

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизована система керування повітряним потоком

Назва теми

КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

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

Шифр, назва

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

Назва

Виконав:

студент IV курсу, група АКІТ-21-1



Підпис

Любомир ПИТЛИК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

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



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 16 » червня 2025 р.

Хмельницький 2025

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

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 АКІТгаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Питлику Любомиру Аркадійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизована система керування повітряним потоком

Керівник роботи канд. техн. наук., доцент Людмила КОРЕЦЬКА

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

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.

3 Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу





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)

презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1 Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи; розробка завдання на кваліфікаційну роботу; складання календарного графіка виконання кваліфікаційної роботи	01.03.2025	Виконано
2 Вивчення предметної області, в якій планується використання системи автоматизації; аналіз вимог до системи автоматизації	15.03.2025	Виконано
3 Проектування та розробка загальної архітектури і структури системи автоматизації, інтерфейсу користувача; вибір засобів реалізації системи автоматизації	29.03.2025	Виконано
4 Програмна реалізація та тестування системи автоматизації	12.04.2025	Виконано
5 Написання тексту пояснювальної записки та розробка графічних матеріалів	19.04.2025	Виконано
6 Остаточне коригування кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника; оформлення кваліфікаційної роботи як документа відповідно до вимог	11.05.2025	Виконано
7 Отримання супровідних документів (відгуку керівника, рецензії, довідки про перевірку на плагіат); нормоконтроль	30.05.2025	Виконано
8 Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	03.06.2025	Виконано

Студент

  
 Підпис

Любомир ПИТЛИК  
 Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

  
 Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА  
 Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система керування повітряним потоком».

Автор роботи: Любомир ПИТЛИК

Керівник роботи: Людмила КОРЕЦЬКА

Пояснювальна записка: 61 с., 38 рис., 8 табл., 1 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 8 презентаційних слайдів.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ,  
СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ, МАЙНІНГ-ФЕРМА, SIMINTECH,  
МОДЕЛЮВАННЯ.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування повітряним потоком. В роботі було виконано автоматизацію систем вентиляції повітря в приміщенні майнінг-ферми, для якої було обрано пристрої управління та регулювання, що забезпечують необхідний процес циркуляції повітря в приміщенні. Температурний режим в діапазоні 15-20 °С з вологою 50% при температурі навколишнього повітря 5-40°C. Поставлені завдання випускний роботи були успішно реалізовано у середовищі динамічного моделювання технічних систем SimInTech, розроблено модель АСВ у приміщенні у складі двох вентиляторів, що працюють у двох режимах, літньому та зимовому. Розроблена модель SimInTech із 5 взаємопов'язаних через загальну базу сигналів проектів, здатна вирішувати завдання проектування АСВ для приміщення майнінг-ферми при заданій потужності обладнання та розмірі приміщення. Надійна робота системи вентиляції збільшує продуктивність майнінг-ферми через покращення охолодження обладнання.

Л.Питлик

Підпис студента

17.06.25

Дата

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ ПОТОКОМ.....	6
1.1 Призначення і опис .....	6
1.2 Класифікація систем вентиляції .....	11
1.2.1 Продуктивність вентиляційної системи .....	12
1.2.2 Вимоги до систем вентиляції .....	12
1.2.3 Норма повітрообміну на одну людину .....	12
1.3 Особливості припливно-витяжний вентиляції .....	13
1.4 Застосування систем вентиляції для майнінг-ферм.....	18
1.5 Висновки до першого розділу .....	22
2 АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ ПОТОКОМ.....	23
2.1 Структура організації майнінг -ферми.....	23
2.2 Мікроклімат в приміщенні майнінг -ферми .....	23
2.3 Розрахунок системи охолодження для майнінг -ферми.....	26
2.4 Розрахунок системи для зимового періоду .....	26
2.4.1 Розрахунок системи для літнього періоду .....	27
2.4.2 Схема роботи системи вентиляції .....	28
2.5 Висновки до другого розділу .....	30
3 КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ ПОТОКОМ.....	31
3.1 Вибір щитів управління для автоматизованої системи.....	31
3.2 Вибір датчиків і виконавчих механізмів .....	32
3.3 Вибір контролера для автоматизованої системи .....	38
3.4 Моделювання системи вентиляції.....	43
3.4.1 Вибір середовища моделювання .....	43

					КвРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система керування повітряним потоком Пояснювальна записка	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Питлик Л.А.		17.06				
Перевір.		Корецька Л.О.		17.06.25			2	
Н. Контр.		Корецька Л.О.		17.06.25		ХНУ, АКІТ-21-1		
Затв.		Мартинюк В.В.		17.06.25				

3.4.2 Структура системи .....	46
3.4.3 Реалізація в SimInTech .....	47
3.5 Висновки до третього розділу .....	55
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	59

					КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	3
		№ докум.	Підпис			



Мета роботи - розробити систему автоматичного керування витратами повітря в системах вентиляції.

Завдання, які вирішуються при виконанні даної бакалаврської роботи:

- вивчення основ автоматизації систем вентиляції виробничих дільниць;
- розробка структурно-функціональних концепцій управління системою вентиляції;
- моделювання процесів вентиляції приміщень у середовищі динамічного моделювання «SimInTech».

					КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	5
		№ докум.	Підпис			









підтверджено та включено до галузевих стандартів, починаючи з кодексу ASA в 1946 році. На основі цього дослідження ASHRAE (яка замінила ASHVE) розробила рекомендації для кожного приміщення та опублікувала їх як стандарт ASHRAE 62-1975: Вентиляція для прийнятної якості повітря в приміщенні.

У міру того як у будівлях почали використовувати механічну вентиляцію, вартість зовнішньої вентиляції потрапила під певну увагу. У 1973 році, у відповідь на нафтову кризу та зусилля з енергозбереження, стандарти 62-73 і 62-81 Американського товариства інженерів з опалення, охолодження та кондиціонування повітря (ASHRAE) зменшили необхідну швидкість вентиляції з 10 кубічних футів на хвилину (4,76 літра на секунду) на людину до 5 кубічних футів на хвилину (2,37 літра на секунду) на людину. У холодному, теплом, вологому або запиленому кліматі може бути бажаним звести до мінімуму вентиляцію зовнішнього повітря, щоб заощадити енергію, гроші або зменшити фільтрацію. Критика, подібна до критики Тіллера, змусила ASHRAE знизити рівень зовнішньої вентиляції в 1981 році, особливо в приміщеннях для некурців. Проте наступні дослідження Фангера, В. Кейна та Янсена підтвердили модель Яглу. Встановлено, що знижена швидкість вентиляції є фактором, що сприяє синдрому хворої будівлі. Стандарт Американського товариства інженерів з опалення, охолодження та кондиціонування повітря (ASHRAE) 1989 року (стандарт 62-89) рекомендував достатню вентиляцію 20 кубічних футів на хвилину (9,2 літра на секунду) на людину для офісних будівель і 15 кубічних футів на хвилину (7,1 літра на секунду) на людину для шкіл, а також стандарт 2004 року. Рекомендовані значення 62.1-2004 знову знижені. Американський національний інститут стандартів/ASHRAE (стандарт 62-89) рекомендує, що «якщо швидкість вентиляції не перевищує 1000 частин на мільйон CO<sub>2</sub>, стандарт комфорту (запаху), ймовірно, буде виконано», тоді як Управління з безпеки та гігієни

					КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	10
		№ докум.	Підпис			

праці США (OSHA) встановлює обмеження в 5000 частин на мільйон протягом 8 годин [2-5].

## 1.2 Класифікація систем вентиляції

Вентиляційні системи класифікуються за такими основними характеристиками:

- а) класифікація за рухом повітря - природний або штучний (механічний);
- б) класифікація за призначенням - припливні або витяжні;
- в) класифікація за зоною обслуговування - місцева або загальна

Вентиляція

- г) класифікація за конструкцією - каналні або безканалні.

Природна вентиляція – система вентиляції, яка не містить електрообладнання (вентиляторів, двигунів, приводів тощо). Рух повітря в природній вентиляції зумовлений різницею температур і тиску між рухомим повітрям і повітрям у приміщенні. Ефективність цієї вентиляції залежить від таких факторів, як напрям вітру, температура повітря тощо.

Штучна вентиляція (механічна вентиляція) – це вентиляційна система, яка використовує обладнання та прилади для переміщення повітря на великі відстані, очищення та нагрівання його за необхідності. Системи механічної вентиляції здатні забезпечити достатній повітрообмін незалежно від зовнішніх умов.

Для подачі повітря в приміщення використовуються системи припливної вентиляції. Припливне повітря може проходити спеціальну обробку, наприклад очищення, нагрівання та збудження.

Системи витяжної вентиляції видаляють відпрацьоване повітря з приміщення. Зазвичай приміщення обладнується як припливною, так і витяжною системами; їх продуктивність повинна бути збалансованою, інакше

					КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	11
		№ докум.	Підпис			

тиск буде недостатнім або надмірним, що призведе до ефекту «хлопання дверима» [5-10].

### 1.2.1 Продуктивність вентиляційної системи

Критерієм ефективності систем вентиляції є швидкість потоку повітря. Швидкість потоку - це кількість повітря (маса або об'єм), що подається або видаляється системою вентиляції за одиницю часу. Тому розрізняють масову та об'ємну витрати: масова витрата вимірюється в одиницях маси повітря за одиницю часу (наприклад, кг/год), тоді як об'ємна витрата вимірюється в одиницях об'єму за одиницю часу (наприклад, м<sup>3</sup>/год).

### 1.2.2 Вимоги до систем вентиляції

Вимоги до систем вентиляції визначаються національними стандартами охорони здоров'я, будівельними нормами та вимогами до процесу. Залежно від типу та використання приміщення ці вимоги визначають продуктивність вентиляції, гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у приміщенні, температуру та вологість повітря, рівні шуму, створюваного або переданого системою вентиляції, витрати повітря в повітроводах та інші параметри.

### 1.2.3 Норма повітрообміну на одну людину

Вимоги до інтенсивності повітрообміну на людину залежать від санітарних та будівельних норм у різних країнах. Наприклад, в Україні та країнах СНД, згідно з діючими стандартами, людям, які тривалий час працюють у закритих приміщеннях, необхідно не менше 40 кубометрів свіжого повітря на годину в громадських місцях і 30 кубометрів свіжого

					КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	12
		№ докум.	Підпис			



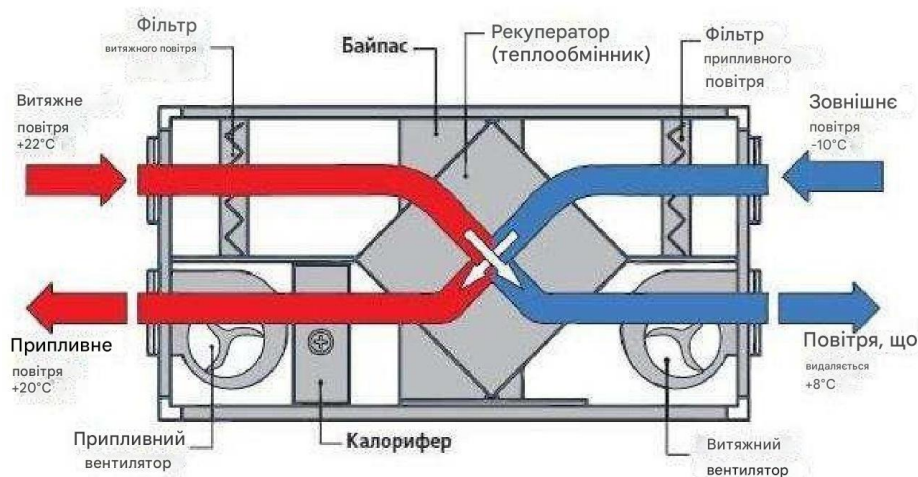
вуглекислий газ). Саме одночасна робота цих двох процесів відрізняє його від інших рішень, які забезпечують лише подачу або лише витяжку.

У системах припливно-витяжної вентиляції вентилятори забирають необхідну кількість свіжого повітря ззовні і подають його в приміщення, одночасно видаляючи забруднене повітря назовні. В результаті в квартирі підтримується оптимальний баланс повітря: кількість повітря, що надходить, приблизно дорівнює кількості повітря, що виходить. Завдяки такому рівномірному повітрообміну в приміщенні не накопичується зайва волога і шкідливі речовини.

Системи припливно-витяжної вентиляції взаємодіють з двома потоками повітря (вуличним і внутрішньобудинковим), що відрізняються за складом і призначенням. Припливно-витяжні вентиляційні системи крім основної функції повітрообміну включають ряд допоміжних підсистем і додаткових функцій:

- а) охолодження та нагрівання повітря;
- б) іонізація частинок і зволоження;

Розглянемо на прикладі роботу припливно-витяжної системи вентиляції, як показано на рисунку 1.1.



Рисунки 1.1 - Приклад роботи припливно-витяжної системи вентиляції











вважається найменш енергоємним і найменш дорогим способом охолодження майнінг-ферми ASIC.

У багатьох випадках звичайної вентиляції достатньо, щоб підтримувати безпечну температуру для обладнання без великих витрат на кондиціонування повітря. По-перше, більшість сучасних машин для майнінгу сконструйовані таким чином, що вони можуть працювати при кімнатній температурі без спеціального охолодження - критичний поріг зазвичай становить близько 35-37°C. (рисунок 1.4)

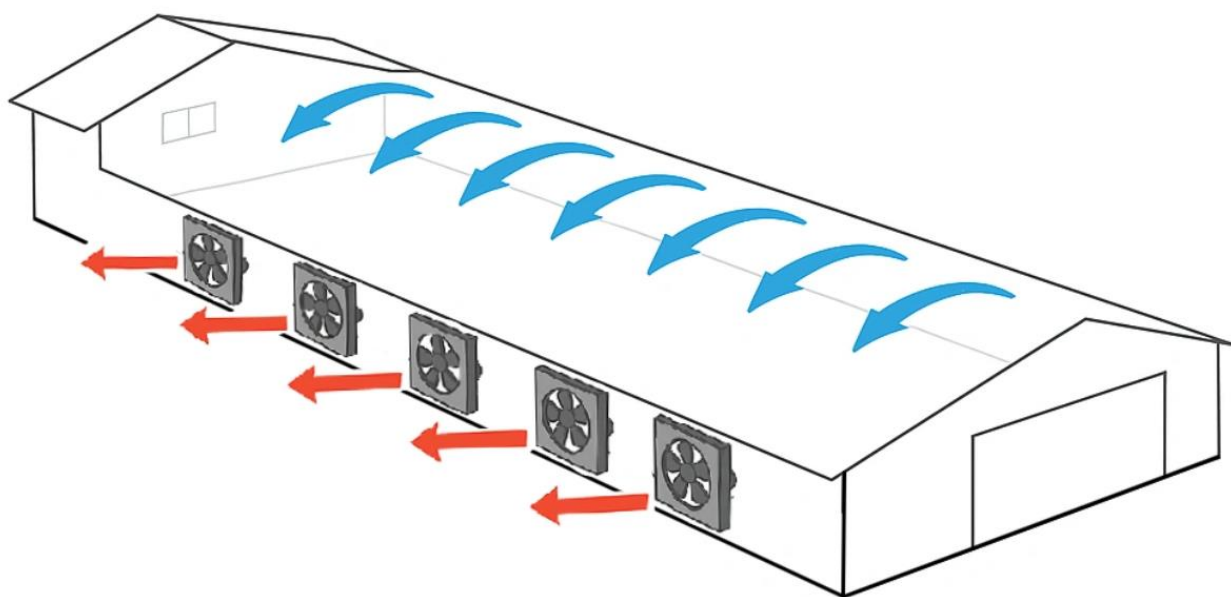


Рисунок 1.4 – Організація витяжної вентиляції у майнінг-фермі (варіант 2)

Якщо температура зовнішнього повітря у вашому регіоні зазвичай не перевищує цих значень, то правильно організованого потоку повітря може бути достатньо, щоб запобігти перегріву майнінг-ферми. Наприклад, експерти зазначають, що при температурі зовнішнього повітря нижче 30°C достатньо лише вентиляції, без дорогого кондиціонування. Таким чином, в умовах м'якого клімату осьові вентилятори можуть самостійно відводити тепло.

По-друге, використання вентиляторів є особливо бажаним з економічної точки зору. Потужні промислові «осьові вентилятори» споживають набагато



Для уявлення про їх продуктивність: осьовий вентилятор ВЕНТС ОВК 4Е 400 при споживанні потужності всього 180 Вт пропускає близько 3580 м<sup>3</sup> повітря на годину.

### 1.5 Висновки до першого розділу

У першому розділі проведено дослідження систем керування повітряним потоком. Наведено призначення і опис систем. Наведена класифікація систем вентиляції. Серед іншого вказані поняття продуктивності вентиляційної системи. Описано вимоги до систем вентиляції та норма повітрообміну на одну людину. Особливу увагу приділено припливно-витяжній вентиляції, а також застосуванню систем вентиляції для майнінг-ферм.

					КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	22
		№ докум.	Підпис			





Таблиця 2.1 - Оптимальні температури компонентів системи [18]

Компонент	t, °C	t критична, °C
1 Процесор	35-60	70
2 Відеокарта	60-75	85
3 Жорсткий диск	30-40	45

Ці параметри повинні бути забезпечені як взимку, так і влітку.

Для досягнення ідеальних умов всередині необхідно регулювати мікроклімат. Такими налаштуваннями можуть бути тепло, тиск або вологість повітря, що подається в приміщення.

Прилади для вимірювання кліматичних показників:

- термометр (температура);
- вологий і сухий гігрометр (відносна вологість);
- анемометр (швидкість вітру).

Оптимальні показники мікроклімату шахтного приміщення наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Оптимальні показники мікроклімату в приміщенні [18]

Сезон року	Температура, °C	Відносна влаж, %	Оптимальна швидкість потоку повітря, м/с
Літній	20±2	20-65	0,2-0,5
Зимовий	18±2	20-70	0,2-0,3

### 2.3 Розрахунок системи охолодження для майнінг -ферми

Розрахунок системи вентиляції та кондиціонування для відеокарти повинен враховувати об'єм приміщення та потужність наявного обладнання (і обладнання, яке планується встановити при збільшенні потужності) [25-26].

Приблизний розрахунок системи охолодження проводиться за такою формулою:

$$Q = V * \rho * C_p * \Delta T, \text{ Вт,}$$

де Q – теплова потужність вхідного тепла діючого обладнання; V - витрата повітря вентиляційного пристрою в кубометрах на годину;

$\rho$  - 1,2 кг/м<sup>3</sup> - густина повітря;

$C_p$  1005 Вт/м<sup>3</sup> \*К - теплоємність повітря;

$\Delta T$  – різниця між температурою в приміщенні та температурою припливного повітря.

Тобто свіже повітря та витяжка, необхідні для майнінгу, повинні забезпечувати повний відведення тепла всього робочого обладнання (відеокарт) у стійках шахти (майнінг-ферми), а допустима робоча температура приміщення, де розташоване обладнання, суворо контролюється.

В залежності від літа і зими потужність систем вентиляції та кондиціонування сильно відрізняється.

#### 2.4 Розрахунок системи для зимового періоду

Взимку повітря має бути нагріте до плюсової температури, що досягається циркуляцією нагрітої частини холодного повітря, що виводиться з вентиляційної установки - без підігріву. Температура повітря, що надходить у приміщення, має бути вище 0 градусів за Цельсієм, а температура зовнішнього повітря повинна бути мінусовою [27-28].

Витрата повітря, необхідна для видалення надлишкового тепла взимку, визначається за формулою:

$$V_{\text{зима}} = \frac{Q \cdot 3600}{C_p \cdot \rho \cdot \Delta T}, \text{ м}^3/\text{ГОД,}$$

						КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	26
		№ докум.	Підпис				

де  $Q$  - загальна теплова потужність, приблизно дорівнює споживаній потужності гірничої машини, Вт;

$c_p$  - 1005 Вт/м<sup>3</sup> \*К - теплоємність повітря;

$\Delta T$  - різниця температур на вході та виході.

Потужність вентиляційного пристрою підбирається відповідно до необхідної витрати.

#### 2.4.1 Розрахунок системи для літнього періоду

Аналогічна формула розрахунку для охолодження шахти влітку. Однак, оскільки температура припливного повітря вища, наприклад +20°C, необхідна висока продуктивність обладнання, щоб досягти максимальної температури в приміщенні +30°C і відвести все тепло.

$$V_{\text{літо}} = \frac{Q \cdot 3600}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta T}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

Де  $Q$  - загальна теплова потужність, приблизно дорівнює споживаній потужності гірничої машини, Вт;

$c_p$  - 1005 Вт/м<sup>3</sup> \*К - теплоємність повітря;

$\Delta T$  - різниця температур на вході та виході, наприклад (55-20) °С.

Для забезпечення нормальної роботи обладнання, додаткового охолодження від +30 до +20 °С на вході, холодопродуктивність кондиціонера повинна дорівнювати:

$$Q_x = \frac{V_{\text{літо}} \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Delta T}{3600}, \text{ Вт}$$

де  $\Delta T = (30-20) \text{ }^\circ\text{C}$  [19].

					КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	27
		№ докум.	Підпис			

## 2.4.2 Схема роботи системи вентиляції

Функціональна схема системи вентиляції наведена на рисунку 2.2.

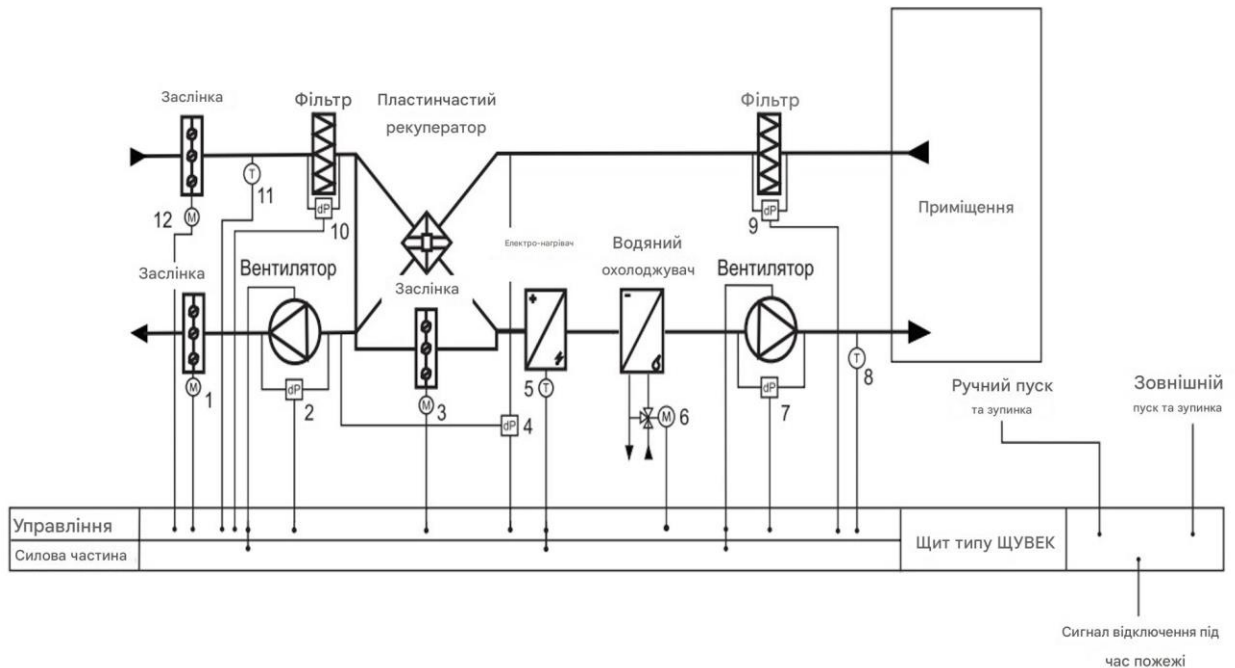


Рисунок 2.2 - Функціональна схема системи вентиляції

Основні вузли системи вентиляції (рисунок 2.3): 1, 12 - привід заслінки; 2, 4, 7, 9, 10 - реле перепаду тиску; 3 - привід перепускного клапана; 5 - термостат захисту від перегріву; 6 - привід клапана охолоджуючої рідини; 8 - повітропровід датчика температури припливного повітря; 11 - датчик температури витяжного повітря.

Вибір кабелів підключення до системи наведено в таблиці 2.3.

Принцип роботи системи вентиляції та охолодження шахти показаний на рисунку 2.3.

Таблиця 2.3 - Параметри кабелю підключення системи

Функціональне призначення	Максимальний переріз, мм <sup>2</sup>	Марка кабелю
1 Кабель живлення вступний	2,5 - 4	ВВГнг-ХЛ
2 Кабель живлення електродвигуна вентилятора	2,5 - 4	ВВГнг-ХЛ
3 Кабелі силові інші	2,5	ВВГнг-ХЛ
4 Кабелі для комутації зовнішніх пристроїв	1,5	КВВГЕнг-ХЛ
5 Кабелі для датчиків температури	1,5	RE-2Y(St)Yv

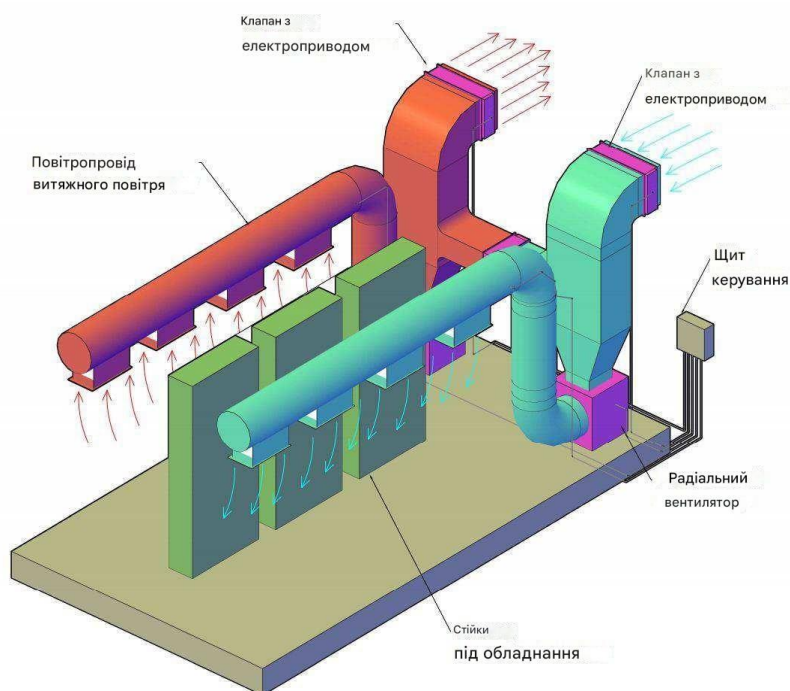


Рисунок 2.3 - Принцип роботи системи вентиляції в приміщенні

Система вентиляції подає свіже повітря в зону холодного каналу шахтних стелажів, а витяжний отвір розташований над гарячим каналом, куди піднімається тепле повітря. Таким чином надлишок тепла в кімнаті може ефективно відводитися, а кімната осушується до необхідної температури.

Безперебійна робота обладнання забезпечує роботу шахти в межах допустимого температурного діапазону (наприклад, від -30 до +20 °С) цілий рік без зниження ефективності.

Система має функцію напівавтоматичного регулювання температури та об'єму повітря. Забезпечує два режими: літній і зимовий. Взимку електроенергію можна економити, регулюючи швидкість двигуна вентилятора.

Система фільтрації містить фільтр класу G3 для видалення домішок, таких як пил, бруд і ворс, з припливного повітря [29-30].

## 2.5 Висновки до другого розділу

У другому розділі проведено розробку автоматизації систем керування повітряним потоком. Для цього описана структура організації майнінг – ферми, та вказано на параметри мікроклімату в приміщенні майнінг – ферми.

Наведено розрахунок системи охолодження для майнінг – ферми. Окремо зроблено розрахунок системи для зимового періоду та розрахунок системи для літнього періоду. Показано відмінність організації вентиляції у зимовий та літній періоди. Описано схему роботи системи вентиляції.

					КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	30
		№ докум.	Підпис			

### 3 КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ ПОТОКОМ

#### 3.1 Вибір щитів управління для автоматизованої системи

Пульт керування вентиляцією з електронагрівачем типу ЩУВЕК (рисунок 3.1) призначений для комплексного автоматичного керування системами вентиляції з електронагрівачами, теплообмінниками та охолоджувачами, регулювання заданих параметрів роботи вентиляційної системи зі стандартними та додатковими функціями [31-32].

Функції панелі керування:

- вимкнення живлення приладу за сигналом тривоги;
- повне вмикання/вимкнення вентиляторів і обігрівачів кнопками «Пуск» або «Стоп»;
- захист ланцюга живлення КРУ від короткого замикання;
- захист електронагрівача від перегріву.



Рисунок 3.1 - Щит типу ЩУВЕК

### 3.2 Вибір датчиків і виконавчих механізмів

Датчики – використовуються для вимірювання параметрів у рішеннях автоматизації вентиляції. Вони можуть контролювати такі параметри, як температура, тиск, вологість тощо. Датчики надають інформацію на панелі автоматизації та контролери [33-34].

Датчик температури АКФ10 (рисунок 3.2) – використовується для вимірювання температури припливного або витяжного повітря. На малюнку показано каналний датчик температури АКФ10, який використовується у системі вентиляції. Його технічні характеристики наведені в таблиці 3.1.

Електричні приводи заслінок. Приводи заслінок використовуються для управління заслінками і заслінками в системах вентиляції.

Електроприводи BELIMO BFN230 (рисунок 3.3) оснащені поворотними пружинами. Коли зворотна пружина всередині приводу стиснута, заслінка переміститься в нормальне робоче положення. Коли живлення вимкнено, енергія, накопичена в пружині, поверне заслінку в безпечне положення.

Технічні характеристики електроприводу наведені в таблиці 3.2.



Рисунок 3.2 - Канальний датчик температури АКФ10

					КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	32
		№ докум.	Підпис			





















Кінець таблиці 3.5 – Призначення виводів контролерів Segnetics PIXEL

13	AO1
14	Data + RS485
15	Data - RS485
16	COM DI
17	DI0
18	DI1
19	DI2
20	DI3
21	DI4
22	DI5
23	+24 у живлення
24	DO0 Реле
25	DO0
26	DO1 реле
27	Загальний DO1 і DO2
28	DO2 Сіммістор
29	N
30	- 24В(+24В)

### 3.4 Моделювання системи вентиляції

#### 3.4.1 Вибір середовища моделювання

Припливно-витяжні установки з фреоновим охолодженням широко використовуються в системах вентиляції та кондиціонування. Їх можна встановити в будь-якому місці використання, від незахищених об'єктів до виробничих. Це кліматичний пристрій, призначений для охолодження повітря, що подається системою вентиляції повітроводів. Тобто за допомогою даного















програмування абсолютної та відносної вологості містять значення поточної кімнатної температури. (рисунок 3.22)

```
input Ox1a,Ox11,Nagr,Nag1;
output y;

if Ox11 = 1 then y = Ox1a
else
if Nag1 = 1 then y = Nagr
```

Рисунок 3.22 - Умова вибору вентилятора

### Проект VentNag.prt

У цьому проекті реалізована робота вентилятора в зимовому режимі. (рисунки 3.23 та 3.24)

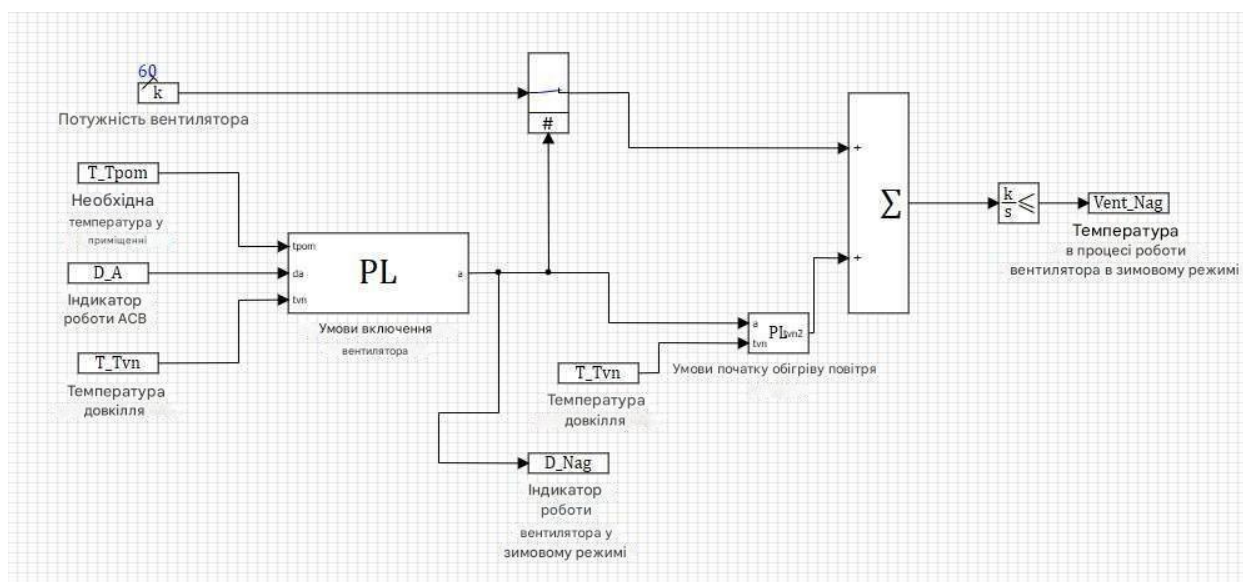


Рисунок 3.23 - Проект VentNag.prt

```
input Tpom,DA,Tvn;
output A;

if (Tvn>Tpom) and (DA=1) then A = 0
if (Tvn<Tpom) and (DA=1) then A = 1
```

Рисунок 3.24 - Умови роботи вентилятора

Вентилятор буде працювати, коли зовнішня температура буде нижче бажаної температури в приміщенні, а сама СКУД працює (тобто вище 5 градусів). Перемикач у цьому проекті імітує роботу заслінки. Блок програмування описує умови роботи вимикача (заслінки). (рисунок 3.25)

```

input A, Tvn;
output Tvn2;

if A=1 then Tvn2=Tvn
if A=0 then Tvn2=0
    
```

Рисунок 3.25 - Умова вибору температури

Якщо на вхідну змінну А подати сигнал, що дорівнює 1, значення зовнішньої температури передається далі для нагріву повітря; оскільки коли значення А дорівнює 0, стан вентилятора є «Не працює».

### Проект VentOx1.prt

У цьому проекті реалізована робота вентилятора в літньому режимі. (рисунки 3.26 та 3.27)

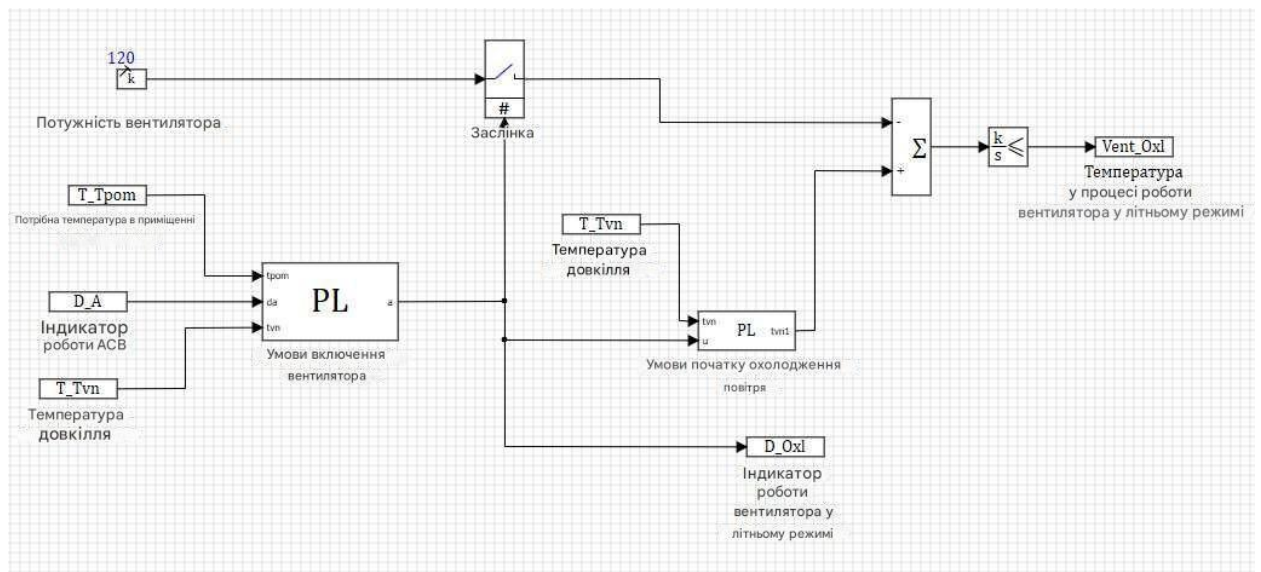


Рисунок 3.26 - Проект VentOx1.prt

```

input Tpom,DA,Tvn;
output A;

if (Tvn<Tpom) and (DA=1) then A = 0
if (Tvn>Tpom) and (DA=1) then A = 1

```

Рисунок 3.27 - Умова роботи вентилятора

Вентилятор буде працювати тільки тоді, коли температура навколишнього середовища вище бажаної кімнатної температури і працює сама СКУД (тобто не нижче 40 градусів). Кнопка в цьому проекті імітує роботу клапана. Блок програмування описує умови роботи кнопки (заслінки). (рисунок 3.28).

```

input Tvn,u;
output Tvn1;

if u=1 then Tvn1=Tvn
if u=0 then Tvn1=0

```

Рисунок 3.28 - Умова вибору температури

Якщо до вхідної змінної u подається сигнал, що дорівнює 1, значення зовнішньої температури далі передається для повітряного охолодження, оскільки коли значення u дорівнює 0, стан вентилятора «не працює».

Анімоване вікно (рисунок 3.29) дозволяє відстежувати температуру та відносну вологість у приміщенні, показуючи режим роботи системи влітку або взимку (зелений - система працює в літньому або зимовому режимі, червоний - система не працює в літньому або зимовому режимі), а також відображає з підсвічуванням температури, при яких система не працює через умови роботи, що виходять з АНУ (червоний - система не працює, тому що зовнішня температура перевищила межу, білий - система працює в нормальному режимі), відповідно до на якому графік встановить температуру в приміщенні,





Обрано щити типу ЩУВЕК завдяки їхній здатності одночасно керувати вентиляторами, електронагрівачами та рекуператорами, забезпечувати захист від перевантажень і аварійні відключення.

Модульна конструкція щита дозволяє легко розширювати систему новими входами/виходами без повної заміни обладнання.

Канальні датчики температури AKF10 IP65 забезпечують високоточне вимірювання припливного й витяжного повітря в діапазоні  $-35...+90$  °С.

Електроприводи BELIMO BFN230 із вбудованою пружиною повернення гарантують надійне відкриття-закриття заслінок навіть при відключенні живлення.

Термостати KP61 та реле перепаду тиску PS500 упевнено контролюють режими захисту від замерзання/перегріву й забруднення фільтрів.

Обрано за його програмованість (FBD), розширювані I/O-модулі та підтримку протоколів Modbus/Ethernet.

Наявність вбудованого архіву та графічного інтерфейсу SMArt дозволяє здійснювати віддалений моніторинг і швидко вносити зміни в алгоритми керування.

Створено пакет із п'яти проектів (ProverkaZapuska, Operator, VentA, VentNag, VentOxl), що ілюструють роботу системи в літньому/зимовому режимах, перевірку умов запуску й анімацію станів.

Модель підтвердила коректність обраних алгоритмів автоматизації: система плавно перемикає режими, підтримує задані температурні й вологісні параметри та своєчасно реагує на аварійні ситуації.

Отже, третій розділ успішно вирішив завдання підбору, інтеграції та тестування апаратно-програмних компонентів автоматизованої вентиляційної системи, що підтверджує її працездатність, надійність і готовність до впровадження в умовах майнінг-ферми.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання бакалаврської роботи було проведено комплексне дослідження та розробку системи автоматичного керування повітряними потоками у приміщеннях майнінг-ферм. Головною метою роботи було створення ефективної та надійної системи вентиляції, яка би забезпечувала оптимальний мікроклімат, запобігала перегріву обладнання та сприяла підвищенню продуктивності майнінг-ферми при мінімальних енергетичних витратах.

У першому розділі детально розкрито призначення та класифікацію систем вентиляції, охарактеризовано вимоги до продуктивності і норми повітрообміну згідно з сучасними стандартами. Проведено аналіз переваг припливно-витяжних систем із рекуперацією тепла, які дають змогу не лише підтримувати необхідний рівень свіжого повітря, а й економити енергію за рахунок повернення частини теплоти витяжного повітря. Особливу увагу приділено застосуванню таких систем для майнінг-ферм, де інтенсивне виділення тепла відеокарт і ASIC-майнерів вимагає високої продуктивності вентиляційного обладнання. На основі літературних даних було показано, що правильно спроектована схема вентиляції дозволяє замінювати повітря в приміщенні до 30–70 разів за годину, зберігаючи при цьому допустимий температурний режим (20–25 °C) і оптимальну вологість.

Другий розділ присвячено автоматизації системи керування повітряними потоками. Описано структуру організації майнінг-ферми, розглянуто вимоги до мікроклімату в різні пори року та розроблено методику розрахунку систем охолодження для літнього й зимового періодів. Було обґрунтовано вибір типових електроventильаторів, фільтрів, електричних заслінок та теплообмінників, а також проведено розрахунок повітряного потоку й теплового навантаження за формулою  $Q = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T$ . Функціональна схема керування, що включає термостати, реле перепаду тиску

					КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	57
		№ докум.	Підпис			



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ Б EN 13779:2007. Інженерні системи вентиляції та кондиціонування повітря. Загальні принципи проектування. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2007. 64 с.
2. ДСТУ EN 12831:2012. Опалення будівель. Розрахунок теплового навантаження. Київ: Мінрегіонбуд України, 2012. 72 с.
3. ДСТУ В В.2.2-15:2005. Планування житлових будинків. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2005. 88 с.
4. ДСТУ Б EN 15251:2012. Внутрішнє середовище будівель. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2012. 56 с.
5. ДСТУ EN 50491-5:2015. Розумні мережі та сервіси. Частина 5: Інтерфейси. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 48 с.
6. ДСТУ EN 61508-1:2011. Функціональна безпека електронних систем керування. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2011. 120 с.
7. ДСТУ EN 1751:2004. Вентиляційні клапани контрольованого витрату. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2004. 32 с.
8. ДСТУ EN 60617-2:2013. Графічні символи для електричних схем. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2013. 64 с.
9. IEC 61131-3:2013. Programmable Logic Controllers. Part 3: Programming Languages. Geneva: IEC, 2013. 120 p.
10. ДСТУ EN 61511-1:2007. Функціональна безпека – системи безпеки технологічного процесу. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2007. 96 с.
11. Іванов П.І., Петров В.В. Проектування інженерних мереж житлових будинків. Київ: Техніка, 2015. 328 с.
12. Коваленко М.О., Литвиненко О.Г. Технології енергоефективного будівництва. Львів: Ліга-Пресс, 2018. 256 с.
13. Сидоренко О.І. Гідравлічні системи опалення. Харків: Фоліант, 2014. 192 с.

					КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	59
		№ докум.	Підпис			



28. Webb J.W., Reis R.A. Programmable Logic Controllers: Principles and Applications. 6th ed. Boston: Pearson, 2017. 624 p.
29. Coghill R.A., Leifer F.C. Process Control: Theory and Applications. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2016. 896 p.
30. Ogata K. Modern Control Engineering. 5th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010. 792 p.
31. Malhotra T.K. Refrigeration and Air Conditioning. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2018. 816 p.
32. Granito A.M., Faulhaber C.E. HMI Design Patterns. .NET Guild, 2014. 142 p.
33. Deshpande D.A. Human–Machine Interface Design: Getting It Right. Boca Raton: CRC Press, 2015. 224 p.
34. Patterson D.A., Hennessy J.L. Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface. 5th ed. Burlington: Morgan Kaufmann, 2013. 784 p.
35. Thomas D., Knight J. Mechatronics Handbook. Boca Raton: CRC Press, 2018. 1248 p.
36. Sen P.C., Chakraborty A. Distribution System Modeling and Analysis. Boca Raton: CRC Press, 2017. 456 p.
37. Rockwell Automation. Allen-Bradley SLC 500 Hardware Reference Manual. Milwaukee, WI, 2015. 400 p.
38. Rockwell Automation. RSLogix 500™ User Manual. Milwaukee, WI, 2016. 512 p.
39. Rockwell Automation. FactoryTalk View™ SE User Manual. Milwaukee, WI, 2018. 672 p.
40. IEC 61131-3:2013. Programmable Logic Controllers. Part 3: Programming Languages. Geneva: IEC, 2013. 120 p.

						КВРАКІТ.2021039.01.13 ПЗ	61
		№ докум.	Підпис				

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Питлик Любомир Аркадійович

Тема: Автоматизована система керування повітряним потоком

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

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 61

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування витратами повітря в системах вентиляції
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз стану питання щодо типових рішень побудови систем керування повітряним потоком та поставлено технічне завдання. У другому розділі проведено розробку структурної схеми автоматизованої системи керування повітряним потоком та обґрунтовано вибір її технічних засобів. У третьому розділі розроблено алгоритм керування та програмне забезпечення для автоматизованої системи керування повітряним потоком, а також проведено інтеграцію компонентів запропонованої розробки.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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


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

8. Інші зауваження: відсутні \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (4.75/A)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) \_\_\_\_\_  
Тетрушан Володимир Степанович,  
доц. каф. ТМІТ

"16" 06 2025 р.

  
(підпис)

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

Любомир ПИТЛИК

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курс, групи АКІТ-21-1

### ЗАЯВА

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

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism 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.

02.06.25

дата

Л.Питлик

підпис

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

**Автор:** Любомир ПИТЛИК

**Співавтор:**

**Назва:** Питлик Л. Антиплагіат

**Експерт:**

**Підрозділ:** Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

**Коефіцієнт подібності 1:** 5.7%

**Коефіцієнт подібності 2:** 1.1%

**Мікропробіли:** 0

**Заміна букв:** 2

**Інтервали:** 0

**Білі знаки:** 0

**Дата створення звіту:** 2025-06-16 08:30:46.0

**Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:**

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

**Обґрунтування:**

2025-06-16



Доцент Микола Федула

Дата

експерт

# Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

**The maximum coincidence with one document 1.0%**

Dictionary check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Errors in the documents: 9%**

ID: 246019 Title: БКР Автоматизована система керування повітряним потоком Added in a DB: 2025-06-16 Authors: Любомир ПИТЛИК Heads: Людмила КОРЕЦЬКА Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	48926	790	1543 (3%)	23 (3%)

## Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

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

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

Назва: Автоматизована система керування повітряним потоком

Автор: Питлик Любомир Аркадійович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

Науковий керівник: Корецька Людмила Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

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

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

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

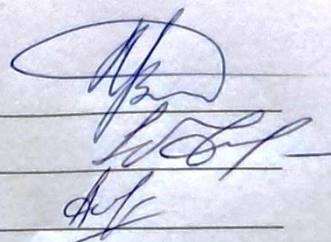
3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 5,69% і адресується до 20 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Людмила КОРЕЦЬКА