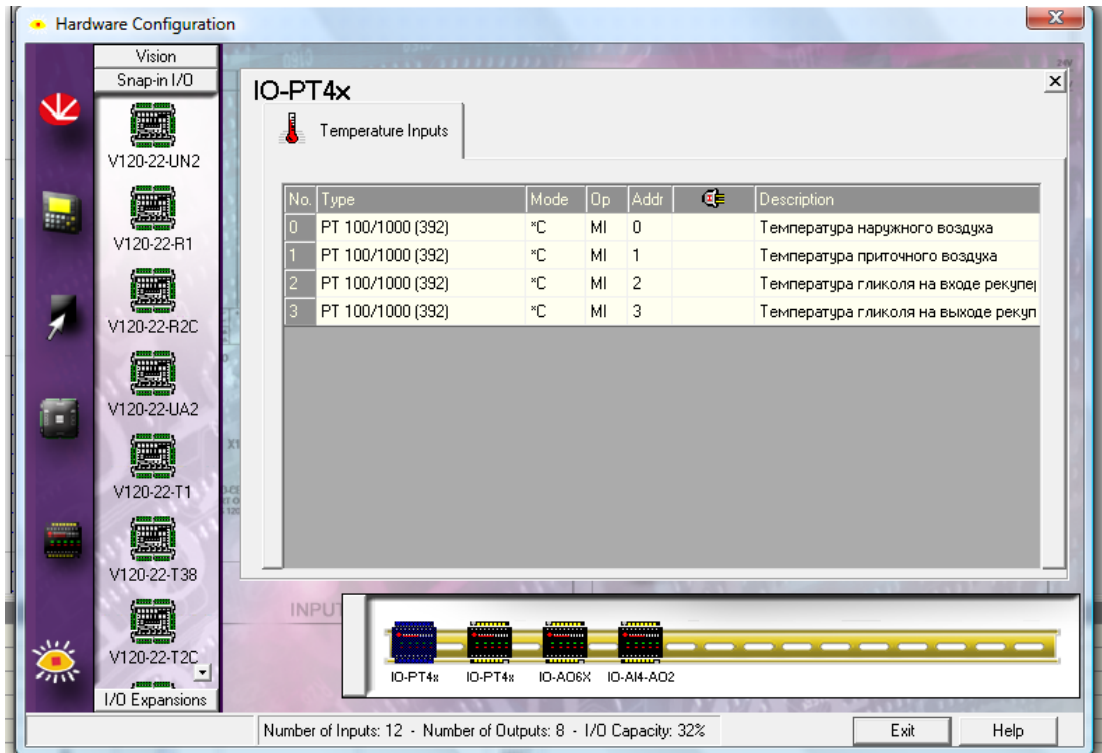


Рисунок 3.24 – Налаштування входів блоку D2 контролеру Vision V120-22-RA22

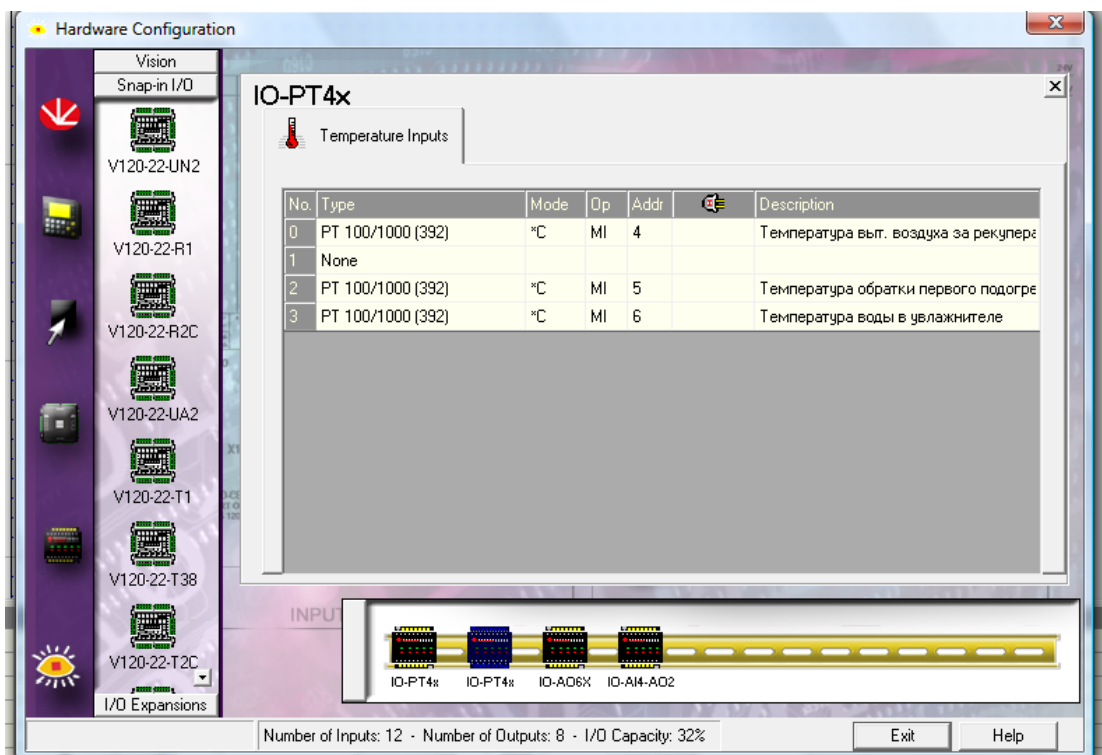


Рисунок 3.24 – Налаштування входів блоку D3 контролеру Vision V120-22-RA22

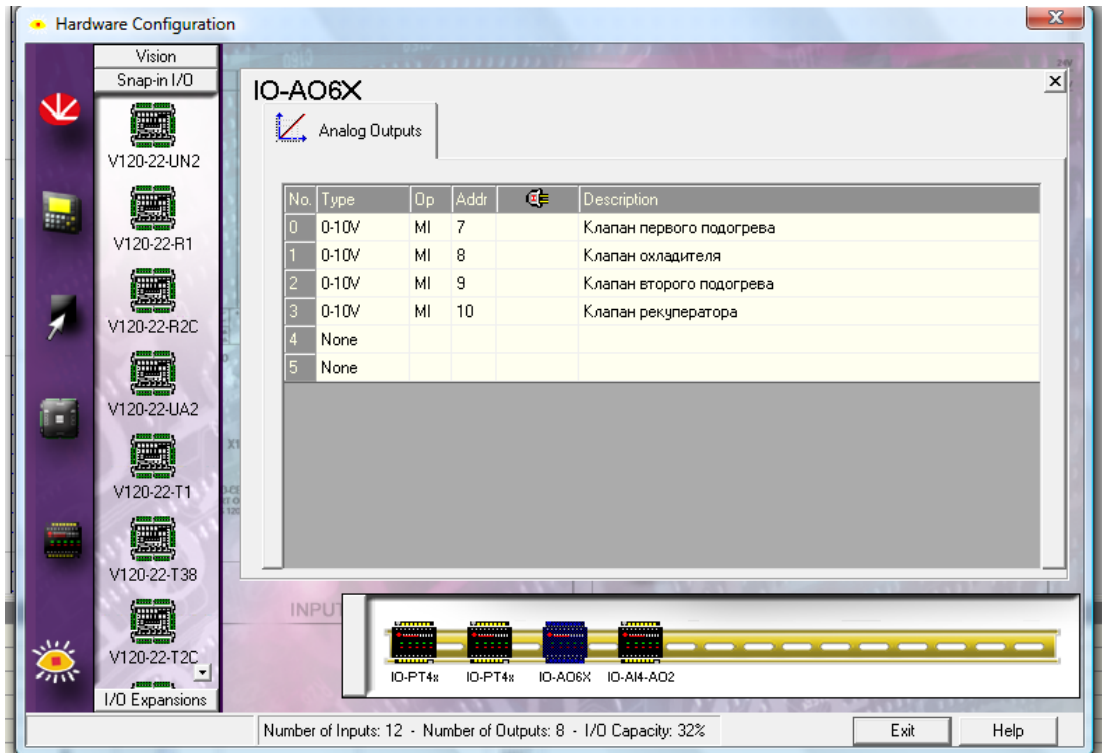


Рисунок 3.25 – Налаштування входів блоку D4 контролеру Vision V120-22-RA22

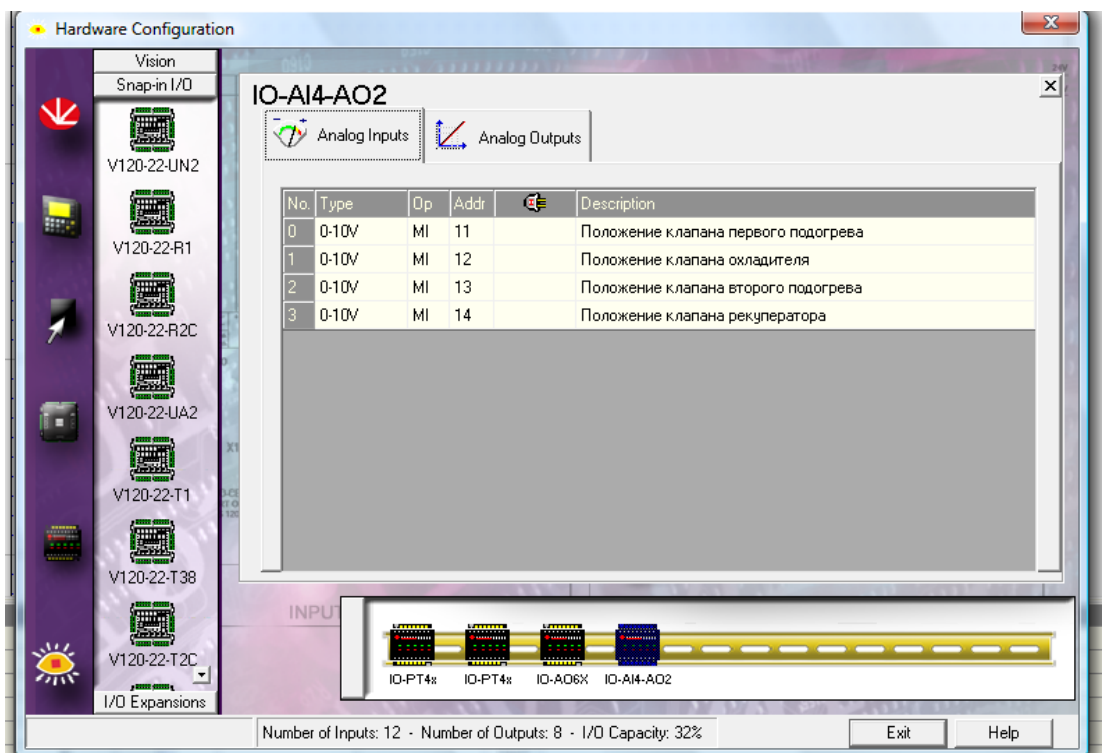


Рисунок 3.26 – Налаштування входів блоку D5 контролеру Vision V120-22-RA22

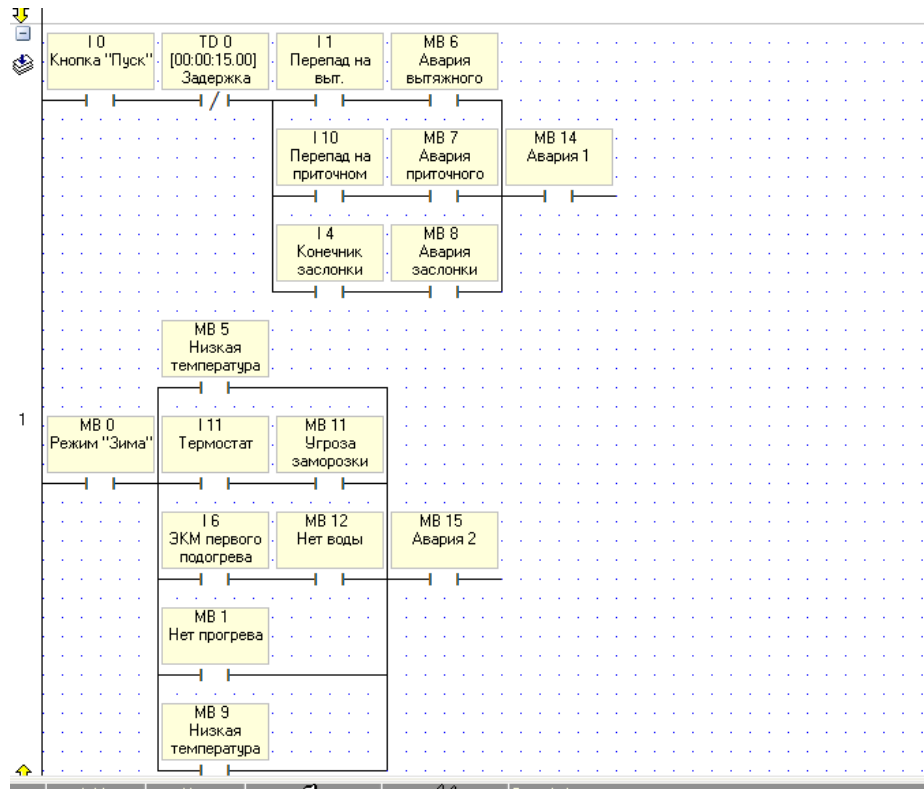


Рисунок 3.27 – Налаштування програмного блоку «Надзвичайна подія 1,2»

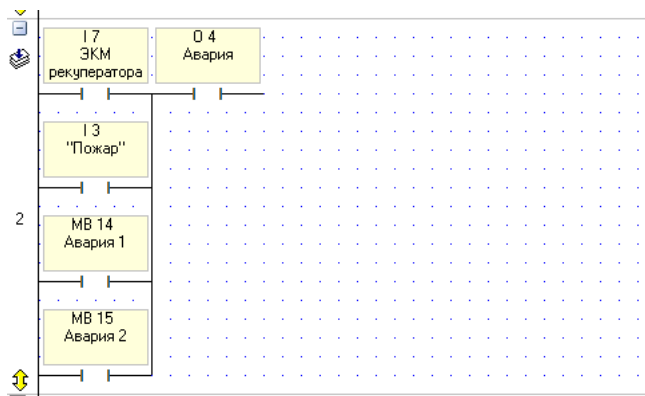


Рисунок 3.28 – Налаштування програмного блоку «Загальна аварія»

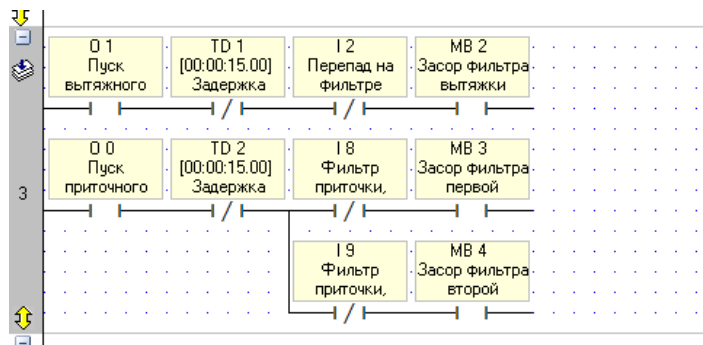


Рисунок 3.29 – Налаштування програмного блоку «Некритична аварія»  
(аварія фільтрів)

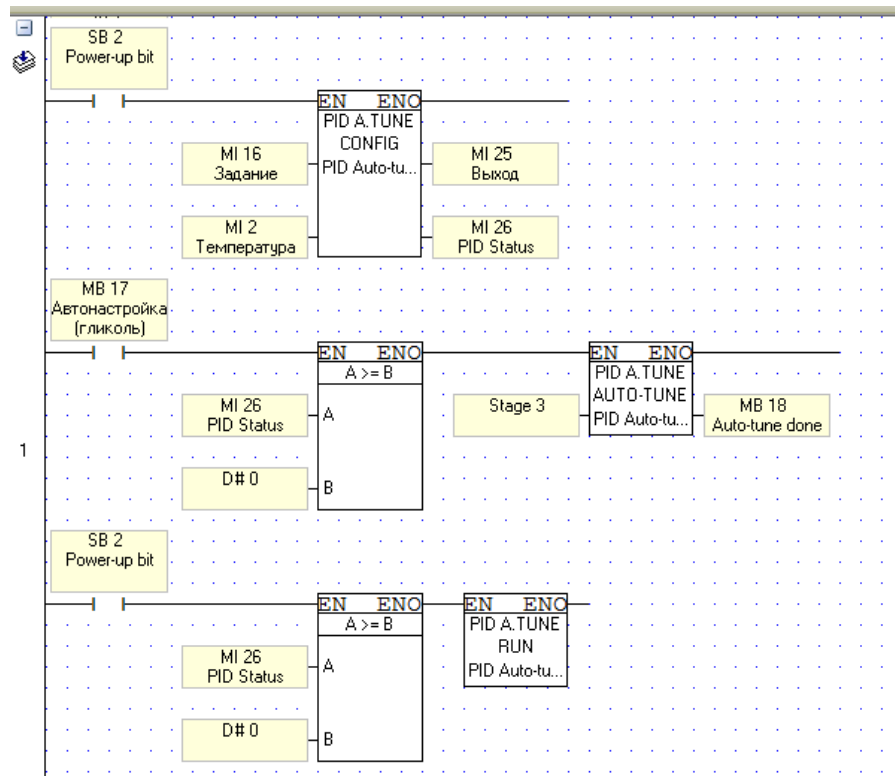


Рисунок 3.30 – Налаштування блоку регулювання температури гліколю

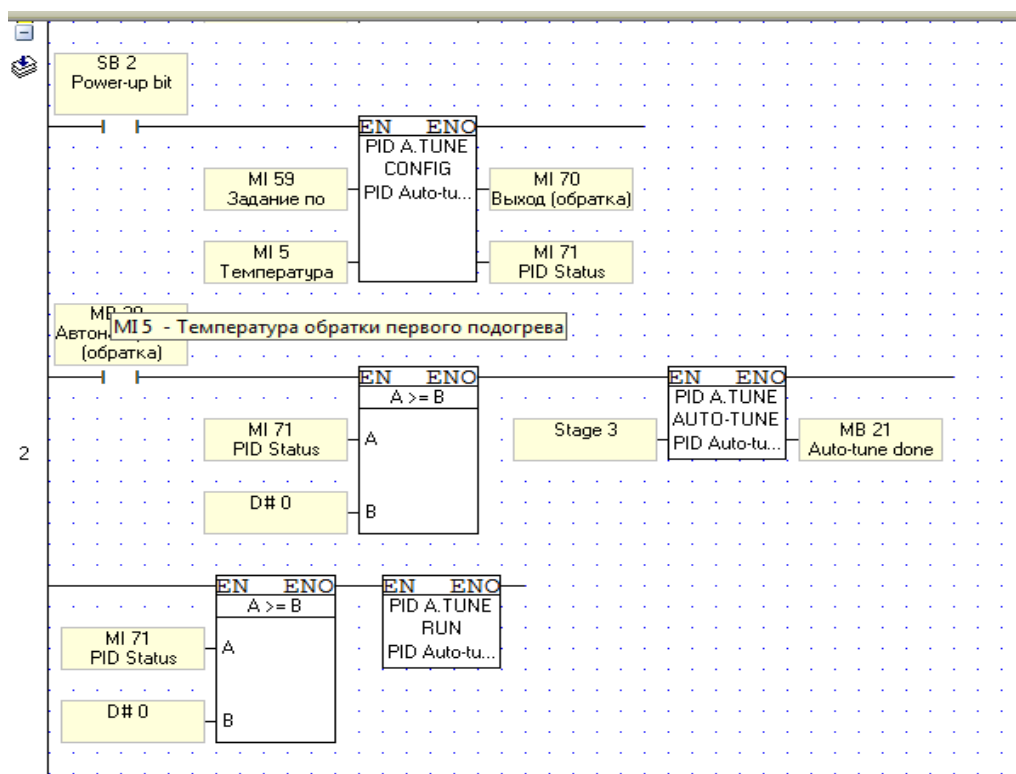


Рисунок 3.31 – Налаштування блоку регулювання температури «зворотної» води першого підігріву

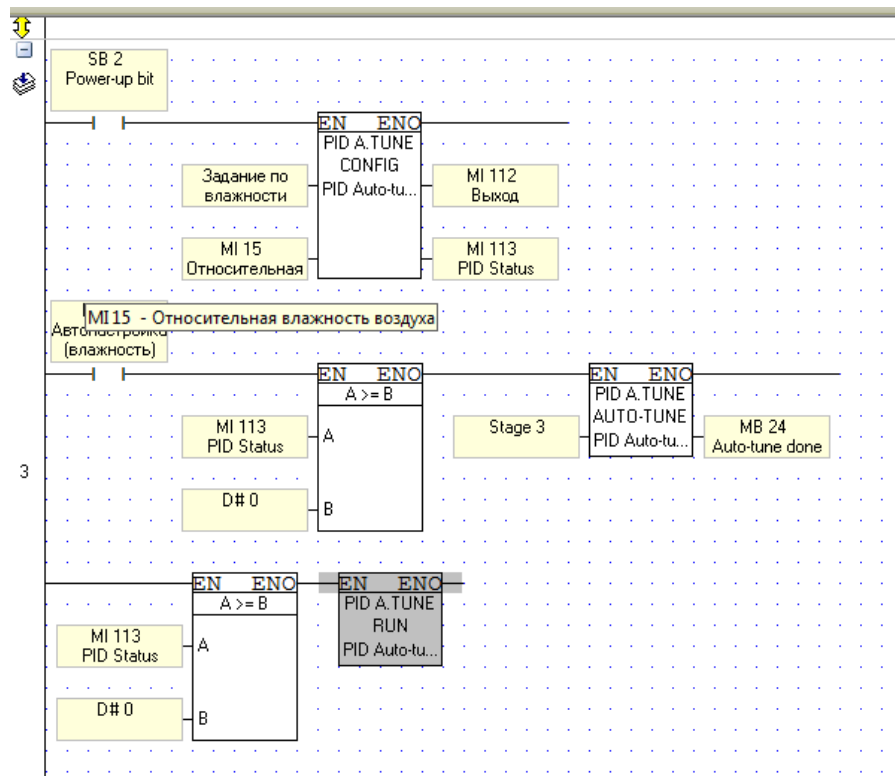


Рисунок 3.32 – Налаштування блоку регулювання відносної вологості повітря

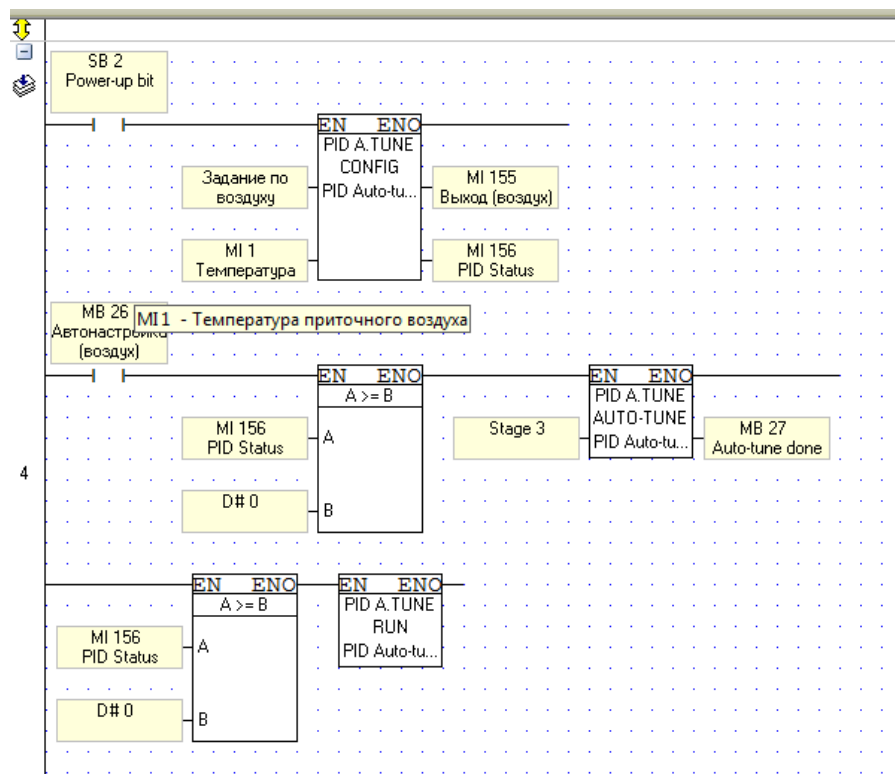


Рисунок 3.33 – Налаштування блоку регулювання температури припливного повітря

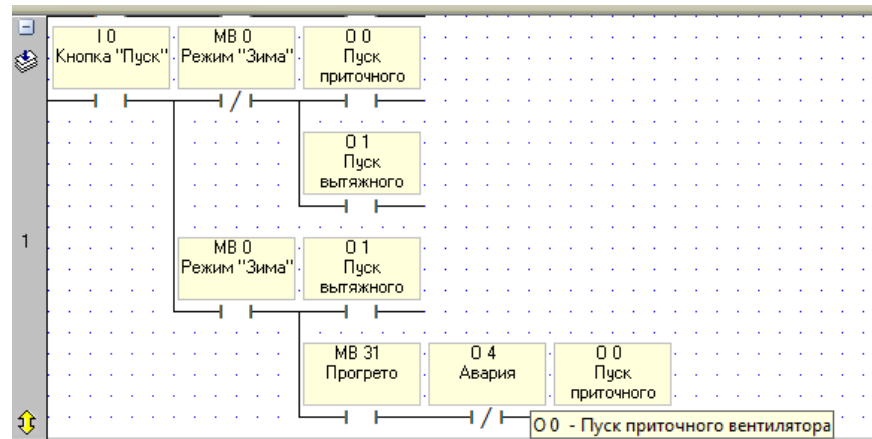


Рисунок 3.34 – Налаштування блоку загальний запуск комплексу

### 3.4 Висновки до розділу

В результаті було спроектовано загальну схему автоматизації комплексу та використано сучасні засоби автоматизації.

Для локальної САК підібрано базові елементи такі, як:

- датчик;
- виконавчий пристрій;
- контролер із блоками вводу-виводу.

Проведений розрахунок надійності САК показав, що можливість безвідмовної роботи САК протягом року  $P(t) = 85\%$ , це достатній показник як для САК, що працюють на виробництвах та промисловості.

## ВИСНОВКИ

Після проведеного огляду та аналізу зрозуміло, що процес кондиціонування повітря перетвориться в перевід безлічі параметрів повітря з навколишнього середовища (багатокутник  $abcdef$ ) до безлічі параметрів припливного повітря (багатокутник  $P_1P_2P_3P_4$ ).

Технічне вирішення цього переведення може бути зображена різними структурними схемами СВКП: наприклад, прямоочної, або із рекуперацією тепла або із рециркуляцією повітря.

В другому розділі розроблено структурні схеми для комплексу та виконано необхідні математичні розрахунки. Структурні схеми максимально спрощені, для чого прийнято ряд припущень: не враховується охолоджувальний теплообмінник, тому що він не приймає участі в роботі установки в холодний період року та охолоджувальний теплообмінник рекуператора, тому що конденсація вологи ускладнює отримання передаточного коефіцієнта за температурою (це можна віднести і до охолоджуючого теплообмінника), до того ж цей теплообмінник використовується для вилучення максимуму тепла із повітря, що видаляється, без регулювання.

Математичне та комп'ютерне моделювання автоматичного комплексу показало, що практично по всіх каналах об'єкт керування має певні запізнення, і досить значні величини постійної часу. Це пояснюється наявністю великої інерційності в таких каналах зв'язку. В якості основного каналу у роботі розглядався канал «стабілізації температури припливного повітря за допомогою зміни підмішування гарячої води в контур теплопостачання теплообмінника для другого підігріву з використанням регульовального клапана». Аналіз запропонованої одноконтурної САК показав достатньо високі якісні показники: як по каналу збурюючого впливу так і по каналу завдання.

В результаті було спроектовано загальну схему автоматизації комплексу та використано сучасні засоби автоматизації.

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Для локальної САК підбрано базові елементи такі, як:

- датчик;
- виконавчий пристрій;
- контролер із блоками вводу-виводу.

Проведений розрахунок надійності САК показав, що можливість безвідмовної роботи САК протягом року  $P(t) = 85\%$ , це достатній показник як для САК, що працюють на виробництвах та промисловості.

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Датчик температури каналний зі сполучною головкою TG-KH/PT1000 – Режим доступу до інформації: <https://atmic.ua/uk/datchiki/datchiki-temperature/datchik-temperaturi-kanalnii-z-spoluchnoyu-golovkoyu-tg-khpt1000>
2. Датчик температури накладний TG-A1/PT1000 - Режим доступу до інформації: <https://atmic.ua/uk/datchiki/datchiki-temperature/datchik-temperaturi-nakladnii-tg-a1pt1000>
3. Systemair TG-KH/PT1000 Duct sensor Датчик температури - Режим доступу до інформації: <https://ventilator.ua/ua/product/systemair-tg-khpt1000-duct-sensor/>
4. Датчики температури TG-K, TG-A, TG-D, TG-R - Режим доступу до інформації: <http://ventekpro.ru/datchiki-temperature-tg-k-tg-a-tg-d-tg-r.html>
5. Реле перепаду тиску для повітря, серія DPS. 50...500 Па, Релейний вихід (SPDT), 250В, 1,5(0,4)А, темп. середовища -20...85 °С, IP54. - Режим доступу до інформації: <https://pwm.com.ua/dps500>
6. Електричний привод SIEMENS Sqx 62 - Режим доступу до інформації: <https://russian.alibaba.com/product-detail/siemens-electric-actuator-sqx-62-60804839366.html>
7. SIEMENS GCA 326.1E - Режим доступу до інформації: <https://festima.ru/docs/376827489/moscow/elektroprivod-siemens-gca-3211e-18nm>
8. Шафи Atlantik RAL 7035 - Режим доступу до інформації: [https://legrand.ru/upload/iblock/3f8/DC331\\_Atlantic.pdf](https://legrand.ru/upload/iblock/3f8/DC331_Atlantic.pdf)
9. Кваліфікаційна робота : методичні вказівки щодо її виконання для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: Ю.В. Форкун, Г.І. Радельчук, І.В. Форкун, А.С. Каштальян, В.В. Мартинюк. Хмельницький : ХНУ, 2020. 50с.
10. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів : навчальний посібник / Джеджула В. В. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 71 с.

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		66

11. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. – Чинний від 01.01.2014. – Київ: Мінрегіонбуд, 2013. – 141 с.

12. Зінич П. Л. Вентиляція громадських будівель і споруд: навчальний посібник / Зінич П. Л. – К. : КНУБА, 2002. – 256 с

13. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		67

**ДОДАТКИ**

					<b>КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		68

## Додаток А

Таблиця А.1 – Технічні характеристики комплекту

	Гілка припливна		Гілка витяжна	
Довжина	9050	мм	7450	мм
Висота	2100	мм	1700	мм
Ширина	2250	мм	2250	мм
Об'єм повітря, що проходить	6,67	м <sup>3</sup> /сек	5,25	м <sup>3</sup> /сек
Необхідний зовнішній тиск	900	Па	900	Па
Реальний зовнішній тиск	900	Па	900	Па
Швидкість подачі повітря при повністю відчинених заслінках	1,84	м/сек	1,45	м/сек
	Розмір повітропроводу		1700x2250	мм
	Вага комплекту		7218	кг

### *Гілка припливна*

<b><i>Повноповерхнєве присєднання, поз. 1, 12 (рис 2.1)</i></b>	KLM/CLP 40	
Довжина вкладишу демпфера	150	мм
Маса вкладишу	57	кг
Розмір з'єднання	2190x1500	мм
<b><i>Повноповерхнєва заслінка, поз. 2 (рис. 2.1)</i></b>	KLM/KL.CP 40-SP	
	Розташування елементів керування:	праве
Довжина заслінки	125	мм
Вага заслінки	59	кг
З'єднувальний розмір	2190x1500	мм
Керування	Сервопривід	
Керуючий момент	30	Н/м
Падіння тиску на заслінці	13	Па
<b><i>Фільтр камера,</i></b>	KLM/F.KR 40 EU3-P	

<b>поз. 3 (рис. 2.1)</b>		Доступна сторона:	права
Довжина камери		500	мм
Вага камери		123	кг
Фільтр		EU3	карманний
Довжина фільтру		360	мм
Падіння тиску в камері		159	Па
<b>Фільтруюча камера, поз. 4 (рис. 2.1)</b>		KLM/F.DL 40 EU7-P	
		Доступна сторона:	права
Довжина камери		800	мм
Вага камери		151	кг
Фільтр		EU7	карманний
Довжина фільтру		630	мм
Падіння тиску в камері		158	Па
<b>Гліколіве оточення – нагрів, вода + етиленгліколь 50%, поз. 5 (рис.2.1)</b>		KLM/O.VN-ATYP	
		Розташування трубок:	праве
Довжина камери		400	мм
Вага камери		279	кг
Потужність обігрівача		105	кВт
		На вході	На виході
Температура повітря		-35,0	-25,0
Відносна вологість повітря		85	
Температура носія тепла		-2,0	8,1
Падіння тиску носія тепла		1,84	кПа
Приєднувальний розмір теплообмінника		2 1/2	"
Швидкість циркуляції повітря		2,2	м/сек
Падіння тиску в камері		25,9	Па
<b>Водяна камера обігріву, поз. 6 (рис. 2.1)</b>		KLM/O. VN-II 40 P	
		Розташування трубок:	праве
Довжина камери		400	мм
Вага камери		171	кг

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

**КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ**

Арк.

70

Потужність обігрівача		380	кВт
	На вході	На виході	
Температура повітря	-25,0	22,0	°С
Температура води	105,0	63,0	°С
Падіння тиску води		0,5	кПа
Розхід води		9,19	м <sup>3</sup> /год
Швидкість циркуляції води		0,24	м/сек
Приєднувальний розмір теплообмінника		3 1/2	"
Швидкість циркуляції повітря		2,20	м/сек
Падіння тиску в камері		40	Па
<b>Водяна камера охолодження, поз. 7 (рис. 2.1)</b>		KLM/CH.VE I 40 P	
		Розташування трубок:	праве
Довжина камери		500	мм
Вага камери		361	кг
Потужність охолодження		81	кВт
	На вході	На виході	
Температура повітря	26,7	17,3	°С
Відносна вологість повітря	38	67	%
Температура води	7,0	12,0	°С
Падіння тиску води		10,8	кПа
Розхід води		12,80	м <sup>3</sup> /год
Швидкість циркуляції води		0,88	м/сек
Приєднувальний розмір теплообмінника		2 1/2	"
Камера потребує мінімальну висоту основи 150 мм. В комплект постачання є сифон.			
Швидкість циркуляції повітря		2,20	м/сек
Об'єм конденсату		1,54	л/сек
Падіння тиску в камері		37	Па
<b>Водяна зволожуюча камера, поз. 8 (рис. 2.1)</b>		KLM/ZV.V 40 P	
		Розташування елементів керування:	праве
Довжина камери		1600	мм

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

**КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ**

Арк.

71

Вага камери		488	кг
Вага води		516	кг
	На вході	На виході	
Температура повітря	22,0	8,5	°С
Відносна вологість повітря	3	86	%
Вологовміст	0,5	5,9	г/кг
Розхід води		154,68	л/год
Тип насосу		Edelstahl 32-160/302.2	
Споживана потужність насосу		3,00	кВт
Струм насосу для напруги 400 В / 50 Гц		6,30	А
Насос та електродвигун входять в комплект			
Падіння тиску в камері		81	Па
<b>Водяна камера обігріву, поз. 9 (рис. 2.1)</b>		KLM/O.V I 40 P	
		Розташування трубок:	праве
Довжина камери		400	мм
Вага камери		153	кг
Потужність обігрівача		93	кВт
	На вході	На виході	
Температура повітря	8,5	20,0	°С
Температура води	70,0	46,4	°С
Падіння тиску води		1,0	кПа
Розхід води		3,64	м <sup>3</sup> /год
Швидкість циркуляції води		0,38	м/сек
Приєднувальний розмір теплообмінника		2	"
Швидкість циркуляції повітря		2,20	м/сек
Падіння тиску в камері		16	Па
<b>Камера вентилятора, поз. 10 (рис. 2.1)</b>		KLM/VS.PR 40 P/1LA7 166-4AA	
		Доступна сторона:	права
Довжина камери		2200	мм
Вага камери		593	кг

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

**КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ**

Арк.

72

Кількість повітря	6,667	м <sup>3</sup> /сек
Необхідний зовнішній тиск	900	Па
Загальне падіння тиску в агрегаті	689	Па
Необхідний загальний тиск	1589	Па
Реальний загальний тиск	1589	Па
Тип вентилятора	центробіжний	
Робоча швидкість обертання вентилятору	1683	об/хв
ККД вентилятора	82	%
Діаметр колеса вентилятора	630	мм
Двигун	1LA7 166-4AA 305620	
Вага двигуна	93	кг
Необхідна потужність двигуна	12,96	кВт
Потужність двигуна	15,00	кВт
Кількість обертів двигуна	1460	об/хв
Струм статора для напруги 400 В/50 Гц	28,50	А
Кількість полюсів	4	
Аксіальна висота двигуна	160	мм
Падіння тиску в камері	689	Па
<i>Демпферна камера, поз. 11 (рис. 2.1)</i>	KLM/TL 40 – 2000	
Довжина камери	2000	мм
Вага камери	866	кг
Падіння тиску в камері	16	Па

*Витяжна гілка*

<i>Повноповерхнєве з'єднання, поз. 13, 19 (рис. 2.1)</i>	KLM/CLP 40	
Довжина вкладишу демпфера	150	мм
Маса вкладишу	57	кг
Розмір з'єднання	2190/1500	мм

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

**КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ**

Арк.

73

<b>Фільтрувальна камера, поз. 14 (рис. 2.1)</b>		KLM/F.KR 40 EU3 – L	
		Доступна сторона:	ліва
Довжина камери		500	
Вага камери		123	
Фільтр		EU3	карманний
Довжина фільтру		360	
Падіння тиску в камері		214	
<b>Демпферна камера, поз. 15, 18 (рис. 2.1)</b>		KLM/TL 40 – 2000	
Довжина камери		2000	мм
Вага камери		866	кг
Падіння тиску в камері		11	Па
<b>Гліколове оточення – охолодження, вода + етиленгліколь 50 %, поз. 16 (рис. 2.1)</b>		KLM/CH.VE N - АТУР	
		Розташування трубок:	ліве
Довжина камери		500	мм
Вага камери		496	кг
Потужність охолодження		105	кВт
		На вході	На виході
Температура повітря		24,0	9,9 °С
Відносна вологість повітря		30	83 %
Температура охолоджуючої рідини		8,1	-2,0 °С
рідини			20,0 кПа
Приєднувальний розмір теплообмінника		2 1/2	"
Камера має в конструкції ілюмінатор. Камера потребує мінімальну висоту основи 150 мм. В комплект постачання входить сифон.			
Швидкість циркуляції повітря		1,80	м/сек
Об'єм конденсату		11,84	л/год
Падіння тиску в камері		49	Па
<b>Камера вентилятору, поз. 17 (рис. 2.1)</b>		KLM/VS.PR 40 L/1LA7 163-4AA	

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

**КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ**

Арк.

74

	305540.1449	
	Доступна сторона:	ліва
Довжина камери	2200	мм
Вага камери	593	кг
Кількість повітря	5,250	м <sup>3</sup> /сек
Необхідний зовнішній тиск	900	Па
Загальне падіння тиску в агрегаті	334	Па
Необхідний загальний тиск	1234	Па
Реальний загальний тиск	1234	Па
Тип вентилятора	центробіжний	
Робоча швидкість обертання вентилятора	1449	об/хв
ККД вентилятора	81	%
Діаметр колеса вентилятора	630	мм
Двигун	1LA7 163-4AA 305540	
Вага двигуна	76	кг
Необхідна потужність двигуна	8,02	кВт
Потужність двигуна	11,00	кВт
Кількість обертів двигуна	1460	об/хв
Струм статора для напруги 400 В/50 Гц	21,40	А
Кількість полюсів	4	
Аксіальна висота двигуна	160	мм
Падіння тиску в камері	334	Па

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

**КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ**

Арк.

75

# АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

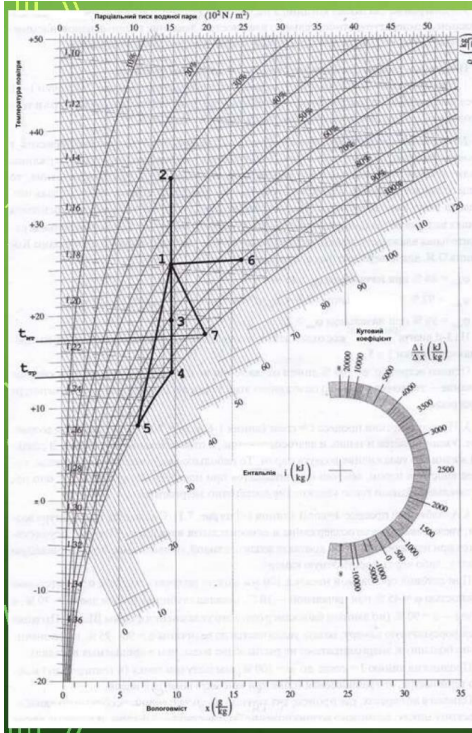
## АКТУАЛЬНІСТЬ

Проведені наукові дослідження описують, що організм людини має достатньо великі потенційні резерви як для фізичної так і для розумової діяльності. Але для використання таких резервів, потрібно, щоб було створено деякі сприятливі умови. В першу чергу, це стосується саме навколишнього середовища, а саме: складу, температури, вологості повітря, чистоти, вмісту як позитивних так і негативних іонів, наявності полів різного походження тощо.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

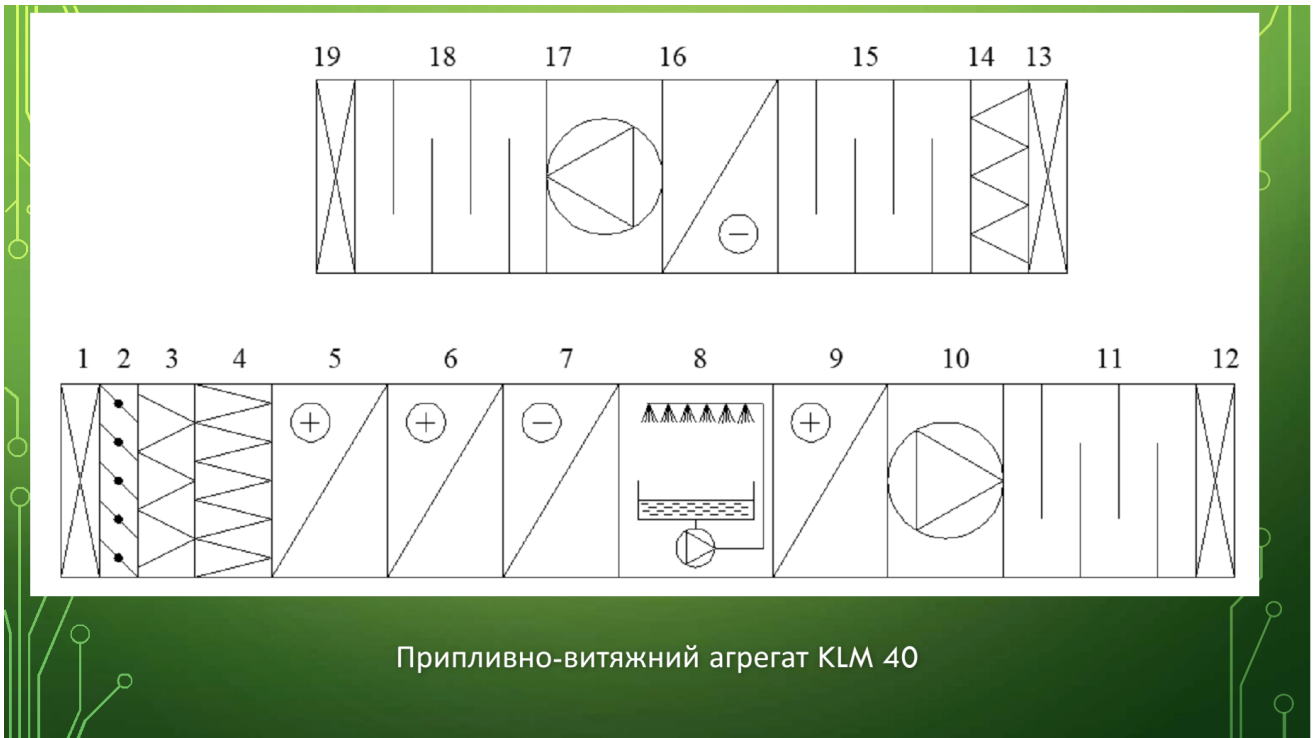
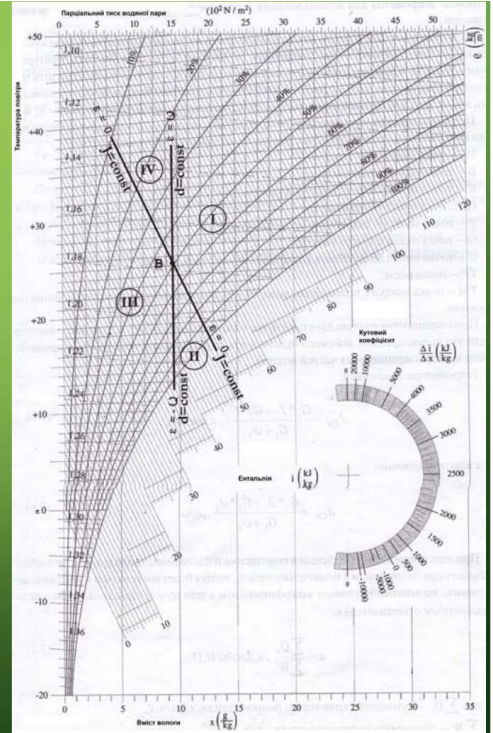
КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ

Арк.  
76



- I-d діаграма для волого повітря

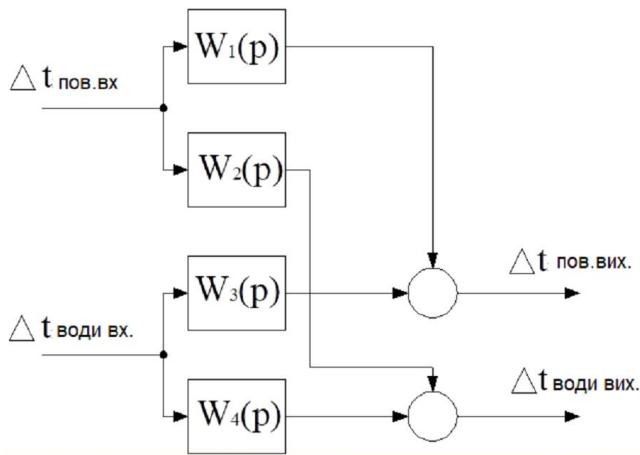
- I-d діаграма волого повітря, базові процеси



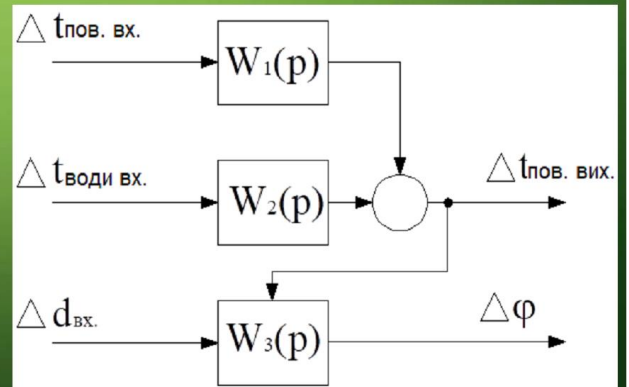
Припливно-витяжний агрегат KLM 40

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

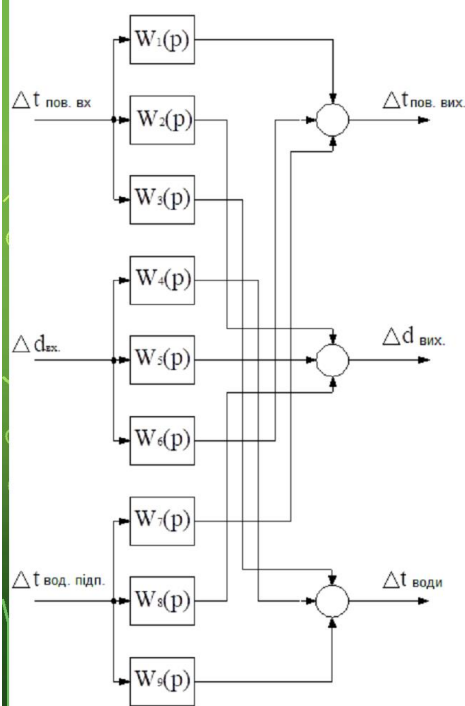
КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ



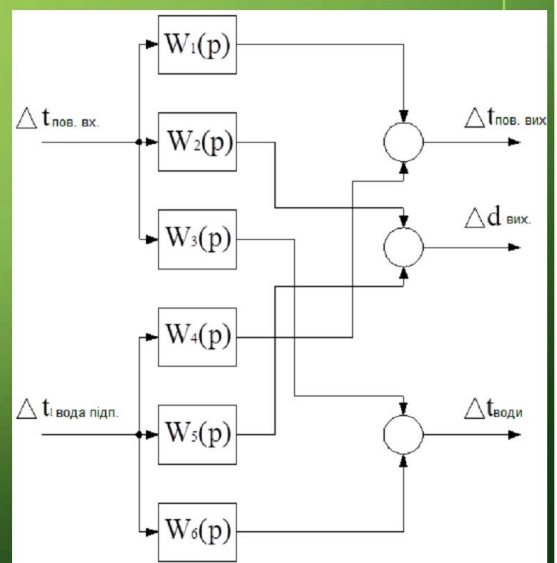
- Спрощена структура схема математичної моделі теплообмінника для 2-го підігріву



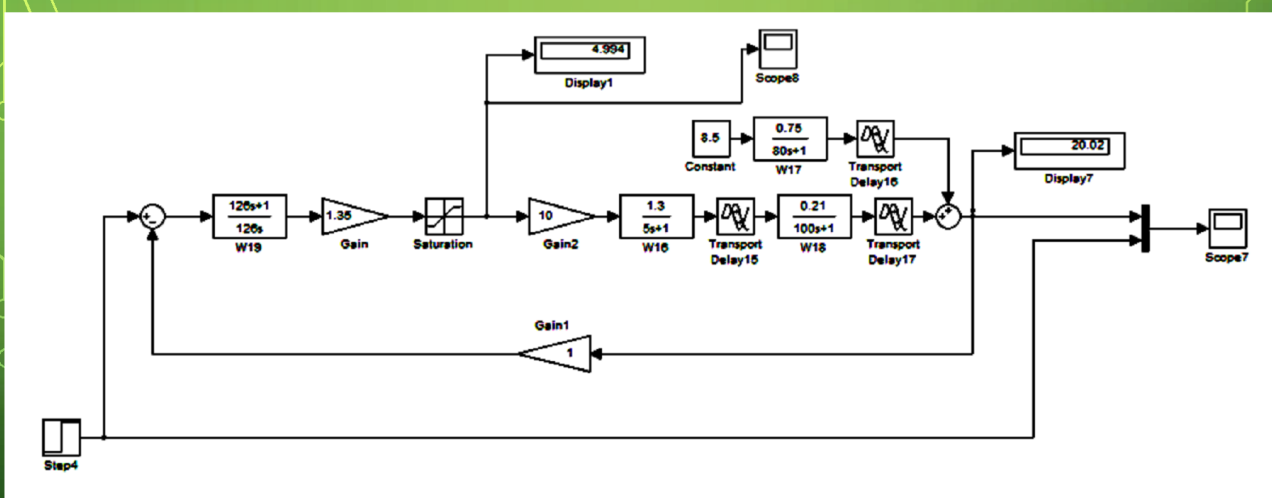
- Структурна схема математичної моделі теплообмінників для 1-го підігріву та рекуператора (підігрівуючого)



- Структурна схема математичної моделі камери зрошування
- Спрощена структурна схема математичної моделі камери зрошування

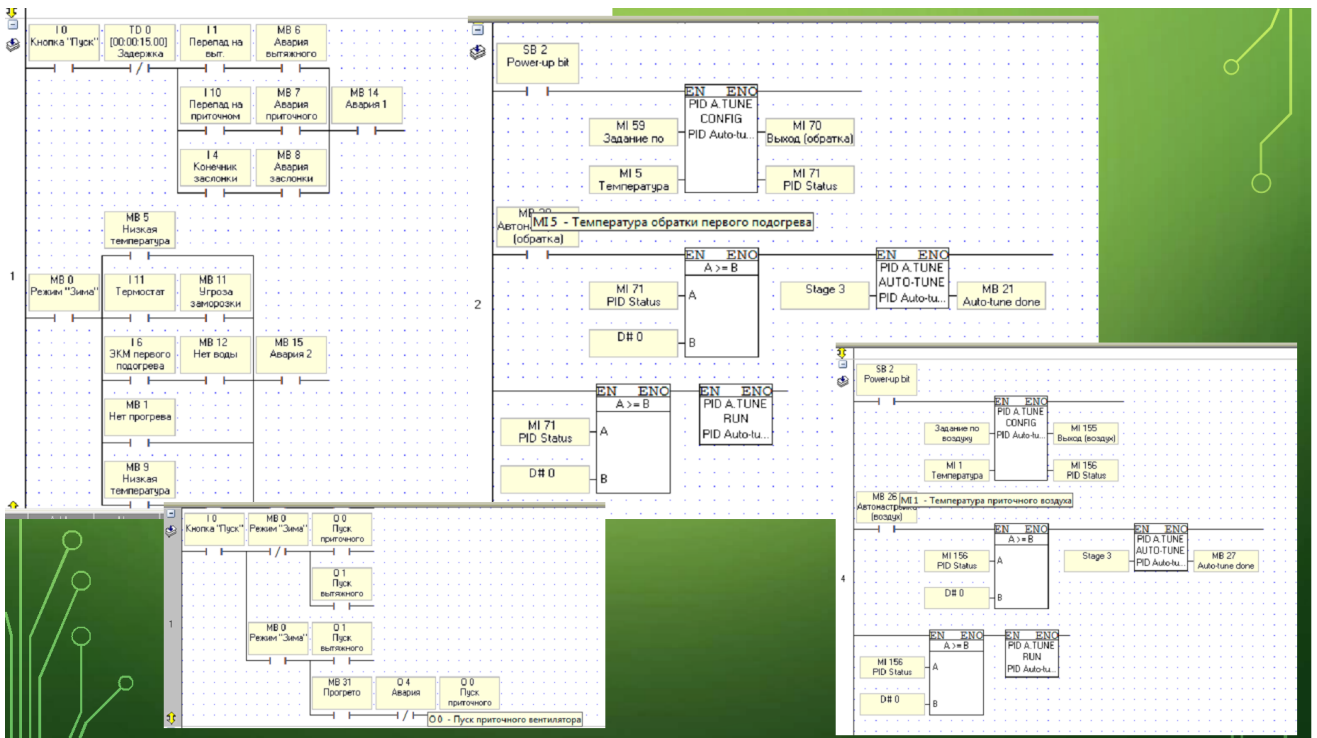
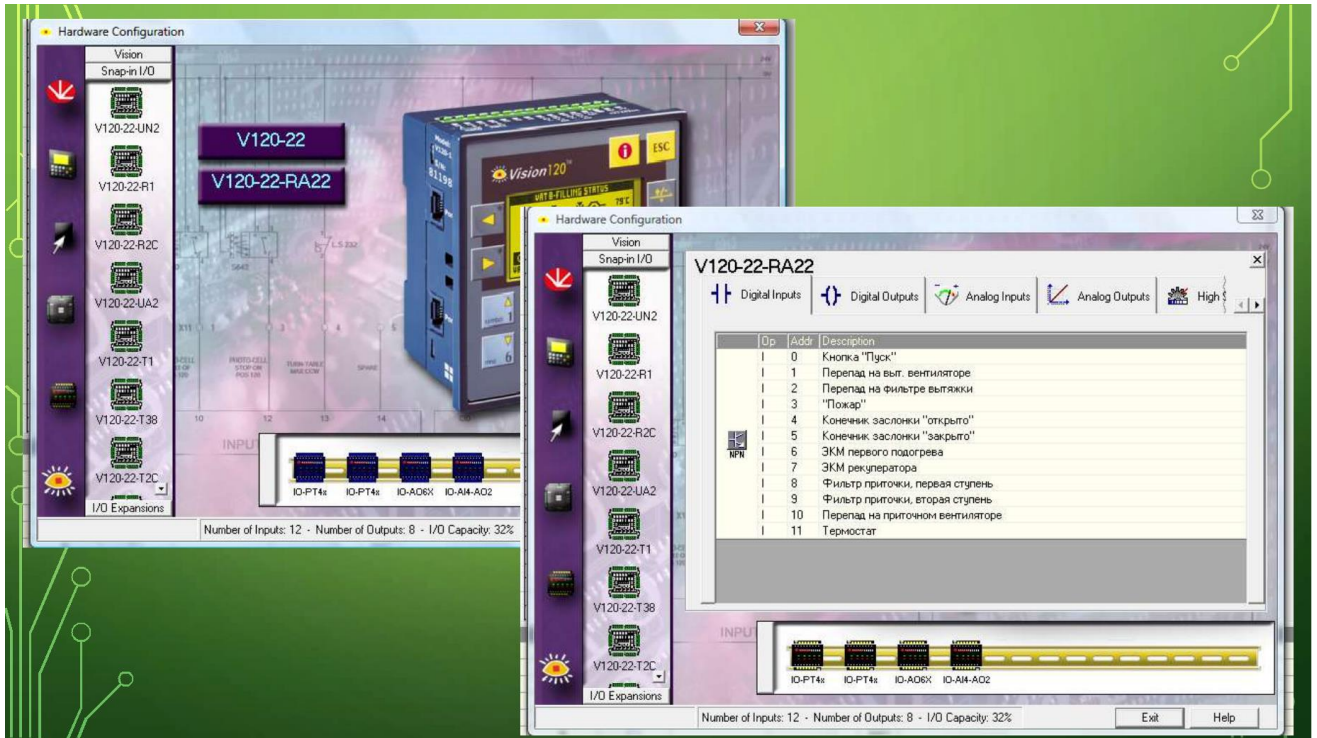


Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------



Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

КвРАКІТ2019063.00.00.ПЗ



Ім'я користувача:  
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:  
1011580674

Дата перевірки:  
14.06.2022 20:38:31 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet

Дата звіту:  
14.06.2022 20:39:16 EEST

ID користувача:  
100005862

Назва документа: Недосейкін - антиплагіат

Кількість сторінок: 64 Кількість слів: 7016 Кількість символів: 50367 Розмір файлу: 7.00 MB ID файлу: 1011450245

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

**0.93%**  
**Схожість**

Найбільша схожість: 0.44% з Інтернет-джерелом (<https://uadoc.zavantag.com/text/17135/index-1.html?page=4>)

0.93% Джерела з Інтернету

48

Сторінка 66

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

**0% Цитат**

Вилучення цитат вимкнено

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнено

**0%**  
**Вилучень**

Немає вилучених джерел

**Модифікації**

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

Замінені символи

27

Підозріле форматування

14  
сторінок

Tue Jun 14 19:51:46 EEST 2022, Федула Микола  
Васильович, Хмельницький національний  
університет, ХНУ

## Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальне співпадіння з одним  
документом 1.0%**

**Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA.  
Помилки в документах: 7%**

ID: 105363 Назва: Бакалаврська кваліфікаційна робота Додано в БД: 2022-06-14 Автора: Недосейкін А. Керівники: Мартинюк В.В. Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	43154	416	1193 (3%)	21 (5%)

### Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник Недосейкін Андрій Олегович  
Тема Автоматизація системи центрального кондиціонування повітря промислового підприємства

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Обсяг дипломного проекту:

кількість листів креслень \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ ; кількість сторінок записки 65

1. Короткий зміст ДП та прийнятих рішень В кваліфікаційній роботі розроблено автоматизовану систему центрального кондиціонування повітря промислового підприємства

2. Висновок про відповідність роботи завданню Кваліфікаційна робота у повній мірі відповідає поставленому завданню як в теоретичній, так і в практичній частині даної роботи

3. Характеристика виконання кожного розділу проекту, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому, теоретичному, розділі кваліфікаційної роботи наведено загальні відомості про технологію обробки повітря, класифікація систем вентиляції та кондиціонування, відомості про призначення систем, базові параметри вологого повітря. У другому розділі відбувається проектування системи автоматизації, наведено статичні та динамічні характеристики елементів комплексу, структурна та параметрична ідентифікація технологічного комплексу, розрахунок коефіцієнтів теплообмінника рекуператора, для обігріву. У третьому розділі розглядається автоматизація технологічного комплексу, вибір пристрою керування автоматизованим комплексом, підбір необхідної апаратури для автоматизації комплексу

4. Позитивні сторони роботи: було спроектовано загальну схему автоматизації комплексу та використано сучасні засоби автоматизації

5. Негативні сторони проекту Надмірна кількість теоретичного матеріалу, наявні граматичні та стилістичні помилки

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки проекту \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

7. Відгук про проект в цілому Робота виконана на достатньому рівні

---

---

---

---

---

---

---

---

8. Інші зауваження \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

9. Оцінка дипломного проекту Розглянувши позитивні та негативні сторони представленого дипломного проекту, можна зробити висновок, що він заслуговує оцінку «добре» 4,00/С

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

Клюш В.П., завідувач кафедри міжнародних

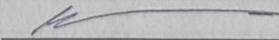
---

---

---

---

« 14 » 06 2022 р.

 (підпис)

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

Недосейкін Андрій Олегович  
ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи АКІТс-19-1

#### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2022 (зі змінами від 26.11.2022), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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

14.06.2022

дата

підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВаниХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: Автоматизація системи центрального кондиціонування повітря промислового підприємства

Автор: Андрій НЕДОСЕЙКІН

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітня програма 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Науковий керівник д.т.н., проф. Валерій МАРТИНІОК

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

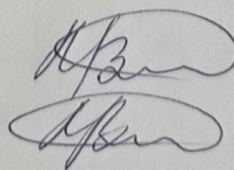
№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо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

Підтвердження: Запозичення у розмірі 0,93% що виявлені в роботі, містять посилання на відповідні джерела літератури, що використані в роботі. Результати конструкторського розділу не містять запозичень. Розроблена схема електрична та її опис є унікальними та також не містять запозичень. Робота приймається до захисту.

І.В. Довгалець

Науковий керівник роботи:

Зав. каф. АКІТ



Валерій МАРТИНІОК

Валерій МАРТИНІОК