

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Управління енергетичними та економічними процесами»

Кафедра «Електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕТЕМ
 /Андрій МУХА/
(підпис)

Дата 20/12. 2023

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

на тему: «Дослідження можливостей підвищення енергоефективності систем опалення та вентиляції промислових будівель шляхом їх автоматизації»
за освітньою програмою: «Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті»

зі спеціальності: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав: студент
групи «ЕЕ2221»


(підпис студента)

/Олександр ЛІНЬОВ/
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/доц. Дмитро УСТИМЕНКО/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:


(підпис)

/доц. Оксана КАРЗОВА/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

(назва розділу)

(підпис)

//
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

//
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

//
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

//
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Дніпро – 2023 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty «Management of energy and economic processes»

Department «Electrical engineering and electromechanics»

Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic: «Research on the possibilities of increasing the energy efficiency of heating and ventilation systems of industrial buildings through their automation»
according to educational curriculum «Energy and electromechanical systems in transport»

in the Speciality: «141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics»

Done by the student of the group EE2221:

/Oleksandr LINOV/

Scientific Supervisor:

/Dmytro USTYMENKO/

Normative controller:

/Oksana KARZOVA/

Supervisors

(Chapter title heading)

// _____
(position, name, surname)

(Chapter title heading)

// _____
(position, name, surname)

(Chapter title heading)

// _____
(position, name, surname)

(Chapter title heading)

// _____
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Факультет «Управління енергетичними та економічними процесами»

Кафедра: «Електротехніка та електромеханіка»

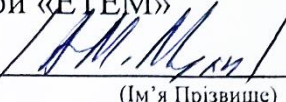
Рівень вищої освіти: магістр

Освітня програма: «Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті»

Спеціальність: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри «ЕТЕМ»

 
(підпис) (Ім'я Прізвище)

« 01 » 06 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

студенту Ліньов Олександр Володимирович

1. Тема роботи: «Дослідження можливостей підвищення енергоефективності систем опалення та вентиляції промислових будівель шляхом їх автоматизації»

Керівник роботи: Устименко Дмитро Володимирович, доцент

затверджені наказом № 56 ст від 18.01.2023

2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Локомотивні депо, спеціалізовані майстерні по ремонту вузлів електрорухомого складу.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: Вступ. Аналіз літературних джерел та нормативної документації зі вказаного питання. Вимоги до мікроклімату робочого місця. Класифікація та типові рішення систем вентиляції, кондиціонування та опалення промислових приміщень.

4.2 Основна частина: Технологічна характеристика обладнання для підтримання мікроклімату в робочій зоні в умовах локомотивного депо. Апаратна частина системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату в робочій зоні.

4.3 Охорона праці та захист навколишнього середовища: Захист персоналу від ураження електричним струмом під час експлуатації систем вентиляції, опалення та кондиціонування.

4.4 Економічна частина: –

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Вимоги до мікроклімату в робочих зонах виробничих підприємств. Класифікація систем вентиляції, кондиціонування та опалення промислових приміщень;

2. Технологічна характеристика обладнання для підтримання мікроклімату;

3. Апаратні засоби систем автоматизації, їх характеристики та функціональні можливості.

4. Енергосективна система забезпечення мікроклімату в робочих зонах локомотивного депо.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

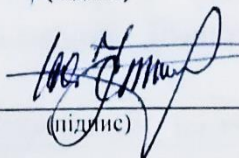
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Аналіз літературних джерел та нормативної документації зі вказаного питання.	13.11.2023	10%
2	Вимоги до мікроклімату робочого місця. Класифікація та типові рішення систем вентиляції, кондиціонування та опалення промислових приміщень.	17.11.2023	15%
3	Технологічна характеристика обладнання для підтримання мікроклімату в робочій зоні в умовах локомотивного депо.	22.11.2023	25%
4	Апаратна частина системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату в робочій зоні.	28.11.2023	35%
5	Захист персоналу від ураження електричним струмом під час експлуатації систем вентиляції, опалення та кондиціонування.	30.11.2023	10%
6	Загальні висновки та додатки.	03.12.2023	5%
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри.	04.12.2023	-
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії.	18.12.- 31.12.2023	-

Студент


(підпис)

Олександр ЛІНЬОВ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)

доц. Дмитро УСТИМЕНКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

№ ряд ка	Фор мат	Позначення	Назва	Кільк. арк.	№ екз.	Прим
1			<u>Документація загальна</u>			
2			Заново розроблена			
3	A4	7.141.190462.ПЗ	Пояснювальна записка	71		
4			Запозичена			
5			<u>Графічна частина</u>			
6			Заново розроблена			
7	A4	7.141.190462.01	Вимоги до мікроклімату	1		
8			робочого місця та загальні			
9			характеристики систем			
10			вентиляції			
11	A4	7.141.190462.02	Характеристика об'єкту	1		
12			автоматизації та механічне			
13			обладнання вентиляційної			
14			системи			
15	A4	7.141.190462.03-04	Апаратна частина	2		
16			системи автоматизації			
17			обладнання для підтримання			
18			мікроклімату			
19						
20						
21			Запозичена			
22						
23			<u>Електронна частина</u>			
24						

					7.141.190462.ПЗ		
Зми.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість кваліфікаційної роботи		
Розробив	Ліньов О.В.			27.11			
Оси. керів.	Устименко Д.В.			28.11			
Консульт.							
Н. контр.	Карзова О.О.			04.12			
Зав. кафед.	Муха А.М.			04.12	МОН України. УДУНТ Кафедра «ЕТЕМ» Група ЕТ2221		
					Стад.	Аркуш	Аркушів
							1

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота на тему «Дослідження можливостей підвищення енергоефективності систем опалення та вентиляції промислових будівель шляхом їх автоматизації» складається з 5 розділів та містить: 71 сторінку основного тексту, 14 таблиць, 31 рисунок, 26 літературних джерел, додаток.

Мета роботи – визначення потенціалу енергозбереження автоматичних систем підтримання мікроклімату промислових будівель та умов при яких він досягається.

В розділі 1 встановлені метеорологічні умови виробничої зони промислового приміщення. Проведено аналіз систем вентиляції та опалення і визначено оптимальну структуру системи підтримання мікроклімату. Встановлено, що для промислових будівель найбільш придатною є загальнообмінна припливно-витяжна механічна система вентиляції та запропонована її структура на прикладі відділення з ремонту лужних акумуляторів локомотивного депо.

Розділ 2 присвячений вивченню особливостей об'єкту автоматизації та вибору основного механічного обладнання для побудови його системи вентиляції.

В розділі 3 розроблена структура та функціональний склад автоматичної системи вентиляції у відділенні з ремонту лужних акумуляторів локомотивного депо, а також виконано вибір засобів автоматизації. Застосування утилізатора теплоти вентиляційних викидів та регульованого електроприводу вентиляторних установок дозволяє знизити витрати електричної енергії майже на 50 % у порівнянні з системою де дані елементи відсутні.

В розділі 4 наведені режими роботи установки автоматичного підтримання мікроклімату, а також алгоритми функціонування основних її вузлів.

Розділ 5 містить інформацію про захист персоналу від ураження електричним струмом під час експлуатації систем вентиляції та опалення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВЕНТИЛЯЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, МІКРОКЛІМАТ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, КОНТРОЛЕР, ДАТЧИК, РЕКУПЕРАТОР

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ВИМОГИ ДО МІКРОКЛІМАТУ РОБОЧОГО МІСЦЯ. КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ	11
1.1 Тепловий та вологісний режим промислових приміщень	11
1.2 Загальна характеристика систем опалення	14
1.3 Загальна характеристика систем вентиляції.....	16
РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	20
2.1 Споруди локомотивного депо та їх характеристики	20
2.2 Опис технологічного процесу вентиляції відділення з ремонту лужних акумуляторів.....	27
2.3 Вимоги до системи автоматичного керування вентиляційною установкою.....	31
РОЗДІЛ 3 АПАРАТНА ЧАСТИНА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ВІДДІЛЕНІ З РЕМОНТУ ЛУЖНИХ АКУМУЛЯТОРІВ	33
3.1 Структура та функціональний склад системи вентиляції у відділенні з ремонту лужних акумуляторів.....	33
3.2 Вибір засобів автоматизації системи вентиляції у відділенні з ремонту лужних акумуляторів.....	36
3.2.1 Програмований логічний контролер ОВЕН ТРМ1033-31.00.....	36
3.2.2 Датчик контролю температури Belimo 01CT-1BH	41
3.2.3 Датчик перепаду тиску (PDS) ОВЕН РД30-ДД200.....	42
3.2.4 Капілярний термостат ОВЕН РТ50-2.....	45
3.2.5 Перетворювач частоти Danfoss VLT HVAC Drive FC102.....	47
3.2.6 Триходовий регулюючий клапан Danfoss VRB3 з редукторним електроприводом Danfoss AME435.....	49
3.2.7 Циркуляційний насос Grundfos UPS Series 200	52
3.2.8 Електропривод повітряних заслінок Belimo LF230-S	53

					Пояснювальна записка						
					Дослідження можливостей підвищення енергоефективності систем опалення та вентиляції промислових будівель шляхом їх автоматизації	Літ.		Маса	Масштаб		
										1:1	
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Ліньов О.В.		27.11							
Перевірив		Устименко Д.В.		28.11							
Т. контр.						Арк. 7		Аркушів 71			
Реценз.					7.141.190462.ПЗ	Український державний університет науки і технологій, група ЕЕ2221					
Н. контр.		Карзова О.О.		28.12							
Затвердив		Муха А.М.		29.12							

РОЗДІЛ 4 РЕЖИМИ РОБОТИ ТА КЕРУВАННЯ УСТАНОВКОЮ ПІДТРИМАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ВІДДІЛЕНІ З РЕМОНТУ ЛУЖНИХ АКУМУЛЯТОРІВ.....	55
4.1 Режими роботи установки автоматичного підтримання мікроклімату.....	55
4.2 Порядок запуску системи автоматичного підтримання мікроклімату	58
4.3 Алгоритми роботи основних вузлів системи автоматичного підтримання мікроклімату.....	59
РОЗДІЛ 5 ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛУ ВІД УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ОПАЛЕННЯ	65
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	69
СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ	72
ДОДАТОК А	73

ВСТУП

Енергозбереження стало одним з пріоритетних напрямків технічної політики у всіх розвинених країнах світу. Це пов'язано, по-перше, з вичерпанням традиційних невідновлювальних паливно-енергетичних ресурсів та відсутністю реальних альтернатив їх заміни, по-друге, з глобальними екологічними проблемами, що пов'язані з їх використанням.

Курс на активізацію та інтенсифікацію політики заощадження електричної енергії знайшов відображення в Законах України «Про електроенергетику» та «Про енергозбереження», комплексній державній програмі енергозбереження, регіональних програмах, рекомендаціях Ради Європи тощо [1].

Міри направлені на енергозбереження в системах опалення та вентиляції можна розділити на декілька основних груп:

- Організація обліку й контролю за використанням енергоносіїв. Зводиться до виявлення фактичного споживання енергії та відхід від оплати по тарифах і питомих нормативах опалення;
- Будівельно-конструктивні заходи (сонце-, вітрозахисні пристрої, ступінь та характер заklenня, орієнтація будівлі по сторонам світу та інше);
- Технічні міри направлені на удосконалення інженерних систем та їх елементів (тип теплоносія, вид опалення/вентиляції/кондиціонування, автоматизація процесу управління інженерними системами тощо);
- Утилізація природної теплоти й холоду, використання вторинних енергоресурсів, зменшення теплових втрат.

Вентиляція та опалення має важливе значення у виробничому процесі на промислових підприємствах, транспорті, в громадських закладах, бізнес центрах та побуті, оскільки можливість проведення робіт, тривалість та якість зберігання продукції, здоров'я і продуктивність праці працівників значною мірою залежить від якості повітря виробничих, складських, торгових, бізнес чи житлових приміщень [2, 3].

За оцінкою ряду авторів в середньому 5...8% від усього об'єму електроенергії країни витрачається у вентиляційних системах [1].

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Енергетична ефективність при зміні частоти обертання робочих коліс турбомашин доведена давно, однак тривалий час на енергозбереження в вітчизняних вентиляційних установках не звертали серйозної уваги. Основними чинниками, що стримували впровадження енергозберігаючих технологій були: відносна дешевизна енергетичних ресурсів та низький рівень надійності енергозберігаючого обладнання, до того ж в системах такого типу критерій надійності завжди ставився вище енергетичної ефективності.

Розвиток електронних перетворювачів, мікропроцесорної техніки, теоретичні та експериментальні дослідження в сфері систем опалення та вентиляції стали базисом для побудови високоефективних систем автоматичного управління режимами їх роботи. Енергоощадними, тобто економічно ефективними, системи опалення та вентиляції можуть бути лише у випадку, коли вони є автоматично керованими [3].

Таким чином, питання дослідження шляхів і способів підвищення енергоефективності функціонування систем опалення та вентиляції промислових будівель є актуальними та важливими.

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ВИМОГИ ДО МІКРОКЛІМАТУ РОБОЧОГО МІСЦЯ. КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ

1.1 Тепловий та вологісний режим промислових приміщень

В приміщення промислових будівель мають підтримуватись необхідні метеорологічні умови, що визначаються санітарно-гігієнічними нормами для нормального самопочуття людини чи вимогами технологічного процесу, тобто певний мікроклімат [4]. Оскільки конструкція будівлі не повністю захищає від впливу зовнішнього клімату, то для створення комфортних умов у приміщенні призначенні системи опалення, вентиляції та кондиціонування.

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються наступними показниками [5]:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення;
- температура поверхні.

За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичні умови поділяють на оптимальні та допустимі.

Оптимальними параметрами мікроклімату є така сукупність показників мікроклімату, при якій тривалий і систематичний їх вплив на людину дозволяє зберегти теплову рівновагу в організмі за відсутності напруги в його системі терморегуляції, та відчуття комфорту не менше ніж у 80% людей, що знаходяться у приміщенні [4].

Допустимими параметрами мікроклімату є така сукупність кількісних показників мікроклімату, при якій тривалий і систематичний їх вплив на людину може викликати зміни теплового стану організму, що супроводжуються напругою в його системі терморегуляції, але які не виходять за межі фізіологічних властивостей та швидко нормалізуються. При цьому не виникає пошкоджень або

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порушень стану здоров'я, але можуть мати місце дискомфортні теплові відчуття, погіршення самопочуття і зниження працездатності [4].

Допустимі величини мікрокліматичних умов встановлюються у випадках, коли на робочих місцях не можна забезпечити оптимальні величини мікроклімату за технологічними вимогами виробництва, технічною недосяжністю та економічно обґрунтованою недоцільністю.

Слід відмітити, що необхідні параметри мікроклімату слід підтримувати в тій частині робочого приміщення, де людина знаходиться протягом робочого часу.

Температурний стан в приміщенні визначається двома умовами комфортності.

Перша умова комфортності встановлює зв'язок між радіаційною температурою приміщення t_R і температурою внутрішнього повітря $t_{вн}$, при яких людина, що знаходиться всередині робочої зони, не відчуває перегріву або переохолодження.

Перша умова комфортності характеризується формулами [4]:

для холодного періоду року

$$t_R = 1,57t_{п} - 0,57t_{вн} \pm 1,5, \quad (1)$$

для теплого періоду року

$$t_R = 1,5t_{п} - 0,5t_{вн} \pm 1,5, \quad (2)$$

де $t_{п}$ – результуюча температура приміщення, °C.

Вплив температури $t_{вн}$ і t_R на комфортний стан людини наведено на рис. 1 [6]

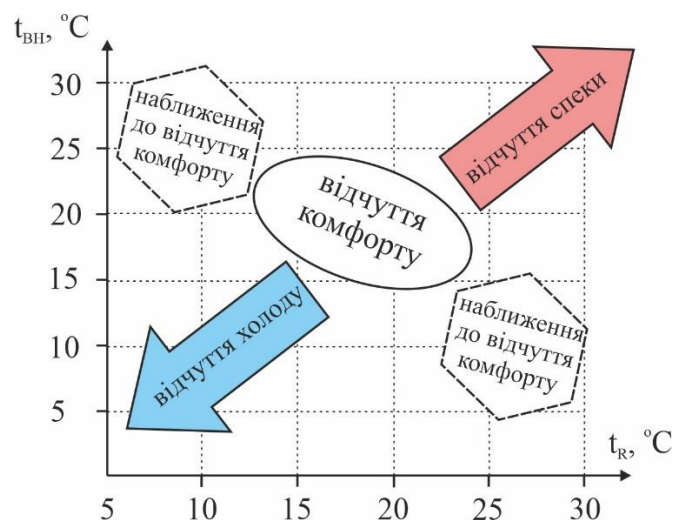


Рисунок 1 – Умови комфортного стану людини

Друга умова комфортності визначає допустимі температури поверхонь при знаходженні людини біля них. На холодній поверхні не повинна конденсуватись волога з повітря. Для відкритих нагрівальних приладів: в зоні до 1 метру від рівня підлоги температура не повинна перевищувати 95°C, в зоні вище 1 метру – до 45°C, температура нагрітих поверхонь і огорожень обладнання не повинна перевищувати 45°C [4].

Згідно до температурних умов встановлюються значення відносної вологості та швидкості повітря.

Нормативні параметри повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Параметри повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Оптимальні норми			Допустимі норми			
		Температура повітря, °C	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с, не більше	Температура повітря, °C		Відносна вологість повітря, %, не більше	Швидкість руху повітря, м/с, не більше
					На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний	Легка: Ia	22-24	60-40	0,1	21-25	18-26	75	0,1
	Iб	21-23	60-40	0,1	20-24	17-25	75	0,2
	Середньої важкості: IIa	19-21	60-40	0,2	17-23	15-24	75	0,3
	IIб	17-19	60-40	0,2	15-21	13-23	75	0,4
	Важка: III	16-18	60-40	0,3	13-19	12-20	75	0,5
Теплий	Легка: Ia	23-25	60-40	0,1	22-28	20-30	75	0,2
	Iб	22-24	60-40	0,2	21-28	19-30	75	0,3
	Середньої важкості: IIa	21-23	60-40	0,3	18-27	17-29	75	0,4
	IIб	20-22	60-40	0,3	15-27	15-29	75	0,5
	Важка: III	18-20	60-40	0,4	15-26	13-28	75	0,6

1.2 Загальна характеристика систем опалення

Календарний рік прийнято ділити на два періоди:

- теплий (середньодобова температура зовнішнього повітря більше 8°C);
- холодний або опалювальний (середньодобова температура зовнішнього повітря нижче 8°C).

Будь-які системи опалення призначені для нагріву приміщень з метою компенсації теплових втрат та підтримання нормованої температури із середньою незабезпеченістю 50 год/рік [7].

Опалення промислових приміщень може відбуватись двома способами: конвективним або променевим. До першого відносять опалення, при якому температура внутрішнього повітря $t_{\text{вн}}$ підтримується на більш високому рівні у порівнянні з радіаційною t_R ($t_{\text{вн}} > t_R$). До променевих відносять усі варіанти в яких радіаційна температура приміщення перевищує температуру внутрішнього повітря ($t_R > t_{\text{вн}}$).

Основними елементами систем опалення є генератор теплоти (теплообмінник), теплопроводи та нагрівальні прилади [4].

Системи опалення класифікують за температурою теплоносія на: високотемпературні (більше 150°C), середньотемпературні ($70...150^{\circ}\text{C}$) та низькотемпературні (до 70°C).

За радіусом дії системи опалення поділяють:

- місцеві (генератор теплоти, теплопроводи та нагрівальні прилади об'єднанні в одному пристрої);
- центральні, в яких генератор теплоти (котельня або ТЕЦ) винесений за межі опалювальних приміщень.

Найбільш поширеними серед промислових будівель, що експлуатуються на підприємствах транспорту (локомотивні депо, ремонтні заводи тощо) є водяні, парові, повітряні та комбіновані системи центрального опалення.

У водяних системах опалення теплоносієм є гаряча вода. Розрізняють системи з природною та примусовою циркуляцією (використовують насоси або водоструминні ежектори). Такі системи добре піддаються регулюванню.

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В парових системах використовується суха насичена пара. Переміщення пари по паропроводах відбувається за рахунок надлишкового тиску. В нагрівальних приладах пара конденсується, при цьому теплота виділяється під час її фазового переходу і віддається повітрю приміщення. Парові системи мають ряд недоліків до яких відноситься неможливість оперативного регулювання температури нагрівальних приладів при зміні температури зовнішнього повітря.

Повітряні системи в залежності від теплоносія, що використовується для нагрівання повітря, ділять на:

- водоповітряні;
- пароповітряні;
- газоповітряні;
- електроповітряні.

Повітряні системи з примусовою циркуляцією мають обмежений радіус дії, що обумовлено значним перерізом повітропроводів, що в свою чергу призводить до значних площ поверхонь з яких тепло відається в навколишнє середовище, тобто повітря при транспортуванні від генератора теплоти встигає значно охолотитись.

Ти не менш такі системи використовуються у сполучені з механічною вентиляцією або у вигляді місцевих систем з високотемпературним первинним теплоносієм для опалень приміщень великих об'ємів. Також одним з видів повітряних систем є теплові завіси, де в якості нагрівального елементу може бути вода або електричний тен, їх основним призначенням є створення теплового бар'єру біля входів в приміщення (двері, ворота та інше).

В комбінованих системах опалення використовується декілька теплоносіїв, або один теплоносій з різними параметрами. До таких систем відносяться пароводяні, водоводяні та усі види повітряного опалення.

Експлуатаційне регулювання теплового потоку нагрівальних приладів може бути:

- якісним (досягається зміною температури теплоносія, що надходить до системи опалення);
- кількісним (здійснюється зміною витрати теплоносія і може реалізовуватись на кожному індивідуальному нагрівальному пристрої).

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Експлуатаційне регулювання теплопередачі нагрівальних приладів можна автоматизувати (регулювання при відхиленні температури повітря у приміщенні від заданого рівня). З цією метою використовуються терморегулювальні клапани.

1.3 Загальна характеристика систем вентиляції

Основною умовою нормальної життєдіяльності людини є відповідний стан навколишнього середовища і, в першу чергу, повітря. Вважається, що за ступенем важливості склад повітря більш важливий ніж склад харчів. Наприклад, за добу людина споживає біля 3 кг харчів, а повітря – 15 кг, у тому числі 15 літрів кисню за годину. В той же час людина виділяє за годину 18...36 літрів вуглекислого газу, 40...415 грамів вологи і 300...1000 кДж теплоти [8].

Шкідливі гази, надлишок теплоти і вологи з урахуванням зміни температури повітря суттєво впливають на самопочуття людини. Встановлено, що збільшення температури навколишнього середовища з 20°C до 36°C викликає зменшення продуктивності людини приблизно у п'ять разів [8].

Основне завдання вентиляції полягає в видаленні з приміщення забрудненого повітря та подачу до нього свіжого та очищеного навколишнього повітря, що створює необхідний організований повітрообмін. Це в свою чергу сприяє створенню нормальних санітарно-гігієнічних умов для людей, а також забезпечення відповідних вимог технологічних процесів, збереження обладнання, харчів, матеріалів та інше.

Найпростішим способом вентиляції є природне провітрювання, рушійною силою якого є різниця тисків зовнішнього та внутрішнього повітря. Такий спосіб вентиляції носить назву неорганізованого повітрообміну.

До способів організованого повітрообміну відноситься природна та примусова вентиляція, в цих випадках системи вентиляції за конструктивним виконанням можуть бути каналними і безканалними.

Природня вентиляція може здійснюватися двома способами [4, 8]:

- аерація повітря до приміщення або з приміщення через отвори в огороженнях (безканалні системи вентиляції, рис. 2, а);

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- надходження або видалення повітря за повітропроводами або спеціальними каналами (каналні системи, рис. 2, б).

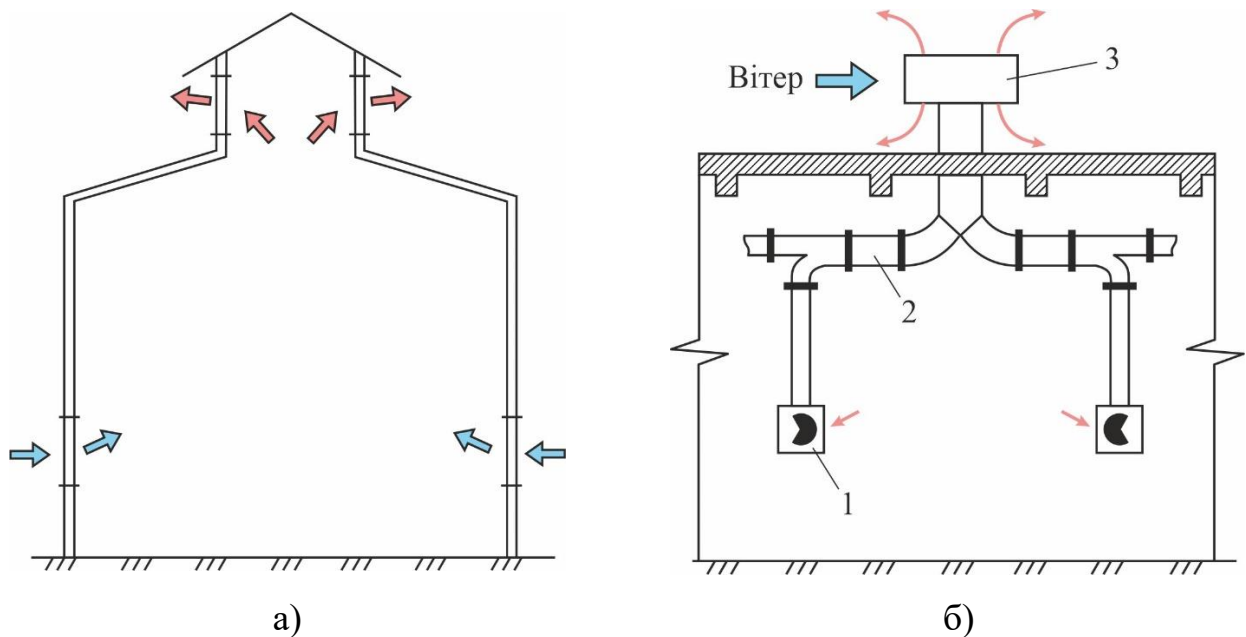


Рисунок 2 – Схеми природної вентиляції аерацією через отвори (а), витяжної під дією вітрового тиску (б):

1– витяжний отвір; 2 – мережа повітропроводів; 3 – дефлектор

Радіус дії каналних систем з природною циркуляцією не перевищує 20...25 метрів, що пояснюється незначним тиском (для приливних систем) або розрідженням (для витяжних систем).

Для промислових будівель найбільш поширеною є примусова вентиляція, в якій повітря переміщується примусово спеціальними пристроями – вентиляторами.

Системи механічної вентиляції поділяються на припливні та витяжні, які за виконанням можуть бути місцевими, загальнообмінними та комбінованими [4, 8].

В місцевих витяжних системах видалення повітря здійснюється безпосередньо з місць забруднення повітря. В місцевих приливних системах подача свіжого, очищеного повітря здійснюється безпосередньо в робочу зону. При використанні місцевих вентиляційних систем досягається найвагоміший економічний ефект за рахунок менших витрат повітря.

В загальнообмінній вентиляційній системі подача і видалення повітря здійснюється незалежно від місць його забруднення. Якщо одночасно застосовується місцева та загальнообмінна системи вентиляції, то має місце, так звана, комбінована система вентиляції.

Якщо в вентиляційних системах має місце змішування зовнішнього та внутрішнього, що викидається, повітря, то така система є припливно-рециркуляційна.

В промислових будівлях підприємств транспорту найбільшого розповсюдження набула загальнообмінна припливно-витяжна механічна вентиляція принципова схема якої наведена на рис. 3 [4].

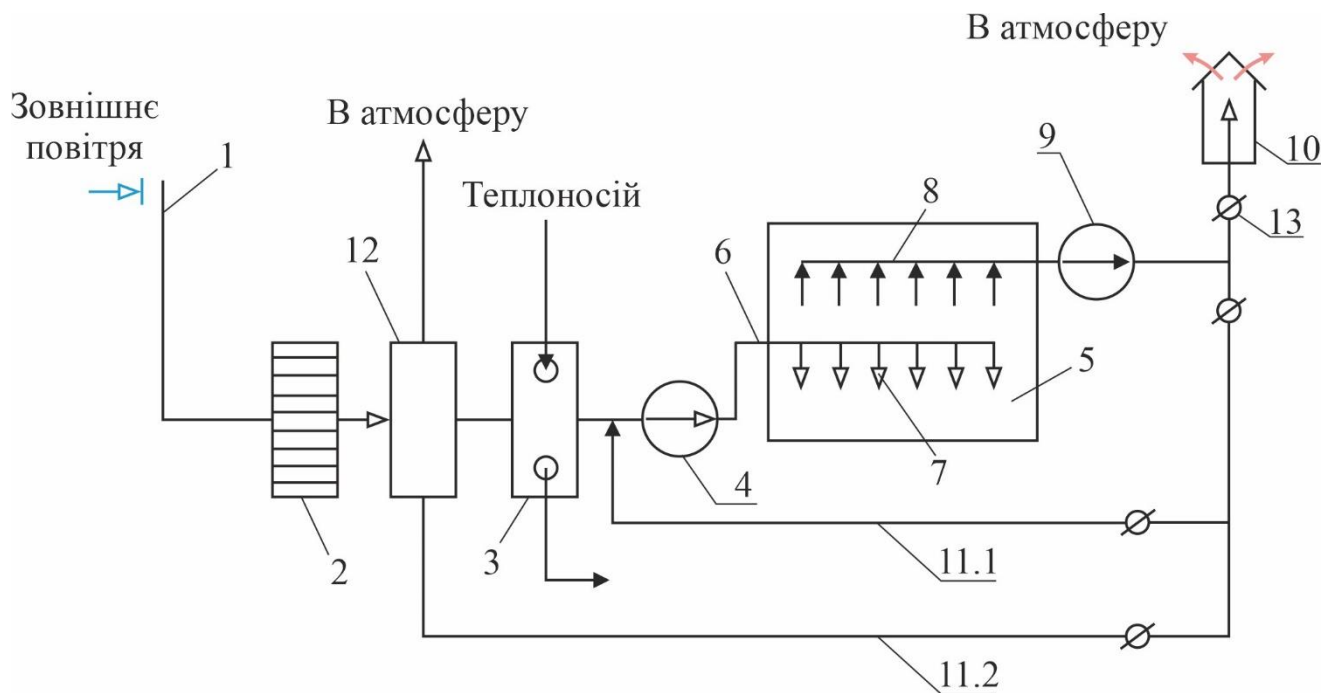


Рисунок 3 – Принципова схема загальнообмінної вентиляції:

1 – повітрозбірник; 2 – фільтр для очищення повітря від пилу; 3 – калорифер для нагрівання повітря в холодний період року; 4 – припливний вентилятор; 5 – приміщення, що вентилюється; 6 – припливний повітропровід; 7 – повітророзподільний пристрій; 8 – витяжний повітропровід; 9 – витяжний вентилятор; 10 – витяжна шахта; 11 – рециркуляційний повітропровід; 12 – утилізатор теплоти вентиляційних викидів (рекуператор); 13 – регулювальні заслінки

Повітря в систему всмоктується припливним вентилятором 4 через повітрозбірник 1. За необхідності зовнішнє повітря очищується від пилу у фільтрі 2, нагрівається у холодну пору року калорифером 3 і через систему розгалужених повітропроводів 6 та повітророзподільних пристроїв 7 подається до приміщення. Відпрацьоване та забруднене повітря через витяжний повітропровід 8 витяжним вентилятором 9 викидається у навколишнє середовище.

Для підвищення енергоефективності систем вентиляції рекомендується утилізувати теплоту вентиляційних викидів. Стосовно схеми рис. 3, якщо повітря,

що викидається з приміщення, не забруднене, то воно рециркуляційним повітропроводом 11.1 надходить на підмішування з зовнішнім повітрям, яке подається від калорифера і потім отримана суміш поступає до приміщення. У разі, якщо повітря, що видаляється, за санітарними нормами не може подаватись до приміщення, то воно рециркуляційним повітропроводом 11.2 надходить на утилізатор теплоти (рекуператор), в якому воно охолоджується, нагріває зовнішнє повітря (при цьому забруднене повітря викидається назовні). Використання утилізатора (рекуператора) якраз і призводить до зменшення енергозатрат в калорифері.

Ще одним з важливих важелів впливу на енергоефективність механічної вентиляції є оптимізація енергозатрат на привід вентиляторів. Відомо, що потужність яка споживається електродвигуном вентилятора має кубічну залежність від швидкості обертання його ротора [9]. Таким чином, застосування регульованого електроприводу вентиляторних установок дозволяє суттєво зменшити їх електроспоживання коли немає необхідності у повній продуктивності. При дросельному регулюванні витрат (за допомогою регулювальних заслінок) зростає загальний аеродинамічний опір вентиляційної системи, який стає більшим від номінального (розрахункового), а споживана потужність майже не змінюється. У випадку використання регульованого електроприводу за рахунок зміни частоти обертання знижується продуктивність й одночасно зменшується напір вентилятора, в результаті чого істотно знижується його споживана потужність, яка пропорційна добутку продуктивності та напору [10]. Практика показує, що в таких установках економія електроенергії досягає 50% [10].

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Споруди локомотивного депо та їх характеристики

Класифікація споруд і пристроїв локомотивного господарства наведена на рис. 4 [11].

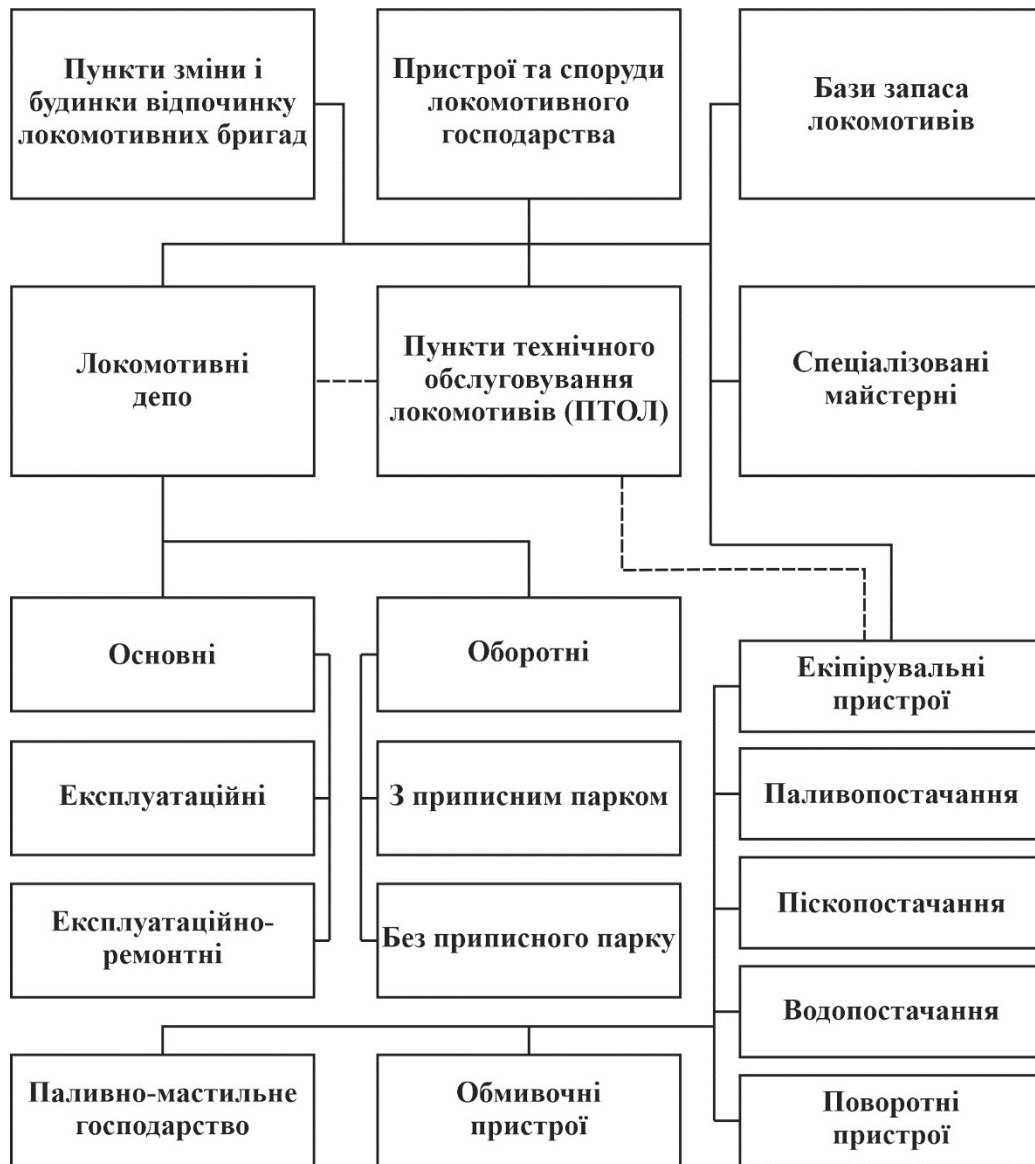


Рисунок 4 – Пристрої і споруди локомотивного господарства

Локомотивне депо представляє собою індустріальне підприємство, ремонтні ділянки і майстерні якого оснащені зварювальним, підйомно-транспортним, механообробним, діагностуючим та іншим технологічним обладнанням. За конфігурацією будівлі локомотивні депо бувають прямокутними або віяловими. В свою чергу прямокутні депо будуються з наскрізними чи тупиковими коліями.

За взаємним розташуванням позицій і майстерень прямокутні депо бувають павільйонного і східчастого типів, а віялові – з поворотним колом або зі стрілочною вулицею.

Виробничі приміщення розташовують в одному або декількох будівлях які з'єднуються між собою проходами чи переходами.

Павільйонні будівлі депо мають найменшу будівельну вартість та можуть застосовуватись для всіх типів локомотивів і маневрового рухомого складу. Конструкція павільйонних будівель дає змогу забезпечити зручне взаємне розташування майстерень, ремонтних позицій і інших виробничих приміщень.

Найбільш розповсюдженні в Україні будівлі депо з наскрізними коліями. Секції будівель депо такого типу виконуються із заходом одна за іншу на 6...12 метрів, а секція поточного ремонту має три паралельні колії. Така компоновка забезпечує зручний захід та вихід локомотивів з ремонтних позицій, достатній рівень природнього освітлення, можливість подальшого розширення. Одним з суттєвих недоліків є значні тепловтрати через великий периметр зовнішніх стін та розташування воріт у протилежних торцевих стінах.

План основного локомотивного депо наведено на рис. 5 а, б.

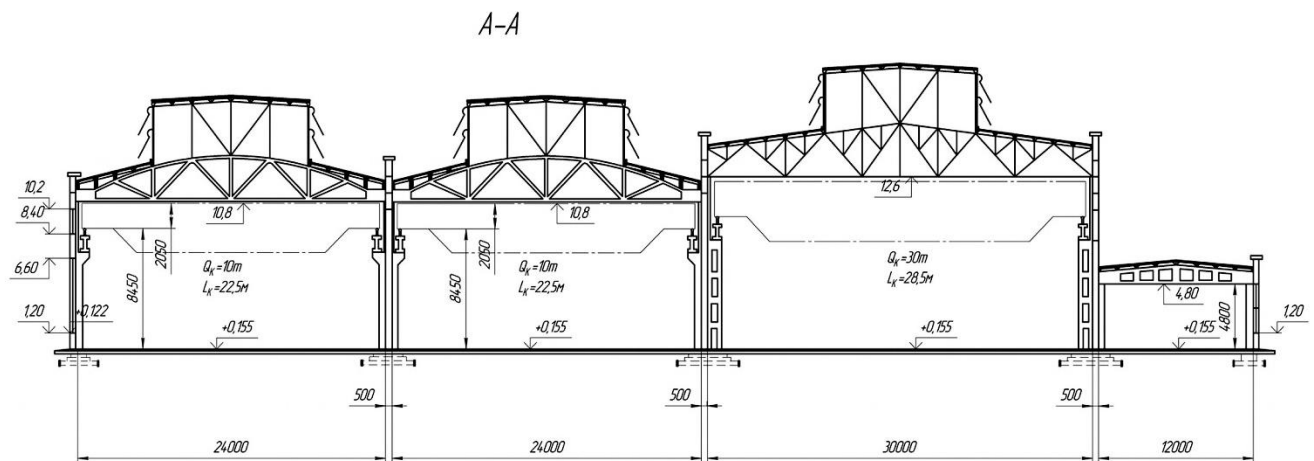


Рисунок 5, а – План основного локомотивного депо (поперечний переріз)

Перевагою прямокутних депо з тупиковими коліями є сприятливі умови для збереження тепла (відсутність протягів). Недоліками депо такого типу є обмежена кількість ремонтних позицій на одній колії, як правило, одна позиція, а також наявність значної кількості паралельних залізничних колій.

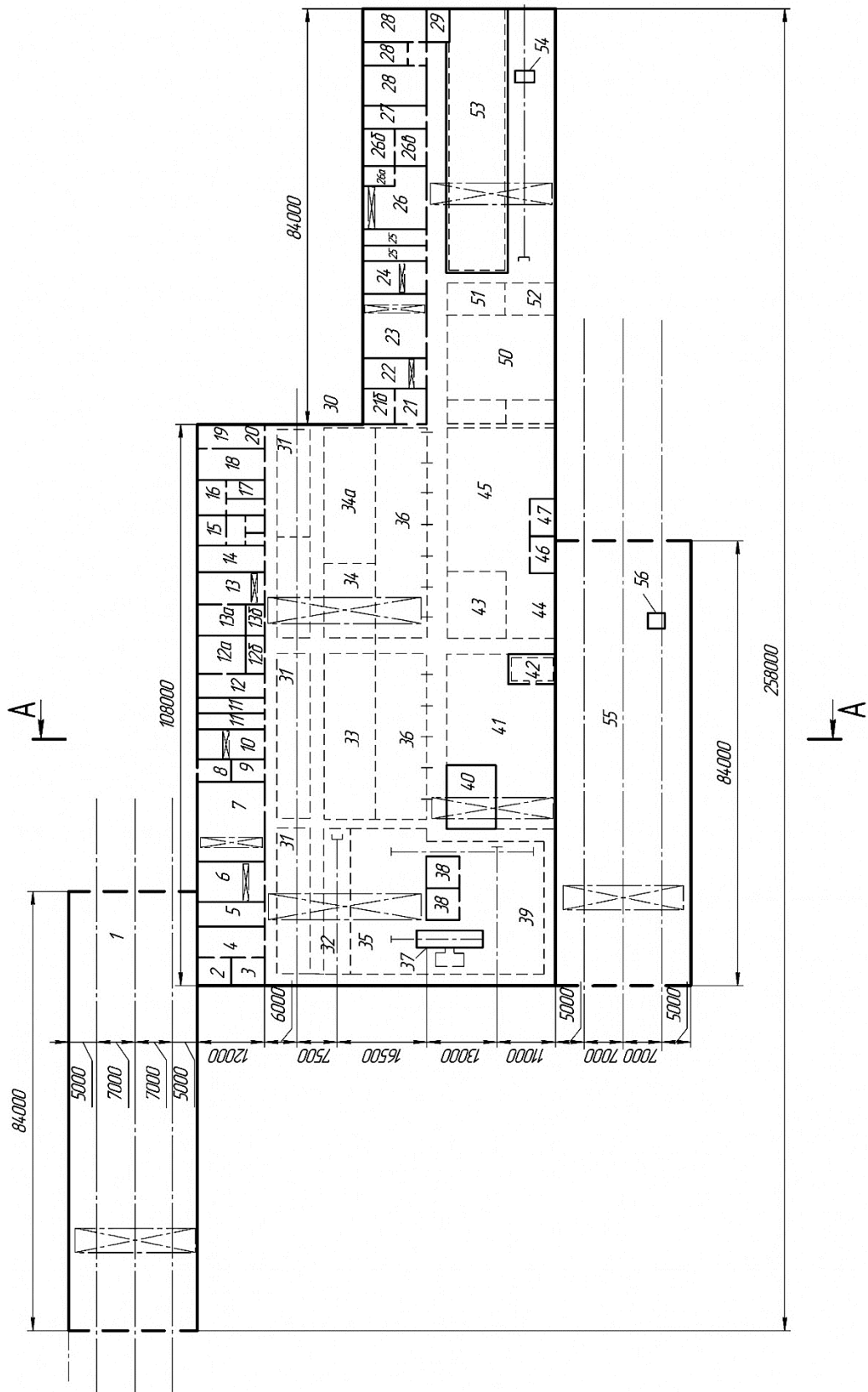


Рисунок 5, б – Основне локомотивне депо в плані (типовий проект)

В структурі типового проекту депо є (рис. 5, б):

- 1 – ділянки ТО-3 і ПР-1;
- 2 – випробувальне відділення;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

7.141.190462.ПЗ

Лист

22

- 3 – мийне відділення;
- 4 – відділення з ремонту паливної апаратури;
- 5 – прохід з ділянок ТО-3 і ПР-1 та вентиляторна на другому поверсі;
- 6 – відділення ремонту фільтрів;
- 7 – відділення ремонту секцій холодильника;
- 8 – газогенераторна;
- 9 – генераторна зварювального відділення;
- 10 – зварювальне відділення;
- 11 – санвузол;
- 12 – відділення ремонту кислотних акумуляторів;
- 12 а – зарядна;
- 12 б – генераторна;
- 13 – відділення ремонту лужних акумуляторів;
- 13 а – зарядна;
- 13 б – електролітна;
- 14 – контора майстрів;
- 15 – комора й роздавальна мастил та обтиральних матеріалів;
- 16 – відділення водопідготовки;
- 17 – агрегатна для вводу і виводу локомотивів;
- 18 – відділення з ремонту контрольно-вимірювальних приладів;
- 19 – відділення з ремонту автостопів і поїзного радіозв'язку;
- 20 – відділення електровимірювальних приладів;
- 21 – інструментальна;
- 21 а – заточувальна;
- 21 б – контрольна;
- 22 – термічне відділення;
- 23 – ковальське відділення;
- 24 – заливальне відділення;
- 25 – санвузол;
- 26 – ділянка з гальванічного покриття;
- 26 а – гальванічне відділення;

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

26 б – комора лаків і фарб;
 26 в – комора хімікатів;
 27 – вентиляторна;
 28 – полімерне відділення;
 29 – столярне відділення;
 30 – ділянка ПР-3 локомотивів;
 31 – поточна лінія ремонту ПР-3 локомотивів;
 32 – позиція для ремонту локомотивів з підвищеним об'ємом;
 33 – місця для зберігання готових візків, колісних пар з буксами, тягових електродвигунів, колісно-моторних блоків;
 34 – місця для зберігання дизелів тепловозів або трансформаторів електровозів;
 34 а – позиція ремонту дизелів або трансформаторів;
 35 – позиція розбирання візків і колісно-моторних блоків;
 36 – поточна лінія ремонту рам візків;
 37 – мийна машина;
 38 – відділення з ремонту роликових підшипників;
 39 – відділення з ремонту букс і колісних пар;
 40 – просочувально-сушильне відділення;
 41 – електромашинне відділення;
 42 – випробувальна станція;
 43 – відділення з ремонту допоміжних електричних машин;
 44 – електроапаратне відділення;
 45 – дизель-агрегатне відділення;
 46 – ділянка з очищення поршнів;
 47 – ділянка перевірки поршнів;
 48 – ділянка виробничого навчання;
 49 – автогальмове відділення;
 50 – механічне відділення;
 51 – ремонтно-господарське відділення;
 52 – відділення електросилового обладнання й електромереж;
 53 – комора депо;

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

54 – скатоопускна канава;

55 – ділянка ПР-2;

56 – верстат для обточування бандажів колісних пар без викочування їх з-під локомотива.

Більшість відділень організовано в окремих приміщеннях чи кімнатах, що знаходяться в основному блоці депо (позиції 2-29, 38, 40, 42, 46, 47 рис. 5, б).

Будівлі депо опалюються водяною системою опалення з подачею теплоносія від власної котельні чи місцевої теплоцентралі. Враховуючи об'єми приміщень та наявність значної кількості воріт для заходу та виходу локомотивів останні обладнуються тепловими завісами (водяними) для створення теплового бар'єру в холодну пору року (рис. 6).

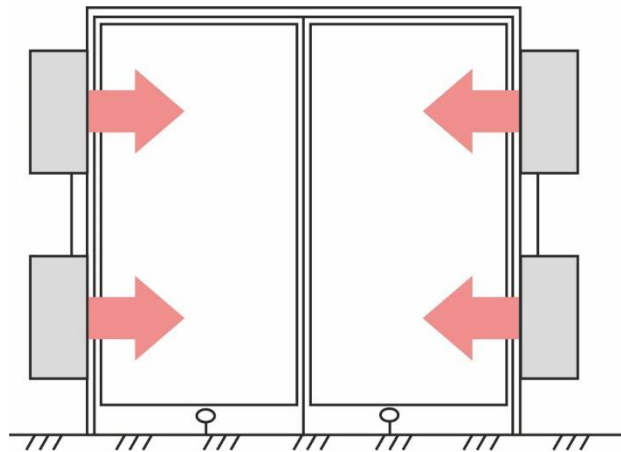


Рисунок 6 – Монтаж теплової завіси на воротах депо

Водні теплові завіси працюють використовуючи воду з системи опалення. Вентилятор теплової завіси обдуваючи розвинену поверхню теплообмінника сприяє формуванню струменя нагрітого повітря, що спрямовується таким чином аби відсікти холодне повітря зовні. Система вмикається в роботу при відчинених воротах і вимикається через деякий час після їх закриття. Для підвищення ефективності роботи теплової завіси її автоматика повинна мати функцію регулювання потужності нагрівального елемента та швидкості електродвигуна вентилятора.

В виробничих будівлях локомотивного депо використовується загальнообмінна припливно-витяжна механічна вентиляція. Детально влаштування та склад вентиляції буде розглянуто на прикладі відділення з ремонту лужних акумуляторів.

План відділення з ремонту лужних акумуляторів з встановленою системою повітропроводів припливно-витяжної механічної вентиляції показано на рис. 7.

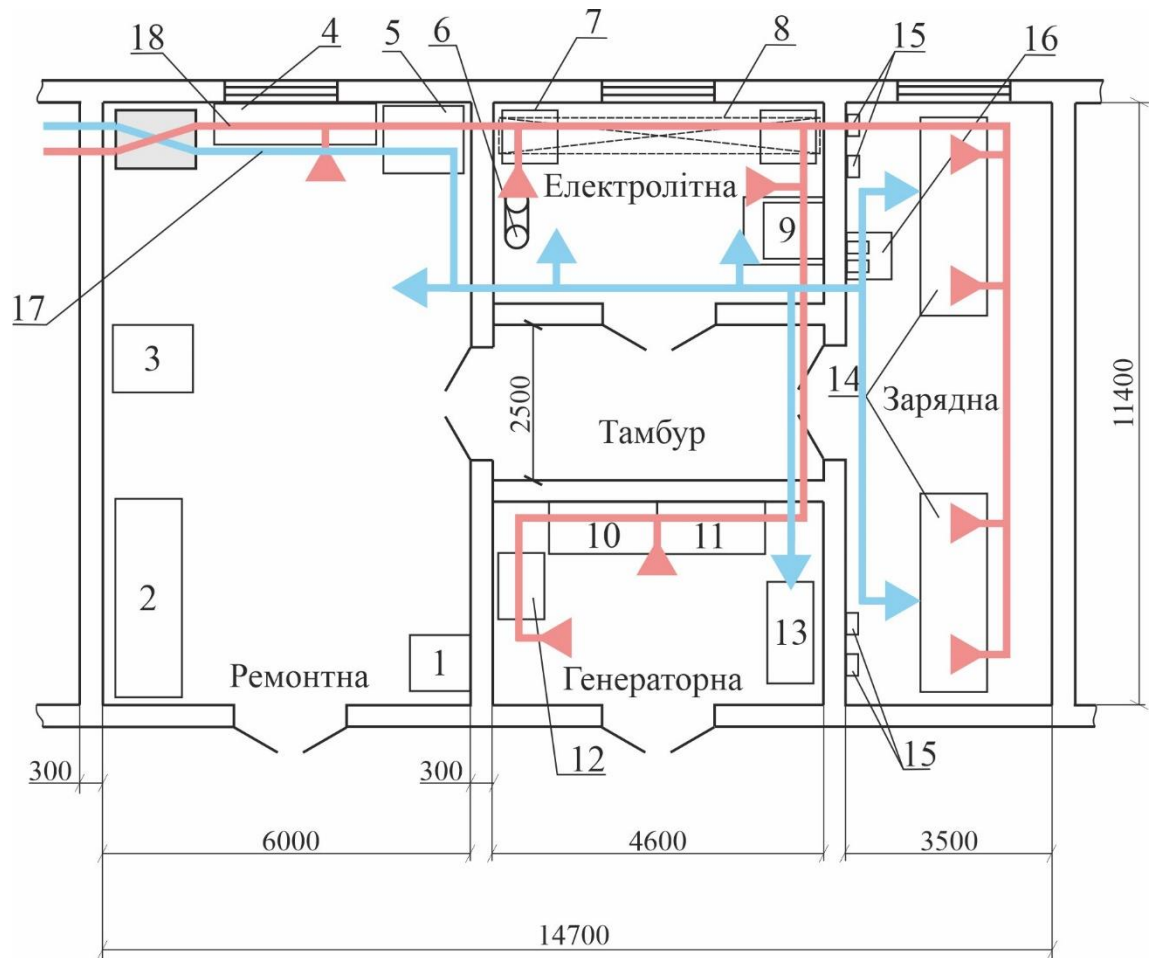


Рисунок 7 – План відділення з ремонту лужних акумуляторів:

1 – раковина; 2 – стелаж; 3 – пристрій для промивання акумуляторів; 4 – верстат слюсарний;
 5 – шафа для інструментів; 6 – дистилятор; 7 – ванна для дистильованої води; 8 – таль; 9 –
 пристрій для дозування електроліту; 10 – щит керування перетворювачем; 11 – щит керування
 постами; 12 – випрямляюча установка; 13 – зарядний перетворювач; 14 – стелаж; 15 – щиток;
 16 – кран для розливу дистильованої води; 17 – система повітропроводів по яким подається
 повітря до приміщень; 18 – система повітропроводів якими видаляється забруднене повітря з
 приміщень

У відділені виконуються роботи по розбірці, промиванню, збірці та зарядці лужних акумуляторів, окрім того розводиться та дозується електроліт, а також виготовлюється дистильована вода. Виходячи із специфіки робіт приміщення акумуляторного відділення повинні мати вентиляцію.

Система має в своєму складі калорифер для нагрівання повітря в холодний період року (з водяним нагрівальним елементом), припливний та витяжний

					7.141.190462.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

вентилятори, певну кількість виконавчих механізмів засувки та датчиків. Для підвищення ефективності роботи такої системи необхідно мати можливість регулювати подачу вентиляторів (за рахунок регулювання частоти обертання їх приводних електродвигунів), автоматичну систему керування на базі мікроконтролера для більш якісного та тонкого регулювання технологічного процесу, а також, якщо доведено доцільність, утилізатор тепла (рекуператор).

2.2 Опис технологічного процесу вентиляції відділення з ремонту лужних акумуляторів

Для приміщень локомотивного депо пропонується єдина система загальнообмінної припливно-витяжної механічної вентиляції, яка додатково оснащується секціями фільтрації, рекуперації, нагрівання.

Повітря, що забирається назовні проходить фільтри грубої первинної очистки і потрапляє до припливної камери, де в опалювальний сезон, воно підігрівається, а в інший час його температура залишається незмінною. Для термообробки припливного повітря використовуються водяний калорифер, наприклад ВЕНТС НКВ 250-4 (рис. 8) габаритні розміри якого вказані в табл. 2 [12].

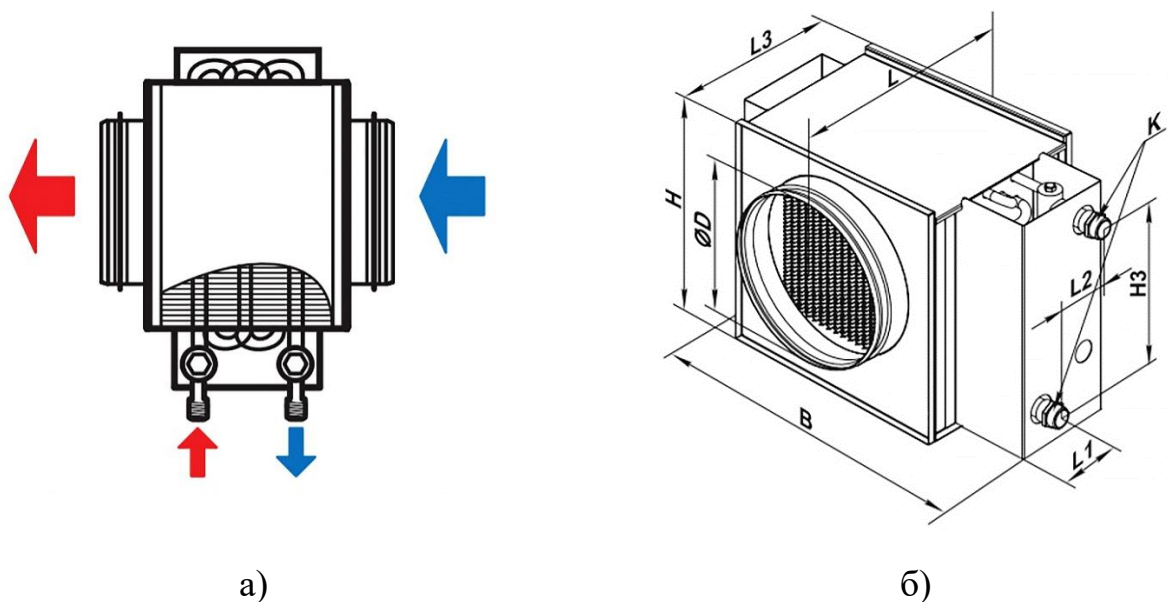


Рисунок 8 – Особливості установки (а) та габарити (б) ВЕНТС НКВ 250-4

Всередині таких калориферів циркулює вода, яка віддає теплову енергію повітря. За своїми характеристиками вона не поступається іншим видам теплоносіїв, але коштує набагато дешевше. Завдяки невисокій ціні, сумісності з

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

центральною системою опалення водяні калорифери набули широко розповсюдження.

Таблиця 2 – Габаритні розміри водяного нагрівача ВЕНТС НКВ 250-4

Розміри, мм									Кількість рядів трубок	Маса, кг
D	B	H	H3	L	L1	L2	L3	K		
248	470	350	270	350	28	65	270	G1"	4	10,8

Для регулювання температури припливного повітря засобами водяного калорифера, вимірюється температура повітря після припливного вентилятора, сигнал від датчика температури подається на регулятор температури, що керує приводом триходового клапану 3 (рис. 9).

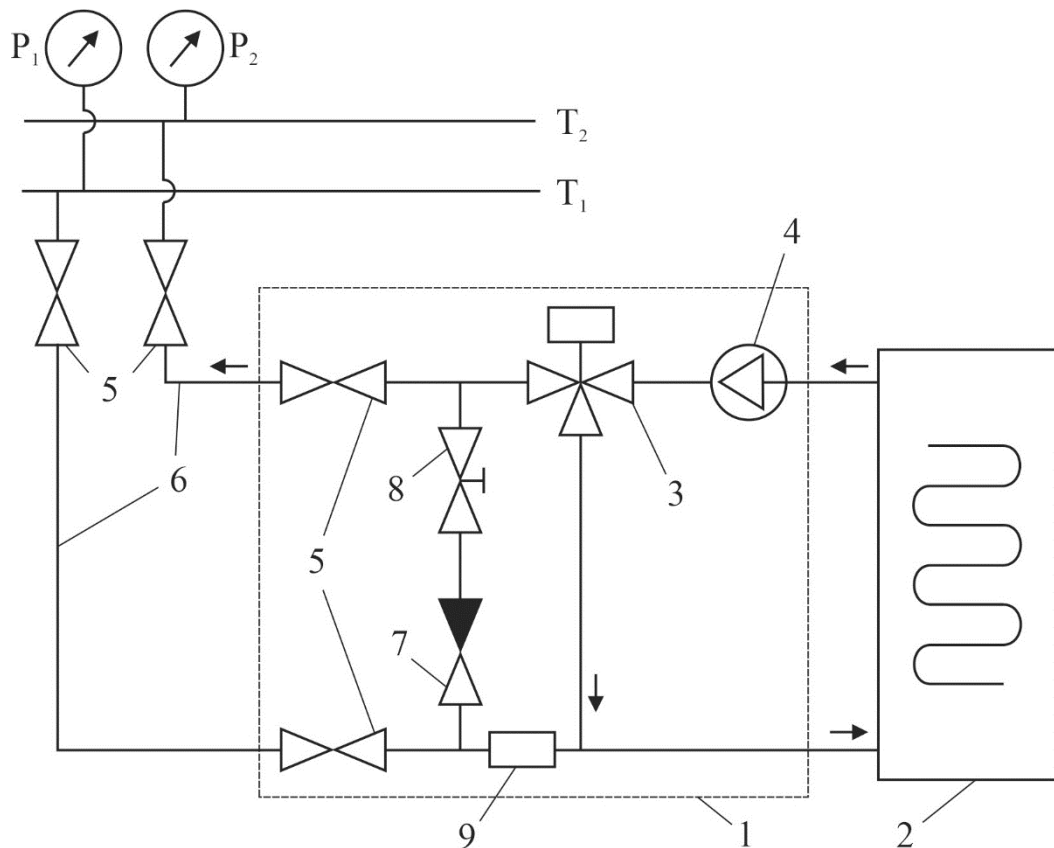


Рисунок 9 – Схема вузла об'язки калорифера з триходовим клапаном:

1 – вузол об'язки; 2 – теплообмінник водяний; 3 – регулювальний клапан (триходовий); 4 – циркуляційний насос (забезпечує циркуляцію для упередження замерзання води в трубах теплообмінника); 5 – запірні вентиля; 6 – трубопроводи від мережі теплопостачання (пряма і зворотна лінії); 7 – зворотний клапан; 8 – балансуючий вентиль; 9 – фільтр

В калорифер подається гаряча вода з мережі теплопостачання (T_1), яка передає

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

тепло повітря, що проходить через калорифер. При зміні положення триходового клапану, що циркулює в системі калорифера частково скидається в мережу, а на її місце приходить нова гаряча вода. В такий спосіб відбувається регулювання температури приливної повітря. Для захисту калориферу від обмерзання контролюється температура зворотного теплоносія калорифера. Перемикач режиму роботи калорифера переводить його в черговий режим, бо у випадку невикористання калорифера та при низькій температурі навколишнього середовища є вірогідність обмерзання.

Після цього, під дією припливного вентилятора повітря розходить по системі вентиляційних шахт та каналів до відповідних приміщень.

В якості припливного та витяжного вентиляторів використовуються відцентрові вентилятори однобічного всмоктування у спіральному поворотному корпусі, наприклад ВЕНТС ВЦУН 250х127-2,2-4 (рис. 10) технічні характеристики якого наведені в табл. 3 [13].

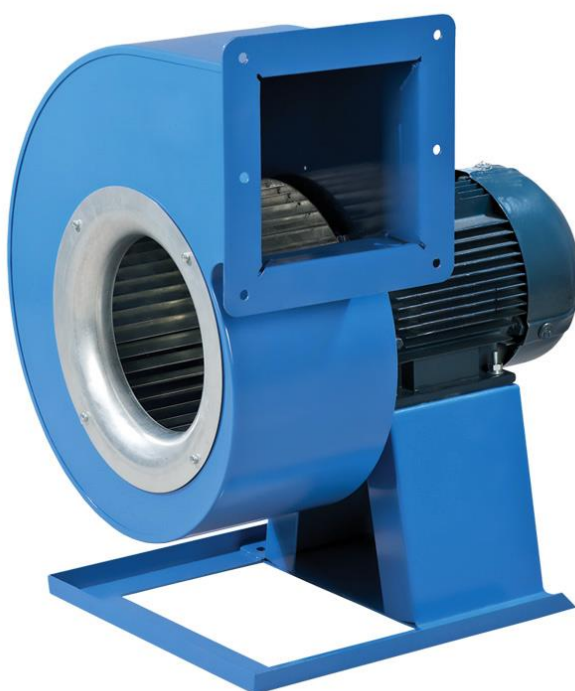


Рисунок 10 – Відцентровий вентилятор серії ВЕНТС ВЦУН

Вентилятор ВЕНТС ВЦУН 250х127-2,2-4 може встановлюватись як самостійне обладнання або як частина вентиляційної камери. Вхідний патрубок має круглий переріз з діаметром фланця 250 мм, а вихідний – прямокутний. Приводний двигун чотириполюсний трифазний асинхронний двигун. Робоче колесо з загнутими в

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перед лопатками з оцинкованої сталі встановлене на осі двигуна [13].

Таблиця 3 – Технічні характеристики відцентрового вентилятора ВЕНТС
ВЦУН 250х127-2,2-4

№ п/п	Параметр	Значення параметра
1	Напруга, В/50 Гц	3~400
2	Потужність номінальна, кВт	2,2
3	Струм номінальний, А	5,1
4	Максимальна продуктивність, м ³ /год	3720
5	Частота обертання, хв ⁻¹	1420
6	Рівень звукового тиску на відстані 3 м, дБА	78
7	Максимальна температура повітря, яке переміщується, °С	60
8	Рівень захисту	IP54

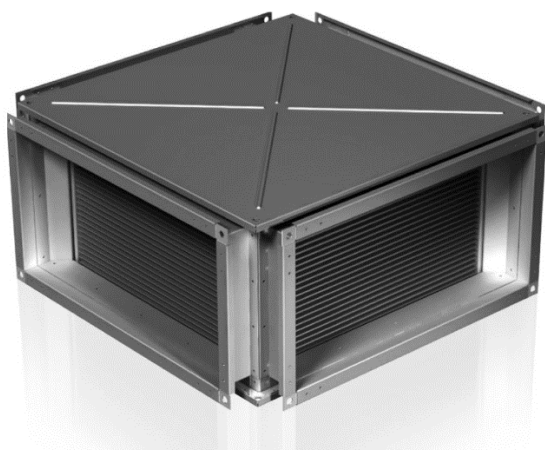
Відпрацьоване повітря, за допомогою витяжного вентилятора, викидається з приміщення назовні. Для того аби підвищити енергоефективність вентиляційної системи при експлуатації її в опалювальний сезон в ній застосовують установки для утилізації витяжного повітря. До таких установок відносять роторні рекуператори, рекуператори з проміжним теплоносієм (водо-гліколевий розчин) та пластинчасті рекуператори. Найефективнішими є роторні рекуператори з ККД близько 90%, а найпростішими та надійнішими – пластинчасті рекуператори.

В пластинчастих рекуператорах потоки припливного і витяжного повітря рухаються по вузьким каналам обмінюючись теплом через тонкі стінки. Такі конструкції не мають додаткових теплоносіїв, чи рухомих елементів, а їх ККД сягає 65%.

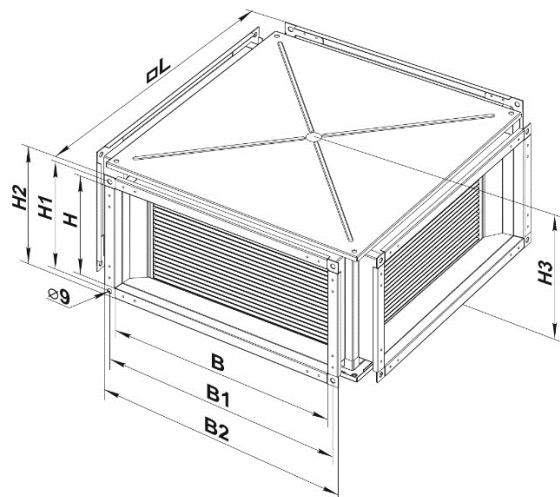
Для системи вентиляції відділення з ремонту лужних акумуляторів локомотивного депо взято пластинчастий рекуператор з хрестоподібним проходом повітря ВЕНТС ПР 600х300 зовнішній вигляд якого представлено на рис. 11, а габаритні розміри в табл. 4 [13].

Корпус рекуператора виготовлено з оцинкованої сталі. Поверхня теплообміну

представляє собою пакет спеціальних тонких алюмінієвих пластин, які забезпечують високоефективну теплопередачу.



а)



б)

Рисунок 11 – Зовнішній вигляд (а) та габарити (б) ВЕНТС ПР 600х300

Таблиця 4 – Габаритні розміри рекуператора ВЕНТС ПР 600х300

Розміри, мм								Маса, кг
B	B1	B2	H	H1	H2	H3	L	
600	620	640	300	320	340	375	730	31,0

2.3 Вимоги до системи автоматичного керування вентиляційною установкою

У системі керування вентиляцією повинні бути передбачені інформаційні, керуючі, захисні та допоміжні функції.

Інформаційні функції є базовими і такими, що забезпечують функціонування системи регулювання. До таких функцій відноситься збір сигналів від датчиків (температура та тиск в різних точках системи, а також інформація про стан елементів системи).

Керуючі функції повинні реалізувати безперервне регулювання та програмно-логічне керування. Важливим в безперервному регулюванні є режимні параметри: температура, тиск, витрата, вологість тощо. Безперервне регулювання є регулюванням конкретного режимного параметру і як правило зводиться до стабілізації режимного параметру.

Програмне регулювання фактично є процесом відслідковування за умови, що темп зміни уставки значно повільніший за перехідний процес регульованої координати.

Захисні функції системи – це коригуючі функції, що забезпечують безпечні функції керування в екстремальних умовах. Захисні функції зводяться до технологічних попереджень, аварійних сигналізації та відключень.

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

АПАРАТНА ЧАСТИНА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ВІДДІЛЕНІ З РЕМОНТУ ЛУЖНИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Призначення системи зводиться до контролю та відпрацювання параметрів мікроклімату в відділенні з ремонту лужних акумуляторів локомотивного депо. Основним параметром мікроклімату в даному виробничому приміщенні є температура повітря. Така система повинна бути повністю автоматичною і забезпечувати вентиляцію приміщення, управляти температурою повітря в приміщенні та введенням і виведенням його із приміщення. Керування такою системою може здійснюватися дистанційно з використанням пульта керування з урахуванням взаємодії автоматики вентиляції з роботою іншого технологічного обладнання.

3.1 Структура та функціональний склад системи вентиляції у відділенні з ремонту лужних акумуляторів

Виходячи з технологічних вимог до систем вентиляції в виробничих приміщеннях локомотивних депо обирається її конфігурація з водяним калорифером нагріву та пластинчастим рекуператором (рис. 12). Система управління вентиляцією виконується за дворівневого розподілу керування з використанням сучасних технічних засобів автоматизації: програмованих логічних контролерів (ПЛК), датчиків фізичних величин, виконавчих механізмів.

До складу системи вентиляції входять:

- заслінки припливного та витяжного повітря з електроприводом;
- фільтри для очищення повітря;
- пластинчастий рекуператор;
- вентилятори припливного і витяжного повітря;
- водяний калорифер (водяний нагрівач);
- електропривод запірного триходового клапану;
- циркуляційний насос з датчиком температури зворотної води;

- датчики температури (зовнішньої, в приміщенні, на виході припливного вентилятора);
- датчики перепаду тиску (PDS);
- програмований логічний контролер.

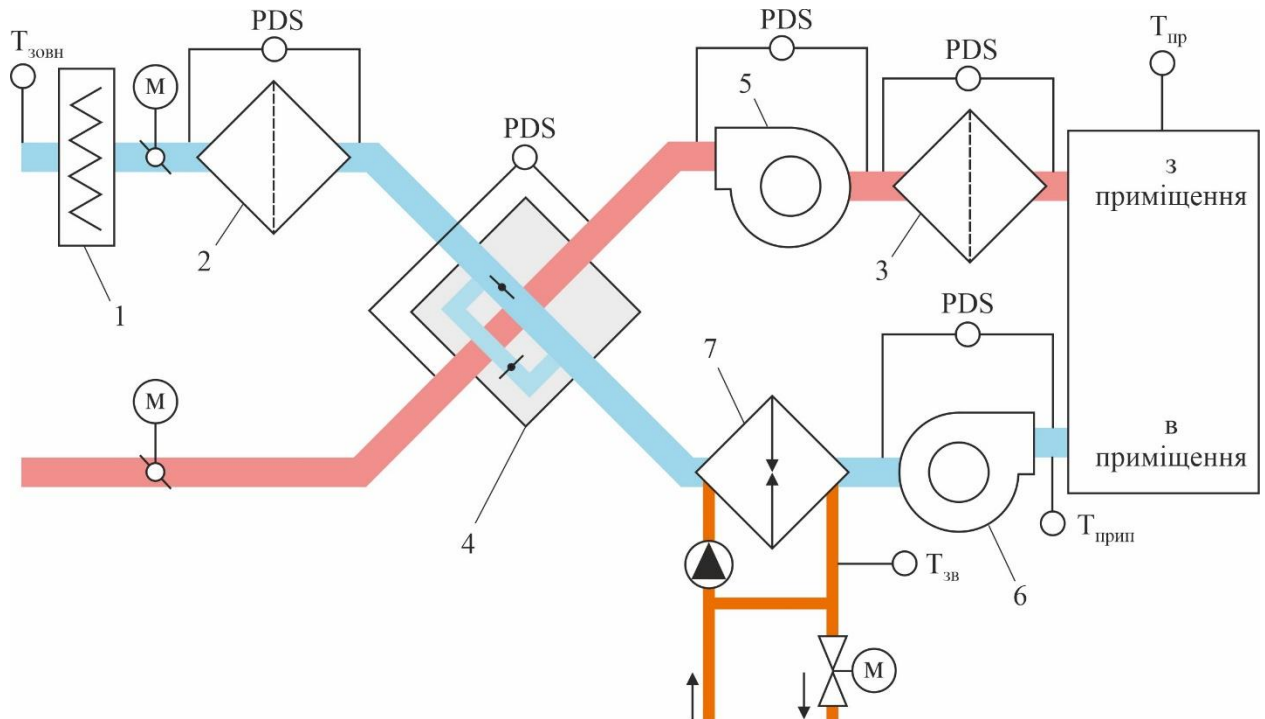


Рисунок 12 – Структурна схема системи вентиляції з водним калорифером нагріву та рекуператором відділення з ремонту лужних акумуляторів:

1 – повітряна заслінка; 2, 3 – фільтр; 4 – пластинчастий рекуператор; 5 – витяжний вентилятор; 6 – припливний вентилятор; 7 – водяний калорифер (нагрівач)

Датчик температури зовнішнього повітря визначає режим роботи установки в залежності від сезону. Система керування автоматично вибирає тепловий режим установки відповідний сезону, а також формує сигнал на увімкнення додаткового підігріву водяного калорифера для більш швидкого виходу на заданий температурний режим.

Заслінка припливного повітря запобігає потраплянню повітря зовні, коли установка не працює. Це необхідно для захисту водяного калорифера та пластинчатого рекуператора від замерзання в холодну пору року. Заслінка приводиться у дію електроприводом, при подачі сигналу на відкривання клапан

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

7.141.190462.ПЗ

Лист

34

відкривається на заданий кут. Окрім електропривода клапан має пружину, що повертає його в закритий стан, коли виникає аварійна ситуація (пожар).

Датчики перепаду тиску PDS, якими обладнані фільтри, вентилятори та рекуператор забезпечує контроль різниці тиску перед відповідним пристроєм та за ним. Якщо в пристрої зростає аеродинамічний опір, то це сигналізує про певні проблеми (наприклад, забруднення фільтру) в такому випадку PDS спрацьовує, а відповідний сигнал передається на ПЛК.

Пластинчастий рекуператор забезпечує в системі повернення частини тепла від витяжного повітря до припливного і є ефективним апаратним рішенням в рамках підвищення енергоефективності вентиляції. Теплообмінний процес відбувається за рахунок руху двох різних за температурою повітряних мас через паралельні пластини, повітря при цьому не змішується. У випадку обмерзання рекуператора спрацьовує диференційне реле тиску, яке сигналізує про проблему, після цього спрацьовує лінія байпасу і усе повітря проходить через цю лінію доки рекуператор не нагріється.

Водяний калорифер (нагрівач). При вмиканні системи, клапан вузла теплообмінника повністю відкривається, циркуляція гарячої води прогріває теплообмінник, що в свою чергу прогріває повітря яке через нього проходить [14]. Якщо увімкнути систему в зимовий період без попереднього прогріву, то спрацює захист від обмерзання, відповідний сигнал надходить від капілярного термостату. Циркуляційний насос в складі калорифера призначений для змішування припливної води зі зворотною, а регулювання клапаном циркуляційного насосу (триходовим) регулює співвідношення зворотної води з припливною, що дозволяє регулювати температуру теплообмінника.

Припливний та витяжний вентилятори є головними елементами системи вентиляції і призначені для забезпечення санітарно-гігієнічних норм у відділені з ремонту лужних акумуляторів при перебуванні в ньому персоналу та забезпечення нормального протікання технологічних процесів. Санітарно-гігієнічні норми забезпечуються за рахунок видалення відпрацьованого та подачі свіжого повітря у виробниче приміщення у відповідні терміни.

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Вибір засобів автоматизації системи вентиляції у відділені з ремонту лужних акумуляторів

Вибір засобів автоматизації диктують задачі, які мають відпрацьовуватись системою. Конкретні типи пристроїв автоматизації вибираються виходячи з особливостей системи, як об'єкту керування. В першу чергу беруться до уваги наступні фактори: пожежна безпека, агресивність та токсичність середовища, вибухонебезпечність, кількість параметрів, що беруться до участі в керуванні, вимоги до якості регулювання та контролю.

Система автоматизованого управління має наступну структуру:

- Програмований логічний контролер – здійснює управління роботою блоків системи в заданому режимі: прийом і обробку сигналів, що надходять від датчиків та формує необхідні команди.
- Група датчиків, які здійснюють постійний контроль над температурою повітря в різних точках системи, теплоносія нагрівача та параметрами обладнання з передачею відповідної інформації програмованому логічному контролеру.
- Група виконавчих механізмів (електроприводи, клапани, насос, вентилятори). По команді ПЛК відбувається відкриття/закриття клапанів, регулювання подачі і витрати теплоносія, забезпечення циркуляції теплоносія, створення і спрямування повітряних потоків.

3.2.1 Програмований логічний контролер ОВЕН ТРМ1033-31.00

ОВЕН ТРМ1033 – це спеціалізований контролер з готовими алгоритмами, призначений для автоматизації припливної та припливно-витяжної вентиляції. Для досягнення максимально комфортної температури припливного повітря приміщень контролер дозволяє керувати стандартними вузлами вентиляції.

ПЛК ОВЕН ТРМ1033 забезпечує [15]:

- контроль і регулювання температури повітря в приміщенні;
- контроль і регулювання температури припливного повітря;
- контроль і регулювання температури зворотної води в калорифері;

- управляє основними вузлами вентиляційної системи, контролює справність підключеного обладнання.

Технічні характеристики ОВЕН ТРМ1033-31.00 наведено в табл. 5 [15].

Таблиця 5 – Технічні характеристики ПЛК ОВЕН ТРМ1033-31.00

Найменування	Значення
Діапазон напруги живлення	~ 94...264 В (номінальна ~220 В)
Споживана потужність, не більше	17 ВА
Дискретні входи	
Тип датчика	Механічні комутаційні пристрої
Кількість	8
Номінальна напруга живлення	~220 В
Аналогові входи	
Кількість	4
Тип датчика	PT100/PT1000 $\alpha=0,00385$ (–200...+850 °C) Ni1000 $\alpha=0,00617$ (–60...+180 °C) NTC10K R25=10000 (В 25/100=3950 (–20...+125 °C))
Межа основної зведеної похибки	$\pm 1,0\%$
Гальванічна розв'язка	Відсутня
Дискретні виходи	
Кількість	8
Допустимий струм навантаження, не більше	5 А
Гальванічна розв'язка	Індивідуальна
Аналоговий вихід	
Тип вихідного пристрою	ЦАП «0...10 В»
Зовнішнє навантаження, не більше	2 кОм
Конструкція	
Тип корпусу	Для кріплення на DIN-рейку (35 мм)
Габаритні розміри	123x90x58 мм
Ступінь захисту корпусу за ДСТУ EN 60529	IP20
Вбудований блок живлення	= 24 В

Для системи, що проектується недостатньо дискретних входів/виходів ПЛК ОВЕН ТРМ1033-31.00 тому додатково застосовується модуль розширення дискретного вводу/виводу ОВЕН ПРМ-220.1.

Технічні характеристики модуля розширення дискретного вводу/виводу ОВЕН ПРМ-220.1 наведено в табл. 6 [15].

Таблиця 6 – Технічні характеристики модуля розширення дискретного вводу/виводу ОВЕН ПРМ-220.1

Найменування	Значення
Діапазон напруги живлення	~ 94...264 В (номінальна ~220 В)
Швидкість обміну по внутрішній шині пакетами даних по 16 біт	4000 пакет/с
Частота внутрішньої шини	2,25 МГц
Кількість дискретних входів/виходів	8ДФ/8Р
Максимальна кількість модулів на шині	2
Тип корпусу	Для кріплення на DIN-рейку (35 мм)
Габаритні розміри	88x90x58 мм
Ступінь захисту корпусу за ДСТУ EN 60529	IP20

Зовнішній вигляд ПЛК ОВЕН ТРМ1033-31.00 та модуля розширення дискретного вводу/виводу ОВЕН ПРМ-220.1 наведено на рис. 13



а)



б)

Рисунок 13 – Зовнішній вигляд ПЛК ОВЕН ТРМ1033-31.00 (а) та модуля розширення дискретного вводу/виводу ОВЕН ПРМ-220.1 (б)

Схема підключення периферійного обладнання до програмованого логічного контролера ТРМ1033-220.31.00 з модулем розширення дискретного вводу/виводу ПРМ-220.1 наведена на рис. 14.

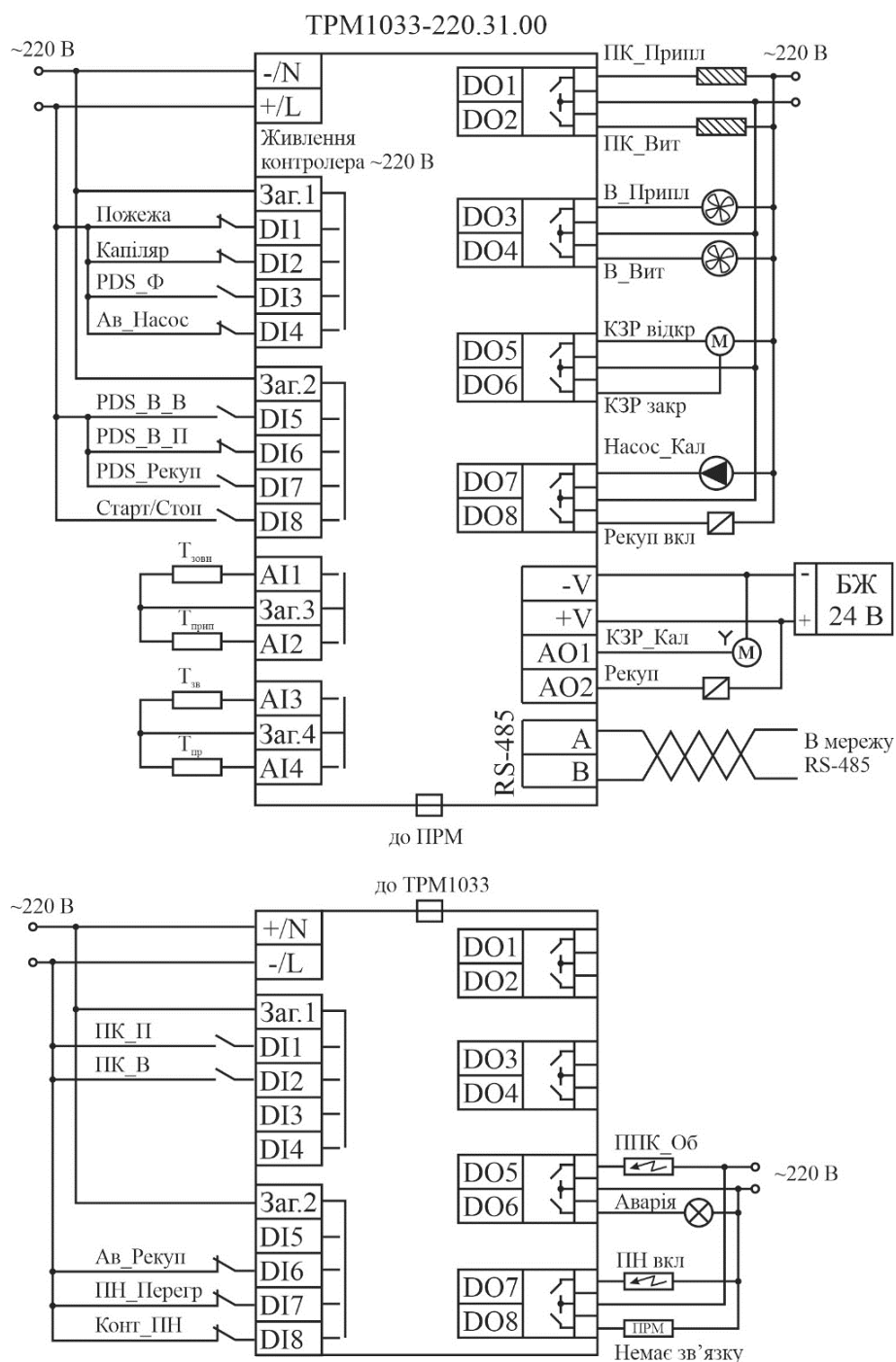


Рисунок 14 – Підключення периферійного обладнання до контролера ТРМ1033-220.31.00 з модулем розширення дискретного вводу/виводу ПРМ-220.1

Призначення входів/виходів програмованого логічного контролера ТРМ1033-22-31.00 з модулем розширення дискретного вводу/виводу ПРМ-220.1 з описом їх функції та позначення (у відповідності до схеми на рис. 14) наведені в табл. 7.

**Таблиця 7 – Сигнали ПЛК ТРМ1033-220.31.00 з модулем розширення
дискретного вводу/виводу ПРМ-220.1**

Номер клеми	Опис		Позначення
DI1(ТРМ)	Датчик пожежі	1 – норма 0 – аварія	Пожежа
DI1(ПРМ)	Кінцевий вимикач припливного повітряного каналу	1 – відкритий 0 – закритий	ПК_П
DI2(ТРМ)	Захист калорифера від обмерзання (капілярний термостат)	1 – норма 0 – аварія	Капіляр
DI2(ПРМ)	Кінцевий вимикач витяжного повітряного клапану	1 – відкритий 0 – закритий	ПК_В
DI3	Датчик перепаду тиску на припливному фільтрі	1 – аварія 0 – норма	PDS_Ф
DI4	Аварія насоса	1 – норма 0 – аварія	Ав_Насос
DI5	Датчик перепаду тиску на витяжному вентиляторі	1 – перепад 0 – немає перепаду	PDS_В_В
DI6(ТРМ)	Датчик перепаду тиску на припливному вентиляторі	1 – перепад 0 – немає перепаду	PDS_В_П
DI6(ПРМ)	Автомати захисту рекуператора	1 – норма 0 – аварія	Ав_Рекуп
DI7(ТРМ)	Датчик перепаду тиску на рекуператорі	1 – перепад 0 – немає перепаду	PDS_Рекуп
DI7(ПРМ)	Термостат захисту від перегріву елементу попереднього нагріву	1 – норма 0 – аварія	ПН_Перегр
DI8(ТРМ)	Кнопка Старт/Стоп	1 – старт 0 – стоп	Старт/Стоп
DI8(ПРМ)	Контактор попереднього нагріву	1 – старт 0 – стоп	Конт_ПН
AI1	Датчик температури повітря назовні		T _{зовн}
AI2	Датчик температури припливного повітря		T _{прип}
AI3	Датчик температури зворотної води в калорифері		T _{зв}
AI4	Датчик температури повітря у приміщені		T _{пр}
DO1	Електропривод відкриття припливного повітряного клапану (сигнал на відкриття)		ПК_Припл
DO2	Електропривод відкриття витяжного повітряного клапану (сигнал на відкриття)		ПК_Вит
DO3	Вмикання припливного вентилятора		В_Припл
DO4	Вмикання витяжного вентилятора		В_Вит
DO5(ТРМ)	Сигнал відкриття клапана запірного (КЗР) триходового		КЗР відкр
DO5(ПРМ)	Вимикання обігріву припливного повітряного клапана		ППК_Об
DO6(ТРМ)	Сигнал закриття клапана запірного (КЗР) триходового		КЗР закр
DO6(ПРМ)	Лампа «Аварія»		Аварія
DO7(ТРМ)	Вмикання насоса калорифера		Насос Кал
DO7(ПРМ)	Включення попереднього нагріву		ПН вкл
DO8(ТРМ)	Включення рекуператора		Рекуп вкл
DO8(ПРМ)	Відсутність зв'язку з модулем ПРМ		ПРМ
AO1	Керування приводом клапана запірного (КЗР) триходового нагрівача (аналогове)		КЗР_Кал
AO2	Керування приводом рекуператора		Рекуп

3.2.2 Датчик контролю температури Belimo 01СТ-1ВН

Датчики температури Belimo 01СТ-1ВН призначений для вимірювання температури газоподібних та рідких середовищ. Принцип дії датчика оснований на властивості напівпровідникового матеріалу чутливого елементу змінювати власний опір в залежності від температури. Зміна опору реєструється вторинним пристроєм, у вимірювальне коло якого увімкнений Belimo 01СТ-1ВН.

Чутливий елемент датчика Belimo 01СТ-1ВН представляє собою термістор, який розміщено в захисній арматурі. Виводи чутливого елементу виведені кабелем для підключення в вимірювальне коло вторинного пристрою. Схема підключення та габарити датчика наведені на рис. 15.

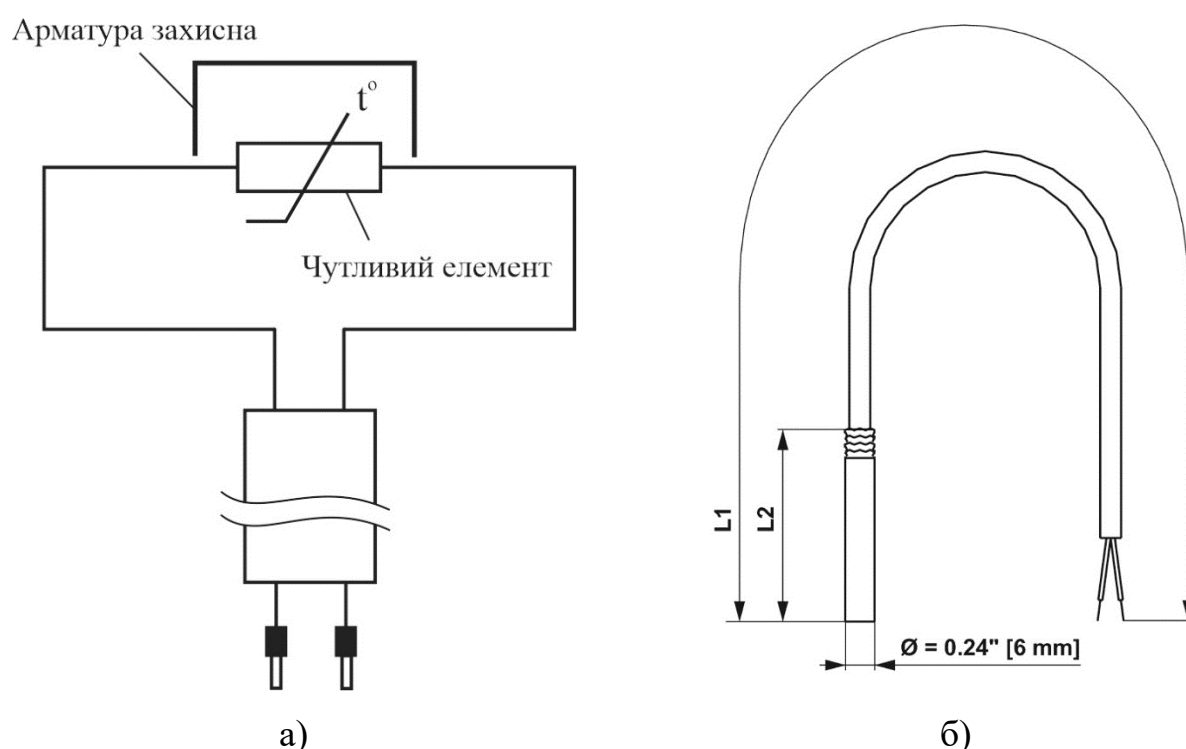


Рисунок 15 – Схема підключення (а) та габарити (б) датчика Belimo 01СТ-1ВН

Габаритні дані пасивного датчика температури типу Belimo 01СТ-1ВН наведені в табл. 8.

Таблиця 8 – Габаритні дані Belimo 01СТ-1ВН

Модель	Тип чутливого елемента	Довжина		Діаметр зонду, мм
		L1, мм	L2, мм	
01СТ-1ВН	PT1000	2000	50	6

Технічні характеристики пасивного датчика температури типу Belimo 01СТ-1ВН наведені в табл. 9.

Таблиця 9 – Технічні характеристики Belimo 01СТ-1ВН

Електричні параметри	Електричне підключення	Кабель 2 м, 2-х провідний
Функціональні параметри	Пасивний вихідний сигнал	PT1000
	Середовище вимірювання	Повітря, вода
	Вимірюваний параметр	Температура
	Діапазон вимірювання температур	-35...+100°C
	Точність вимірювання	Class B, $\pm 0,3^\circ\text{C}$
Параметри безпеки	Клас захисту IEC/EN	III клас (для наднизьких напруг), PELV
	Ступінь захисту IEC/EN	IP67
	Стандарт якості	ISO 9001
	Вага, кг	0,029

3.2.3 Датчик перепаду тиску (PDS) ОВЕН РД30-ДД200

Датчик перепаду тиску застосовується в системах вентиляції для [16]:

- контролю перепаду тиску на фільтрах;
- контролю стану вентиляторів.

Основна функція пристрою дискретне керування сигналізацією при виникненні нештатних ситуацій:

- засмічення фільтрів;
- нештатна/аварійна зупинка приводу вентилятора;
- зміна повітряного потоку у повітропроводах і т. і.

Працює датчик перепаду тиску наступним чином [16], якщо різниця тисків ΔP нижче заданої уставки $P_{уст}$, то реле знаходиться у вимкненому стані, контакти 3 і 1 повинні бути замкненими, а контакти 3 і 2 – розімкненими. Якщо різниця тисків вище заданої уставки, то відбувається перемикання однополюсного механічного контакту (конт. 3 і 1 розмикаються, конт. 3 і 2 – замикаються). Таким чином вмикається сигналізація, а контролер отримує інформацію про стан обладнання (рис. 16).

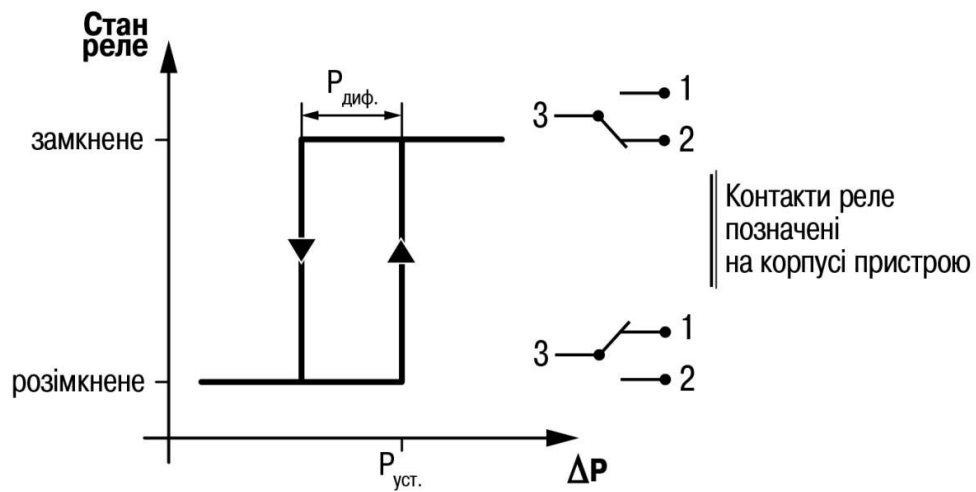


Рисунок 16 – Діаграма спрацювання ОВЕН РД30-ДД200

Після усунення причини спрацювання реле перепад тиску знижується (стає меншим уставки) і контакти повертаються у вихідний стан. Ілюстрація роботи реле перепаду тиску ОВЕН РД30-ДД200 схематично показано на рис. 17.

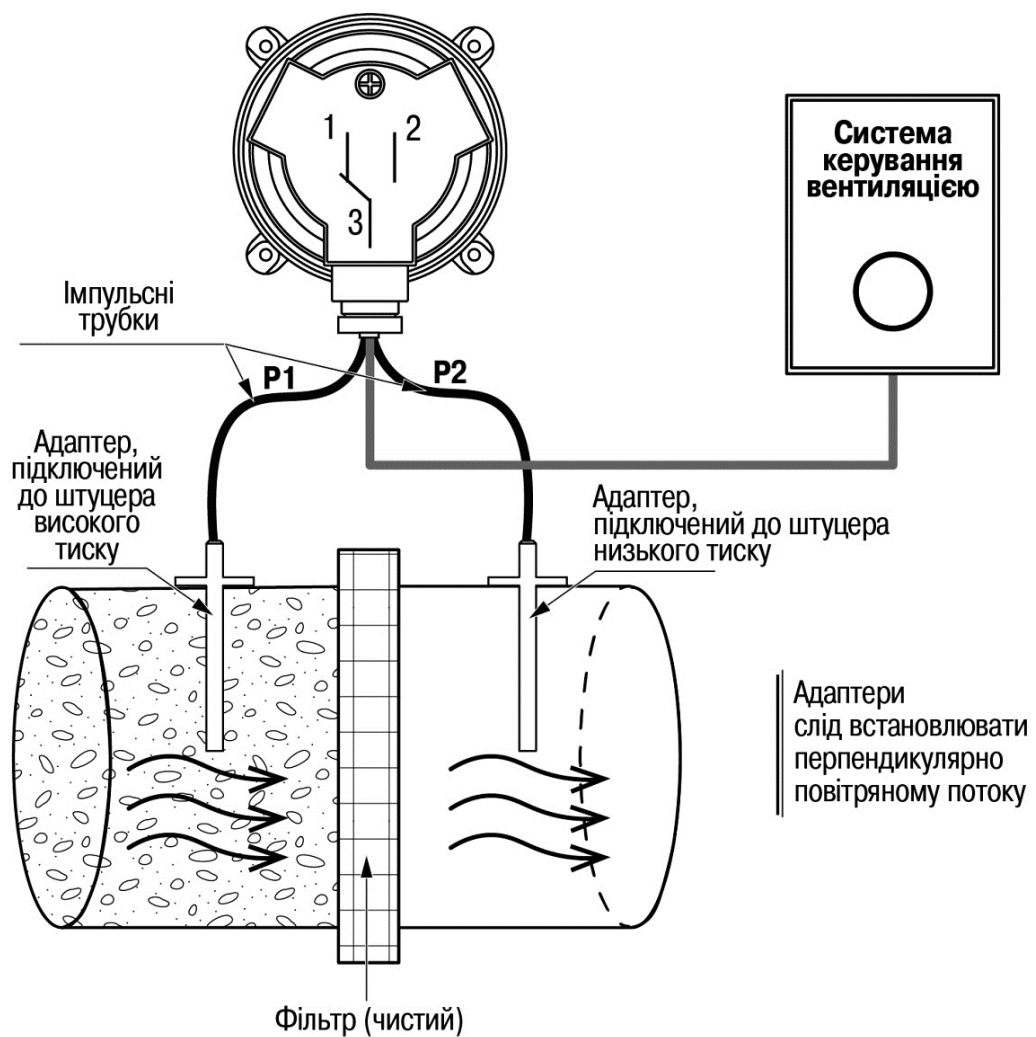


Рисунок 17 – Схема підключення ОВЕН РД30-ДД200 та принцип його дії

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

7.141.190462.ПЗ

Лист

43

Технічні характеристики обраного датчика перепаду тиску (PDS) ОВЕН РД30-ДД200 наведені в табл. 10.

Таблиця 10 – Технічні характеристики ОВЕН РД30-ДД200

Найменування параметра	Значення
Робоче середовище	Повітря, неагресивні та негорючі гази
Діапазон уставки перепаду тиску ΔP , Па	20...200
Диференціал $P_{\text{диф}}$, Па (не більше)	10
Робочий діапазон абсолютного тиску, кПа	84...118
Похибка спрацювання реле	$\pm 15\%$
Керуючий вхід	Реле, SPDT
Ступінь захисту за ДСТУ EN 60529	IP54
Опір ізоляції (живлення -корпус), МОм не менше: – при 250 В – при 250 В на верхній границі робочого діапазону температур	20 5
Діапазон робочих температур пристрою, °С	-20...+85
Маса пристрою, кг	0,15
Габаритні та установчі розміри	Дивись рис. 18

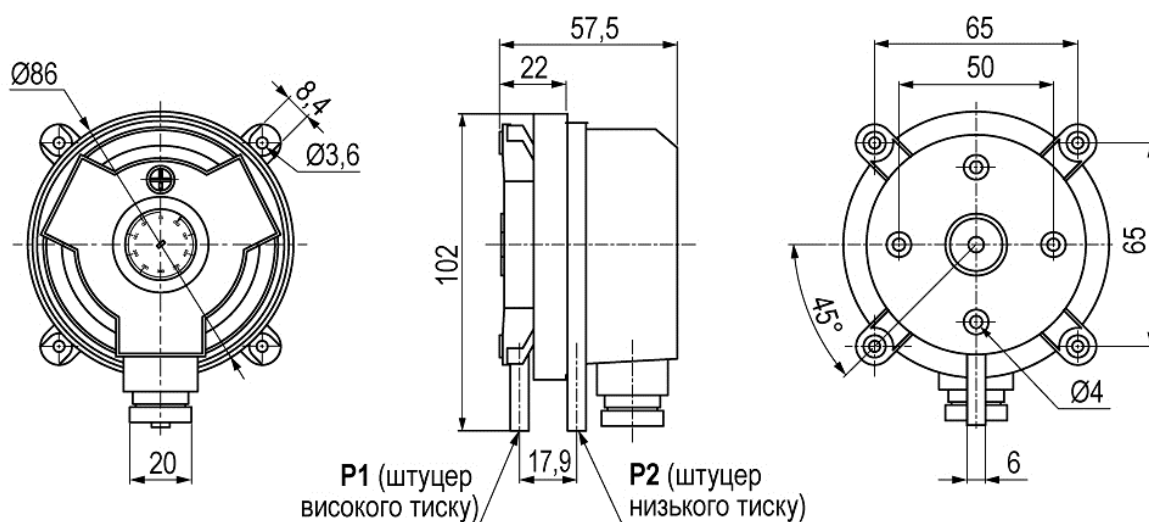


Рисунок 18 – Габаритні та приєднувальні розміри датчика перепаду тиску ОВЕН РД30-ДД200

3.2.4 Капілярний термостат ОВЕН РТ50-2

Капілярний термостат ОВЕН РТ50-2 призначений для регулювання температури у системах опалення, гарячого водопостачання, вентиляції та кондиціонування, виконуючи функції захисту від замерзання або перегріву [17]. В системі, що проектується задача РТ50-2 захистити водяний калорифер від обмерзання.

Принцип роботи пристрою при виконанні функції захисту від обмерзання наступний [17], якщо температура вище значення уставки $T_{уст.}$, то контакти 1 і 4 замкнені, а контакти 1 і 2 – розімкнені. У випадку коли температура в зоні контролю опускається нижче значення $T_{уст.} - T_{диф.}$, однополюсний механічний контакт перемикається (відповідно контакти 1 і 4 розмикаються, а контакти 1 і 2 – замикаються).

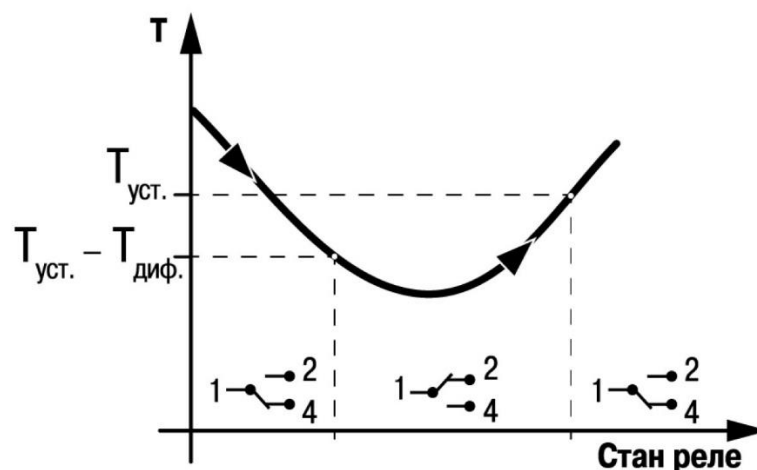


Рисунок 19 – Діаграма роботи капілярного термостату ОВЕН РТ50-2 в режимі захисту обладнання від замерзання

Після усунення причини спрацювання пристрою, температура підвищується і випадку, коли її значення перевищує $T_{уст.}$, контакти 1 і 4 замикаються, а контакти 1 і 2 розмикаються. Принцип дії пристрою ОВЕН РТ50-2 добре ілюструє діаграма на рис. 19.

Технічні характеристики обраного капілярного термостату ОВЕН РТ50-2 наведені в табл. 11.

Таблиця 11 – Технічні характеристики капілярного термостату ОВЕН РТ50-2

Найменування параметра	Значення
Діапазон уставки температури, що задається користувачем, °C	-30...+15 (заводська уставка +7°C)
Диференціал $T_{\text{диф}}$, °C	Налаштовується, 2...10°C (заводська уставка 2°C)
Тип чутливого елементу	Капілярна трубка без термобалона
Тип наповнювача	Пароподібний
Опір ізоляції (живлення -корпус), МОм не менше: – при +20°C – при верхній границі робочого діапазону температур	20 5
Керуючий вхід	Однополюсний перекидний контакт SPDT
Електричне навантаження на контактну систему	AC-1 (16 А, 400 В) DC-1 (12 Вт, 220 В)
Скидання	Автоматичне
Ступінь захисту за ДСТУ EN 60529	IP65
Діапазон робочих температур пристрою, °C	-40...+65
Маса пристрою (нетто), кг	0,43
Габаритні та установчі розміри	Дивись рис. 20

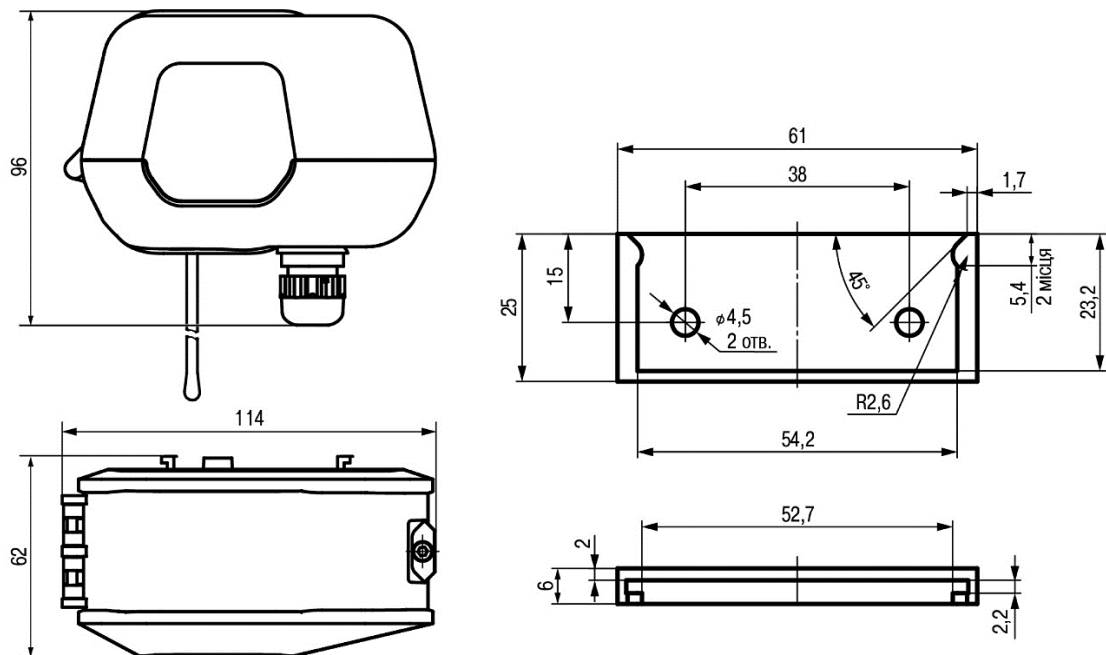


Рисунок 20 – Габаритні та приєднувальні розміри капілярного термостату
ОВЕН РТ50-2

					7.141.190462.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

3.2.5 Перетворювач частоти Danfoss VLT HVAC Drive FC102

Практика експлуатації вентиляторних установок показує, що більшість з них мають ККД значно нижче норми (0,6, а в деяких випадках – 0,3...0,4) [18]. Фактично питома витрата потужності в 1,5...2 рази перевищує допустиму величину, а загальна вартість перевитрати електроенергії приводами вентиляторів може складати четверту частину витрат енергії усіма установками за рік [18]. Це пояснюється тим, що більшість вентиляторів експлуатується поза зоною економічної роботи.

З аеродинамічних способів регулювання подачі відцентрових вентиляторів застосовують регулювання поворотом лопатей апарату спрямування повітряного потоку. При такому способі регулювання ККД вентилятора істотно зменшується. В практиці пристрої зміни кута установки апарату спрямування в системах автоматичного регулювання використовують не часто через складність експлуатації і низьку надійність [19]. Ще менш ефективним способом регулювання продуктивності вентиляторів є регулювання шибером перерізу вихідного каналу вентилятора, оскільки змінюється не характеристика вентилятора, а характеристика напірної магістралі.

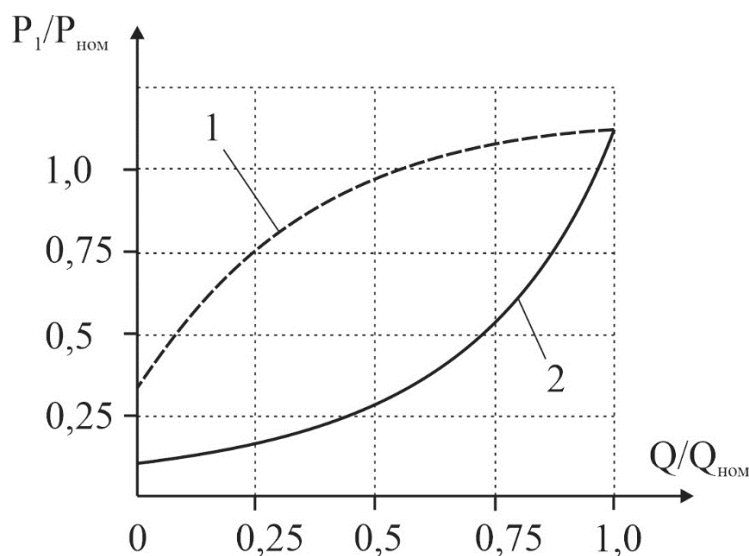


Рисунок 21 – Залежності зміни потужності, що споживається електроприводом вентилятора: 1 – регулювання шибером; 2 – частотне регулювання

Якщо подачу вентилятора регулювати зміною швидкості обертання, то характеристика мережі буде описуватись виразом [19]:

$$H = \frac{H_{\text{ном}}}{Q_{\text{ном}}^2} \cdot Q^2, \quad (3)$$

де $H_{\text{ном}}$ – номінальний напір;

$Q_{\text{ном}}$ – номінальна подача (витрата);

Q – поточне значення подачі (витрати).

ККД вентилятора при цьому у всьому діапазоні регулювання залишається майже постійним. Потужність у відносних одиницях за різних способів регулювання подачі може бути оцінена за графіком на рис. 21 (графіки враховують ККД вентилятора) [19]. З рис. 21 видно, що потужність, що споживається частотно-регульованим вентилятором значно нижча ніж регульованого шиббером за будь-яких значень подачі, за винятком точки номінального режиму [19]. Виходячи з вищевикладеного матеріалу, застосування частотно-регульованого приводу вентилятора дозволяє суттєво підвищити його енергетичні показники та створити кращі передумови для автоматизації усього процесу вентиляції.

В системі, що проектується застосовується два одноступінних вентилятора ВЕНТС ВЦУН 250х127-2,2-4 з приводом від асинхронного двигуна номінальною потужністю 2,2 кВт, з номінальною трифазною напругою живлення 400 В. Для їх живлення та регулювання частоти обертання вентиляторів застосовується частотний перетворювач Danfoss VLT HVAC FC102 P2K2T4.

Частотний перетворювач Danfoss VLT HVAC FC102 P2K2T4, оптимізований під системи автоматизації будівель. Дозволяє підвищити надійність і знизити сукупну вартість володіння системами опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC) [20]. Перетворювач представляє собою електронний регулятор, який слугує для перетворення змінного струму мережі на вході в змінний струм з іншою формою коливань на виході. Регулювання вихідної частоти і напруги дозволяє управляти швидкістю чи крутним моментом електричного двигуна, який живиться від перетворювача. Перетворювач здатен змінювати швидкість електродвигуна в залежності від сигналу, що надходить від зовнішнього регулятора. Технічні характеристики Danfoss VLT HVAC FC102 P2K2T4 наведені в табл. 12.

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 12 – Технічні характеристики Danfoss VLT HVAC FC102 P2K2T4

Найменування параметра	Значення
Напруга мережі, В	~3х380-480 В ±10%
Частота живлення, Гц	50/60 ±5%
Типова вихідна потужність, кВт	2,2
Нормальна перевантажувальна здатність (NO)	110% на протязі 1 хв
Коефіцієнт реактивної потужності ($\cos \varphi$)	>0,98
IP20/шасі	A2
Вихідна напруга, В	0...100% від напруги живлення
Вихідна частота, Гц	0...590
Вихідний струм неперервний (~3х380-440 В), А	5,6
Вихідний струм переривчастий (~3х380-440 В), А	6,2
Неперервна потужність (400 В, змінного струму), кВА	3,9
Оціночні втрати потужності за номінального макс. навантаження, Вт	88
ККД	0,97
Маса, корпус IP20, кг	4,9
Габарити (ВхШхГ), мм	268х90х205

3.2.6 Триходовий регулюючий клапан Danfoss VRB3 з редукторним електроприводом Danfoss AME435

Триходові сідельні регулювальні клапани Danfoss VRB3 застосовуються з редукторним електричним приводом типу Danfoss AME435, які можуть використовуватись з будь-яким різновидом аналогового керуючого сигналу 0(2)...10 В чи 0(4)...20 мА для регулювання витрати тепло- чи холодоносія в системах опалення та охолодження відповідно [21].

Особливості триходового сідельного регулюючого клапану Danfoss VRB3 [21]:

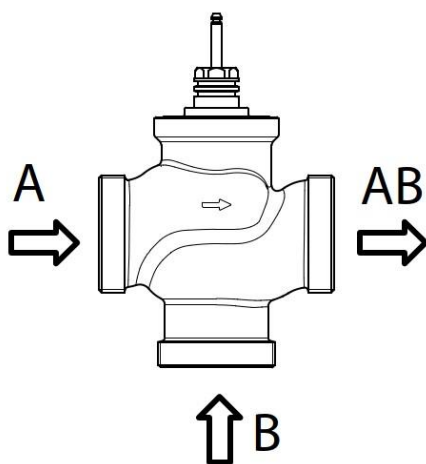
- 100% герметичне ущільнення затвору з EPDM (тільки хід А-АВ);
- логарифмічна витратна характеристика;
- коли шток рухається до низу – хід А-АВ клапанів відкривається, та навпаки;

- без електроприводу, штоки клапанів можуть знаходитись у будь-якому положенні;
- діапазон регулювання 100:1.

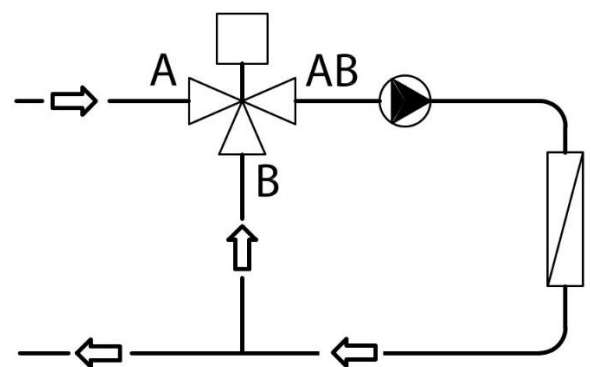
Основні характеристики триходового сідельного регулюючого клапану Danfoss VRB3 [21]:

- номінальний діаметр, DN: 15...50 мм;
- максимальна пропускна здатність, k_{vs} : 0,63...40 м³/г;
- номінальний тиск, PN: 16 бар;
- регульоване середовище: підготовлена вода/водний розчин гліколю до 50% (рН 7...10);
- матеріал клапану: червона бронза CuSn5ZN5Pb5;
- матеріал штоку клапану: нержавіюча сталь;
- матеріал конуса (золотника): латунь.

Триходовий клапан Danfoss VRB3 може використовуватись як змішувальний так і як розділювальний. В рамках проекту клапан використовується як змішувальний (схема підключення наведена на рис. 22, а) це означає, що порти А і В є впускними, а порт АВ – вихідним (схема встановлення клапану на змішування наведена на рис. 22, б).



а)



б)

Рисунок 22 – Схема підключення (а) та встановлення (б) змішувального клапану VRB3

Редукторний електричний привод Danfoss AME435 забезпечує тривалу та безвідмовну роботу регулювального клапану VRB3, має ручне керування та

індикацію положення штоку та здатен відключати двигун приводу при досягненні штоком клапану одного з крайніх положень (повністю відкрито/закрито) [22].

Основні характеристики редукторного електроприводу Danfoss AME435 [22]:

- напруга живлення: 24 В +10...-15% змінного чи постійного струму;
- керуючий сигнал: аналоговий (0(2)...10 В; 0(4)...20 мА);
- зусилля закриття: 400 Н;
- хід штоку: 20 мм;
- швидкість руху штоку: 7,5/15 с/мм;
- енергоспоживання: 4,5 ВА.

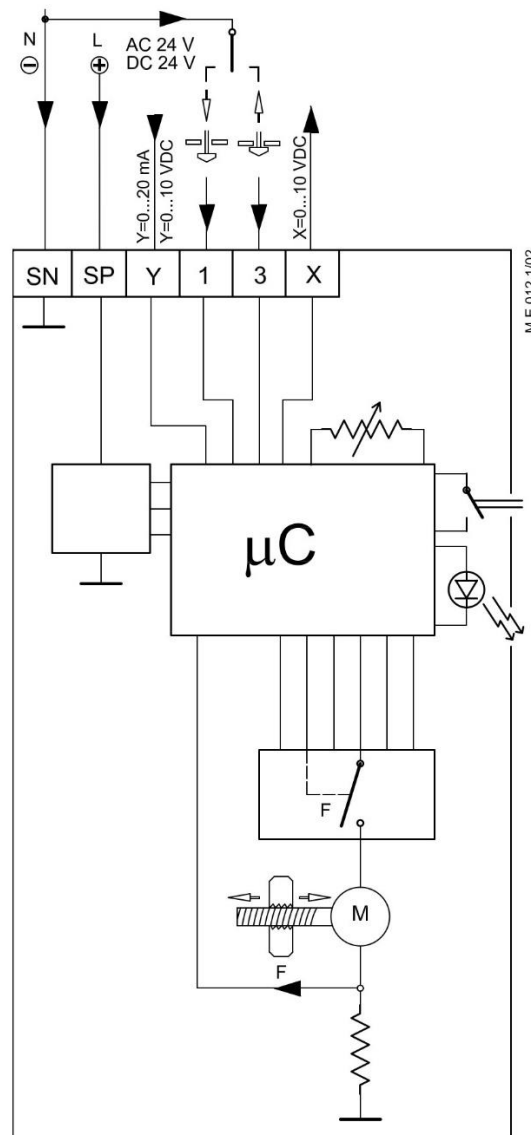


Рисунок 23 – Схема електричного під'єднання Danfoss AME435

На рис. 23 наведена схема електричного підключення редукторного електроприводу Danfoss AME435:

- клемма SP: живлення 24 В змінного або постійного струму;
- клемма SN: загальна, 0 В;
- клемма Y: вхідний аналоговий сигнал (0(2)...10 В; 0(4)...20 мА);
- клемма X: вихідний сигнал (0...10 В).

3.2.7 Циркуляційний насос Grundfos UPS Series 200

Циркуляційний насос Grundfos UPS Series 200 призначений для примусового руху води в замкнутому контурі та рециркуляції, входить до складу теплообмінника. Насоси даної серії є насосами з захищеним статором, тобто насос і електродвигун утворюють єдиний вузол без ущільнення валу, а підшипники змащуються рідиною, що перекачується [23].

Особливості циркуляційного насосу Grundfos UPS Series 200 [23]:

- три рівня частоти обертання валу електродвигуна;
- керамічні радіальні підшипники;
- графітовий упорний підшипник;
- корпус статора електродвигуна з алюмінієвого сплаву;
- статор електродвигуна має вбудоване теплове реле.

Для системи, що розроблюється було вибрано циркуляційний насос Grundfos UPS 32-60F технічні характеристики якого наведені в табл. 13.

Таблиця 13 – Технічні характеристики Grundfos UPS 32-60F

Найменування параметра	Значення
Живлення	~1x230 В, 50 Гц
Число пар полюсів електродвигуна/кількість швидкостей	2/3
Швидкість обертання валу у відсотках від максимального значення (положення перемикача 1/2/3)	60/80/100
Потужність споживана насосом, Вт	170/180/190
Номінальний струм статора електродвигуна, А	0,84/0,86/0,88
Максимально допустимий робочий тиск	10 бар
Температура середовища, що перекачується при роботі в тривалому режимі	-10°C...+120°C
Ступінь захисту	X4D

3.2.8 Електропривод повітряних заслінок Belimo LF230-S

Електропривод повітряних заслінок з пружинним поверненням Belimo LF230-S призначений для управління станом повітряної заслінки в складі вентиляційної системи. Електропривод є двопозиційним (відкрито/закрито) з однопровідним керуванням для заслінок площею до 0,8 м² [24]. Для відкриття заслінки необхідно подати на електропривод напругу, при відкритті зводиться в робоче положення пружина зворотного руху. Коли припиняється подача напруги на електропривод заслінки, вона повертається у закрите положення під діє зворотної пружини.

Привод заслінки монтується на вал за допомогою хомута та має спеціальний фіксатор, що унеможливорює небажане обертання. Електропривод захищений від перевантажень і тому не потребує кінцевих вимикачів, тобто зупинка приводу відбувається автоматично при досягненні кінцевих положень [24].

Зовнішній вигляд, габаритні та приєднувальні розміри електроприводу повітряної заслінки з пружинним поверненням Belimo LF230-S показані на рис. 24.

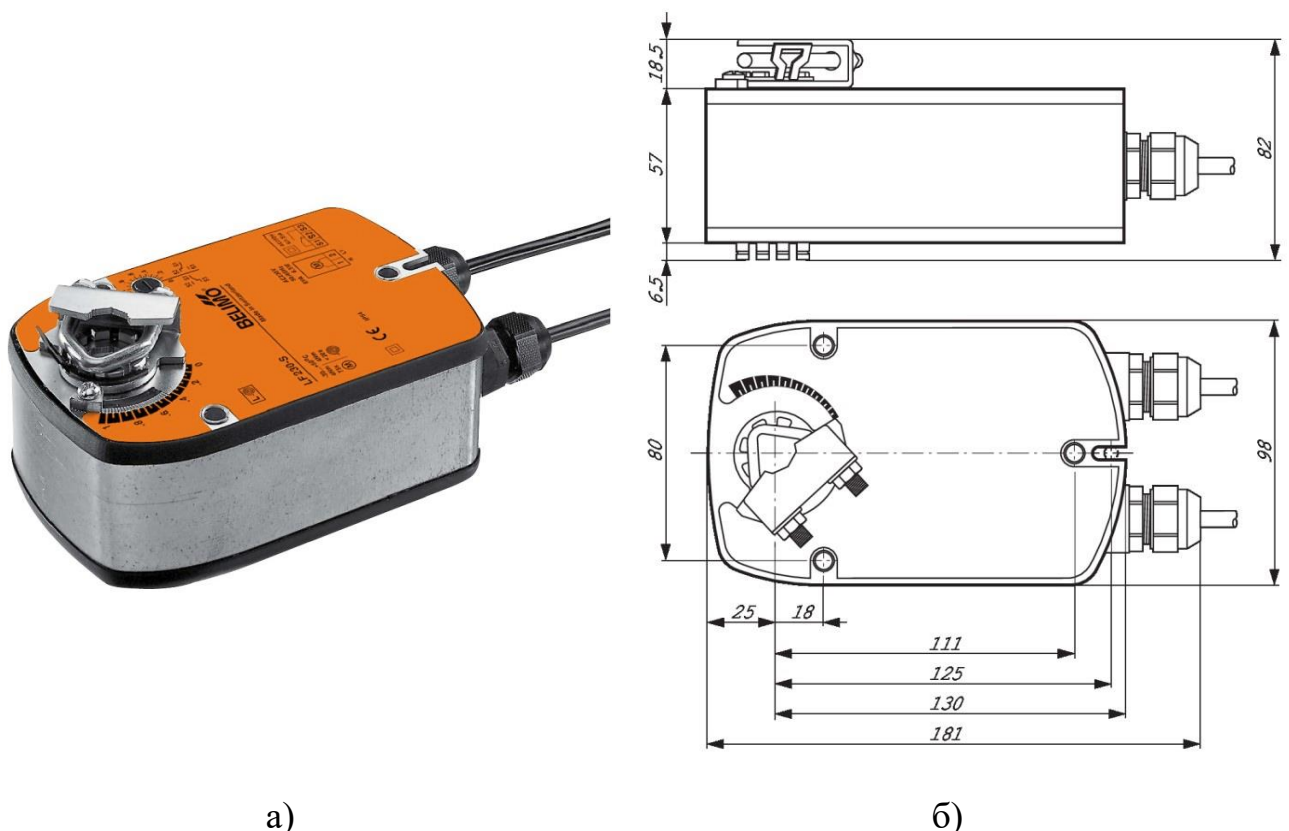


Рисунок 24 – Зовнішній вигляд (а) і габаритні та приєднувальні розміри (б) електроприводу повітряної заслінки Belimo LF230-S

Технічні характеристики Belimo LF230-S наведені в табл. 14.

Таблиця 14 – Технічні характеристики Belimo LF230-S

Найменування параметра	Значення
Живлення	~1x230 В, 50 Гц
Потужність, що споживається, ВА: – в режимі руху заслінки – в режимі утримання заслінки	7 5
Кут повороту (максимальне значення)	95°
Час повороту, с: – при роботі електроприводу – при спрацюванні пружини	40...75 20
Крутний момент, що розвивається електроприводом, Н·м	4
Ступінь захисту	IP54
Маса, кг	1,55
Габарити	Дивись рис. 24

РОЗДІЛ 4

РЕЖИМИ РОБОТИ ТА КЕРУВАННЯ УСТАНОВКОЮ ПІДТРИМАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ВІДДІЛЕНІ З РЕМОНТУ ЛУЖНИХ АКУМУЛЯТОРІВ

4.1 Режими роботи установки автоматичного підтримання мікроклімату

Після подачі напруги живлення на установку відбувається завантаження контролера і він одразу ж переходить в режим Очікування. При першому запуску генерується команда «Скидання аварій», аж до поки не відбудеться перший перехід в режим Робота [15].

Для того аби перейти з режиму Очікування до режиму Робота необхідно:

- з головного екрану ПЛК перемкнути режими (Керування: Стоп→Старт);
- подати команду на запуск від пульта дистанційного керування;
- подати команду на запуск засобами мережі.

Зворотний перехід відбувається аналогічно або автоматично (за розкладом).

В режимі Робота виконується наступна послідовність операцій:

- Прогрів ПЗ – обігрівання повітряної заслінки/клапана (триває певний час, який закладається при налаштуванні ПЛК ОВЕН ТРМ1033-31.00);
- Прогрів Кал – прогрів водяного нагрівача (калорифера);
- Пад Уставка – виконується для безударного переходу в режим Робота;
- Робота – підтримання температури по уставкам (працюють усі системи);
- Ре Прог – прогрів рекуператора у випадку його обмерзання.

В режим Аварія перехід відбувається автоматично з усіх режимів у випадку виникнення критичної ситуації/аварії в системі. Зворотний перехід можливий після усунення наслідків і причин, що привели до аварії та після подачі команди «Скидання аварії» (в меню «Аварії» ПЛК).

В режим Тест можна перейти з режимів Очікування та Аварія через меню «Тест». Зворотний перехід також реалізується через меню «Тест» ПЛК.

Система автоматичного підтримання мікроклімату на базі ПЛК ОВЕН ТРМ1033-31.00 реалізує два алгоритми керування роботою установки в залежності від пори року: зима чи літо. Визначення сезону можливе двома способами [15]:

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- оператором через меню ПЛК (Швидкі налаштування→Сезон: Вручн/Зима);
- автоматично (Швидкі налаштування→Сезон: Авто/Зима) в залежності від температури навколишнього повітря.

В автоматичному режимі перемикання в сезон Зима відбувається при зниженні температури навколишнього повітря нижче заданого рівня $T_{\text{зима/літо}}$ (рис. 25).

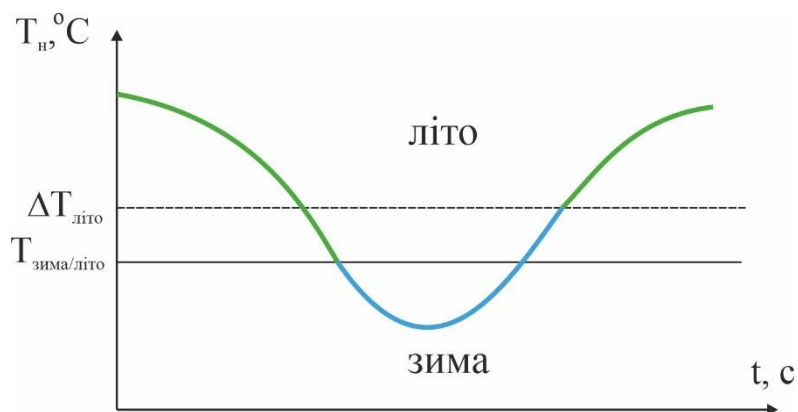


Рисунок 25 – До визначення сезону ПЛК ОВЕН ТРМ1033-31.00

Повернення до сезону Літо відбувається, коли температура навколишнього повітря перевищить заданий поріг $T_{\text{зима/літо}} + \Delta T_{\text{літо}}$, де $\Delta T_{\text{літо}} = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Перелік операцій та особливості роботи автоматичної системи для сезону Зима:

- процедура попереднього прогріву водяного нагрівача (калорифера) під час запуску системи буде активне незалежно від температури повітря навколишнього середовища;
- рециркуляційний насос в контурі водяного нагрівача увімкнений;
- нагрівання дозволено;
- рекуперація тепла дозволена;
- рециркуляція дозволена.

В режимі Очікування для сезону Зима контролери виконує наступні дії:

- аби не допустити замерзання контролюється температура води в зворотному контурі калорифера $T_{\text{зв}}$;
- якщо $T_{\text{зв}} < \text{НРМ}$ (НРМ – нижня робоча межа), то триходовий запірний клапан (КЗР) відкривається на 100% забезпечуючи прогрів калорифера (рис. 26);

- у випадку коли досягається уставка ВРМ (ВРМ – верхня робоча межа) клапан КЗР ще на час $t_{\text{пр.кал}}$ залишається відкритим і лише потім повністю закривається;
 - заслінки і вентилятори вимкнені, насос рециркуляції увімкнений;
 - відслідковуються можливі аварійні ситуації:
 - $\text{ВРМ} = T_{\text{зв}} + \Delta T_{\text{зв}}$;
 - $\text{НРМ} = T_{\text{зв}} - \Delta T_{\text{зв}}$;
- $\Delta T_{\text{зв}}$ задається в параметрах контролера.

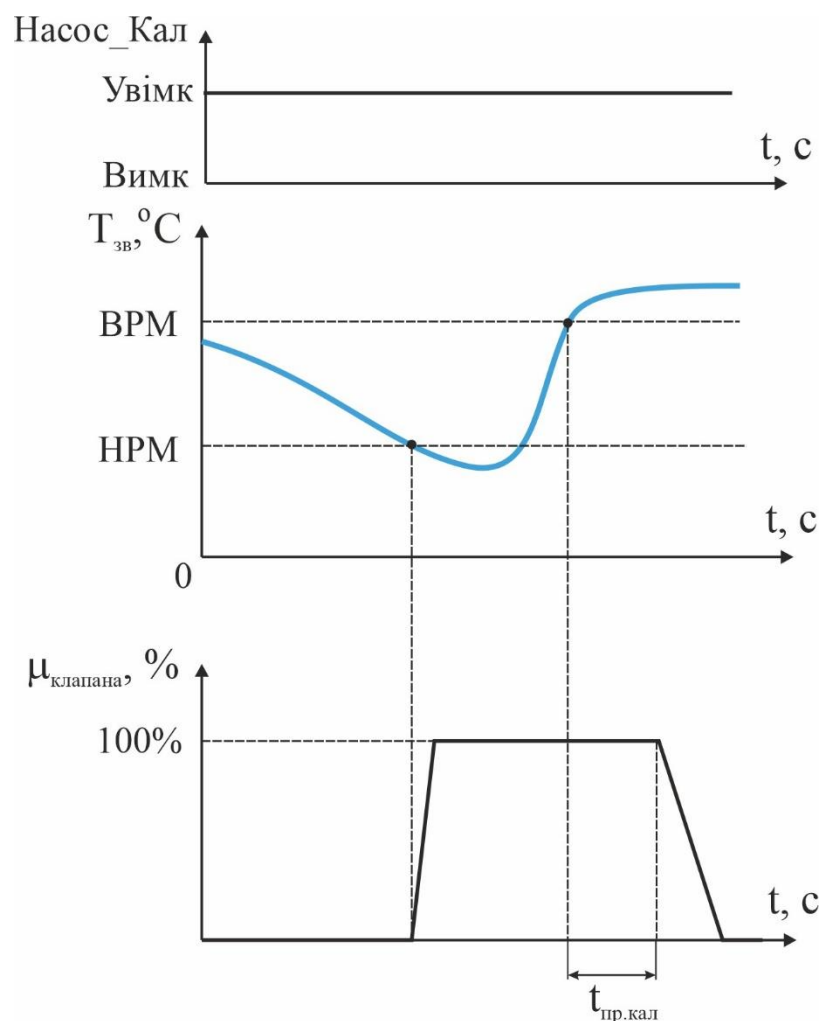


Рисунок 26 – Режим Очікування в зимовий період

Перелік операцій та особливості роботи автоматичної системи для сезону Літо:

- рециркуляційний насос в контурі водяного нагрівача вимкнено;
- нагрівання заборонено;
- рекуперація тепла заборонена;

- рециркуляція дозволена.

В режимі Очікування для сезону Літо контролери виконує наступні дії:

- усі виконавчі механізми вимкнено;
- відслідковуються можливі аварійні ситуації.

4.2 Порядок запуску системи автоматичного підтримання мікроклімату

Запуск системи в літній період.

Для запуску системи необхідно одним із доступних способів перевести контролер в режим Робота. Після чого відкривається повітряна заслінка і з певною затримкою часу запускається вентилятор припливного повітря.

Запуск системи в зимовий період.

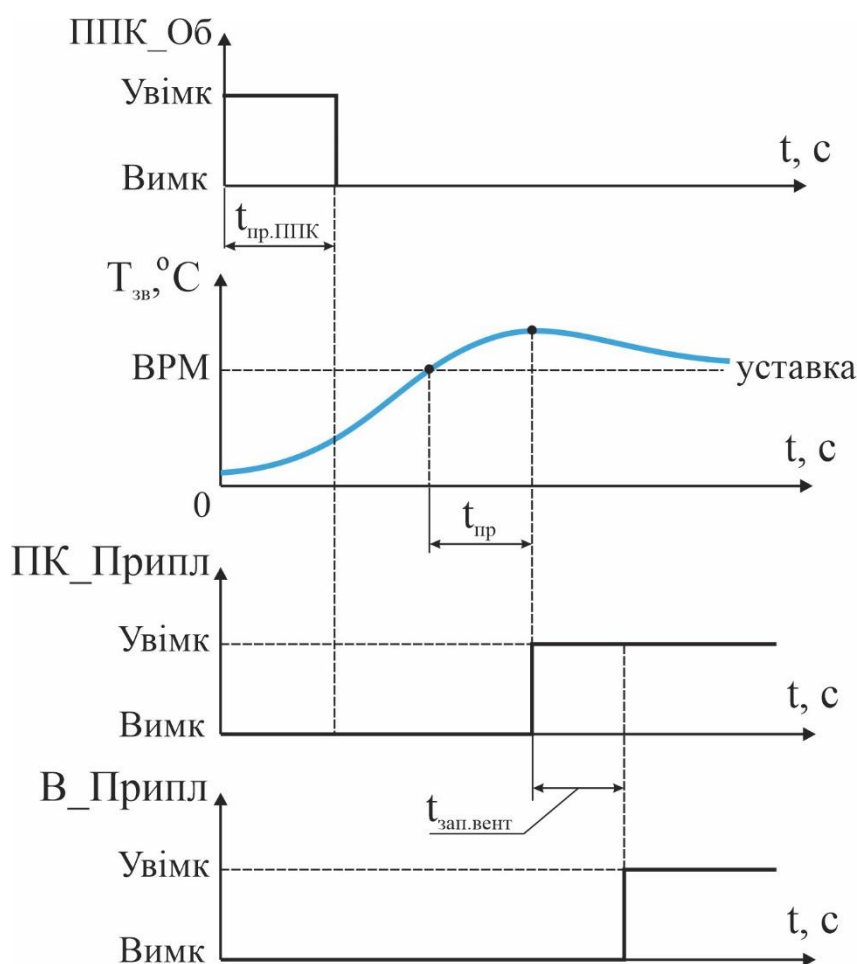


Рисунок 27 – Запуск системи взимку

Пуск системи в зимовий період має певні особливості (рис. 27):

- після переходу контролера в режим Робота, вмикається обігрів повітряної заслінки на час $t_{пр.ППК}$. Через який заслінка вважається прогрітою;

Припливний вентилятор запускається з затримкою $t_{\text{вкл.ПЛК}}$ за умови, що припливний повітряний клапан відкритий. Для контролю працездатності припливного вентилятора в системі передбачено датчик перепаду тиску, сигнал (PDS_B_П) з якого повинен з'явитись на вході ПЛК не пізніше $t_{\text{PDS увімк}}$. Аналогічна перевірка працездатності вентилятора відбувається і при його вимиканні – після зупинки вентилятора за час $t_{\text{PDS вимк}}$ в ПЛК повинен надійти сигнал про його вимикання.

Для контролю середньої тривалості роботи пристрою між відмовами призначений параметр Напрацювання, який вимірюється в годинах [15].

Управління водяним нагрівачем (калорифером).

Для регулювання температури припливного повітря в системі передбачено плавне регулювання приводу триходового запірного клапана (КЗР) калорифера.

Контроль температури зворотної води в калорифері користуються графіком корекції, який задають в меню ПЛК Меню/Налаштування/ГрафікТзв. Пристрій регулює температуру теплоносія, контролюючи температуру зворотної води в межах заданих параметрами ВРМ, НРМ відносно даного графіку (рис. 29).

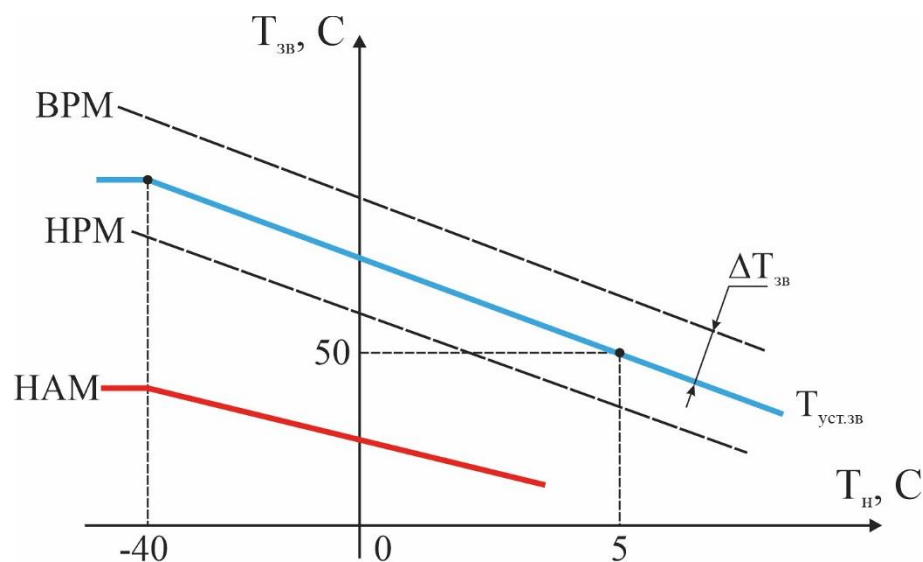


Рисунок 29 – Графік $T_{\text{зв}} = f(T_{\text{н}})$

Значення $\Delta T_{\text{зв}}$ задається в параметрах ПЛК Меню/Налаштування/Калорифер/зворот.вода/Делт.граф/Туст.зв

В пристрої також реалізований захист від замерзання калорифера через відслідковування аварійного значення температури зворотної води ($НАМ = T_{зв.аварія}$ – нижня аварійна межа). Коли досягається НАМ пристрій переходить в аварійний режим.

Фактично калорифер має два режими роботи:

- прогрів теплообмінника;
- «падаюча» уставка.

Під час прогріву калорифера відбувається його розігрів до температури ВРМ зворотного теплоносія, що розраховується за графіком (рис. 29). ПЛК формує сигнал 100% на КЗР що дає максимальну циркуляцію теплоносія через калорифер, прогрівуючи його до розрахункової температури ВРМ. Після цього діє затримка прогріву $t_{пр}$ (рис. 30).

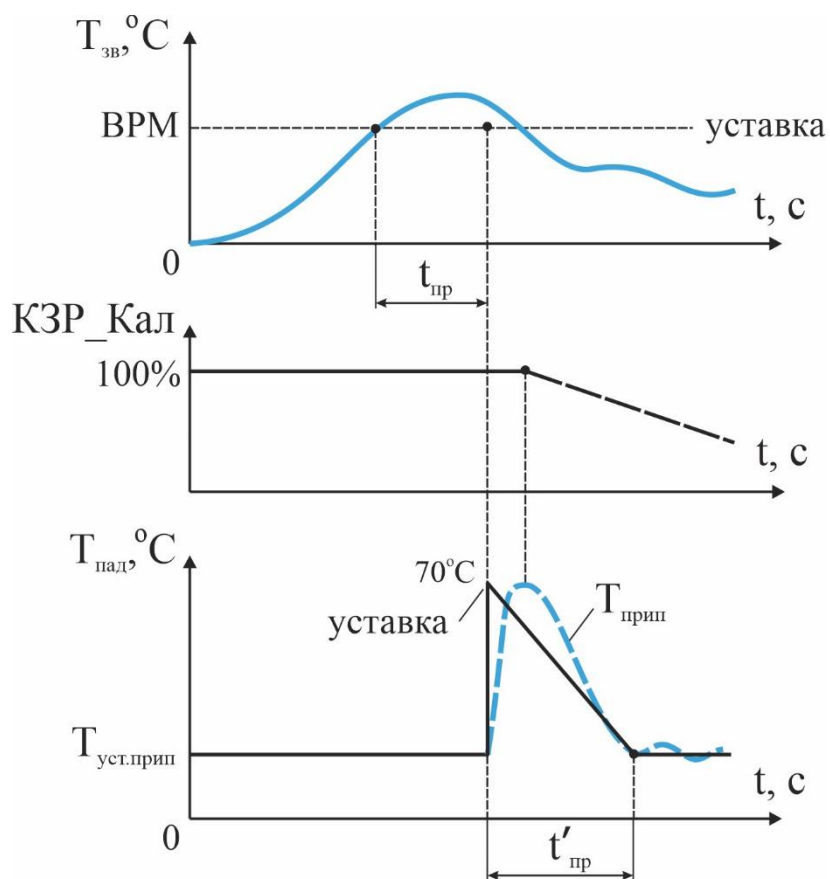


Рисунок 30 – Робота калорифера

Якщо в процесі прогріву температура води не досягла уставки ВРМ за максимальний час прогріву (Меню/Налаштування/Калорифер/Захист/Час

прогріву/Максимум), то відбувається перехід у аварійний режим – закриється заслінка, зупиниться припливний вентилятор, КЗР буде працювати на 100%.

«Падаюча» уставка.

Після того як процес прогріву закінчиться калорифер буде розігрітий до температури, що перевищує уставку $T_{уст.прип}$, аби виключити повторний прогрів калорифера або «провал» по температурі припливного повітря $T_{прип}$ активується режим «Падаюча» уставка. Даний режим характеризується: початковою температурою $T_{пад}$ і тривалістю $t'_{пр}$. На час дії «падаючої» уставки $T_{уст.прип}$ буде замінена на $T_{пад}$, яка лінійно змінюється від температури $T_{прип}$ до температури $T_{уст.прип}$ за час $t'_{пр}$.

Алгоритм роботи «падаючої» уставки.

По закінченню процесу прогріву калорифера, ПЛК починає регулювати температуру припливного повітря згідно уставки $T_{уст.прип}$ одночасно контролюючи температуру теплоносія в зворотному контурі у відповідності до графіка $T_{зв}$. Якщо температура $T_{зв}$ перевищила допустиму межу ВРМ ($T_{зв} > \text{ВРМ}$), то для повернення температури теплоносія в зворотному контурі калорифера в допуск, ПЛК обраховує нову уставку температури припливного повітря (рис. 31).

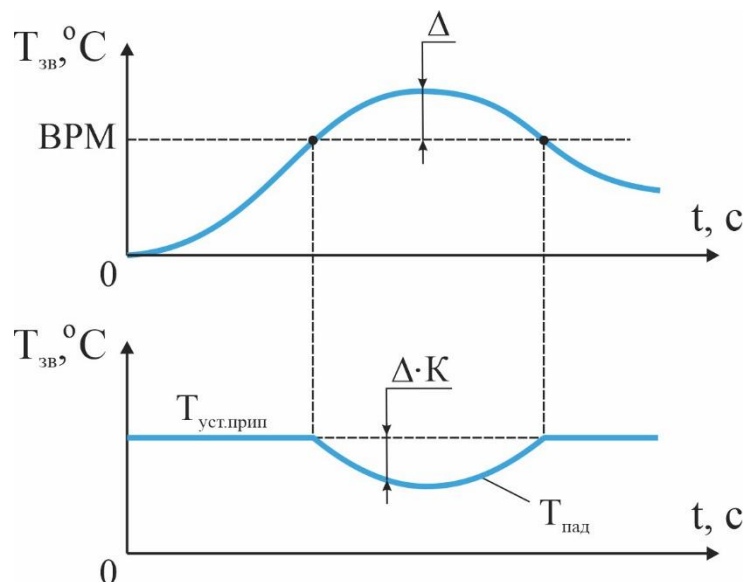


Рисунок 31 – Робота калорифера в режимі «Падаюча» уставка

Скорегована уставка температури припливного повітря обраховується за формулою [15]:

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{уст.прип}}^{\text{кор}} = T_{\text{уст.прип}} - \Delta \cdot K, \quad (4)$$

де Δ – різниця між поточним значенням температури теплоносія в зворотному контурі калорифера і значенням $T_{\text{зв max}}$ (ВРМ);

K – коефіцієнт впливу перегріву теплоносія в зворотному контурі калорифера на уставку температури припливного повітря.

Вихідна потужність нагрівача обраховується по ПП-закону, регульована величина – температура припливного повітря $T_{\text{прип}}$.

Управління роботою рекуператора.

В режимі попереднього прогріву рекуператор запускається одночасно з вмиканням припливного і витяжного вентиляторів (сигнали відповідно В_Припл, В_Вит), якщо температура зовнішнього повітря менша від уставки спрацювання ($T_{\text{зовн}} < T_{\text{рекуп}}$). Значення $T_{\text{рекуп}}$ задається в налаштування ПЛК Меню/Налаштування/Рекуператор/Температура увімкнення.

Після увімкнення контактора попереднього нагріву рекуператора (сигнал Конт_ПН) спрацьовує затримка тривалістю 10 секунд на очікування сигналу з контактора ТЕН. При відсутності даного сигналу ПЛК переходить в режим Аварія.

Влітку рекуператор не вмикається.

Обмерзання рекуператора.

У випадку коли на вході DI7(TPM) ПЛК з'являється сигнал (PDS_Рекуп) система фіксує обмерзання калорифера. Можливі декілька варіантів подальшої роботи системи:

1. Якщо в налаштуваннях ПЛК Меню/Налаштування/Рекуператор/Тип вибрано Прогрів, то для пластинчатого рекуператора вмикається байпас, і якщо через час затримки (задається в Меню/Налаштування/Рекуператор) сигнал з входу DI7(TPM) не зникне, то контролер аварійно зупиняє вентиляційну систему.
2. Якщо в налаштуваннях ПЛК Меню/Налаштування/Рекуператор/Тип вибрано Ав.Стоп, то відбувається зупинка вентиляційної системи.
3. Якщо в налаштуваннях ПЛК Меню/Налаштування/Рекуператор/Тип вибрано Вимкн В_Припл, то відбувається зупинка припливного

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вентилятора, відключення контактору попереднього нагріву, вмикається байпас, якщо сигнал з входу DI7(TPM) не зникне, то контролер зупиняє вентиляційну систему.

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛУ ВІД УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ОПАЛЕННЯ

Персонал, обслуговуючий електрообладнання, може потрапити під напругу внаслідок несправності, аварії або своїх помилкових дій. Безпека обслуговування електрообладнання залежить від його робочої напруги, умов експлуатації і характеру середовища приміщення, в якому воно встановлене [25].

Статистика показує, що від загальної кількості нещасних випадків зі смертельним наслідком 20...40 % трапляються внаслідок ураження електричним струмом, причому близько 80 % смертельних уражень електричним струмом відбуваються в електроустановках напругою до 1000 В [26].

Приміщення відділення з ремонту лужних акумуляторів локомотивного депо відносяться до приміщень підвищеної небезпеки з точки зору ступеня небезпеки ураження людей електричним струмом при експлуатації і обслуговуванні електрообладнання, оскільки мають струмопровідні підлоги та хімічно активне середовище. За рівнем доступності такі приміщення відносяться до електротехнічних і доступні тільки кваліфікованому персоналу.

Об'єм і характер необхідних захисних заходів, що забезпечують безпеку, визначаються залежно від виду електроустановки, номінальної напруги, умов середовища приміщення і доступності електрообладнання [25].

Виділяють три системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки [25]:

- система технічних засобів і заходів;
- система захисних засобів від ураження електричним струмом;
- система організаційно-технічних заходів і засобів.

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмопровідних частин;
- недоступність струмопровідних частин;
- блокування безпеки;
- засоби орієнтації в електроустановках;

- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємнісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

Для того аби отримати прийнятний рівень електробезпеки в електроустановках застосовується одночасно декілька з перерахованих технічних засобів і заходів.

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Системи підтримання мікроклімату є важливою складовою виробничого процесу оскільки забезпечують в приміщеннях необхідні метеорологічні умови, що визначаються відповідними санітарно-гігієнічними нормами. За оцінкою фахівців, в середньому 5...8 % усього об'єму електроенергії країни витрачається у вентиляційних системах, що вкупі з інтенсифікацією політики енергозощадження актуалізує питання підвищення енергоефективності таких систем.

Одним з перспективних напрямків руху у вирішенні даної задачі є автоматизація процесів управління разом з енергоефективними способами регулювання. Найбільш високий потенціал енергозбереження мають цифрові системи на базі спеціалізованих програмованих логічних контролерів з широким використанням частотно-регульованих приводів вентиляторів та утилізаторів відпрацьованого тепла.

Автором вивчені особливості природної та примусової вентиляції промислових приміщень. Встановлено, що для промислових будівель найбільш придатною є загальнообмінна припливно-витяжна механічна система вентиляції та запропонована її структура на прикладі відділення з ремонту лужних акумуляторів локомотивного депо. З метою підвищення енергоефективності до системи додано утилізатор теплоти вентиляційних викидів (пластинчатий рекуператор), а також застосовано регульований електропривод вентиляторних установок. Це дозволяє знизити витрати електричної енергії майже на 50 % у порівнянні з системою де дані елементи відсутні.

Використання спеціалізованого програмованого логічного контролера в купі з системою датчиків (температури, перепаду тиску) для автоматизації процесу підтримання мікроклімату у відділенні з ремонту лужних акумуляторів дозволяє реалізувати більш складні алгоритми керування системою, що позитивно впливає на точність відпрацювання параметрів мікроклімату, розширює її функціональні можливості, робить її гнучкішою та комфортнішою в налаштуваннях.

Враховуючи отримані результати, для того аби підвищити ефективність систем підтримання мікроклімату виробничих підприємств, рекомендується:

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використовувати в складі систем вентиляції утилізатор теплоти вентиляційних викидів;
- застосовувати регульований електропривод вентиляційних установок;
- автоматизувати процес управління з використанням спеціалізованих програмованих логічних контролерів (ПЛК).

Розглянуті питання захисту персоналу від ураження електричним струмом під час експлуатації систем вентиляції та опалення.

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П.Г. та ін.]; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Черкаси: видавець Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
2. Коренькова Т.В. Режим роботи насосних та вентиляторних установок із автоматизованим електроприводом: навчальний посібник / Т.В. Коренькова, О.О. Сердюк, В.Г. Ковальчук. – Кременчук: Вид. ПП Щербатих О.В., 2014. – 200 с.
3. Жуковський С.С. Вентилювання приміщень / С.С. Жуковський, О.Т. Возняк, О.М. Довбуш, З.С. Люльчак: навчальний посібник. – Львів: Вид. Національного університету «Львівська політехніка», 2007. – 476 с.
4. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
5. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
6. Невзорова А.Б. Теплогазопостачання, опалення і вентиляція: Навч. посібник / А.Б. Невзорова. – Гомель: БелГУТ, 2014. – 279 с.
7. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Чинний від 2014- 01-01. – Київ: Мінрегіонбуд та ЖКГ України, 2013. – 232 с.
8. Нимич Г.В. Сучасні системи вентиляції та кондиціонування повітря / Г.В. Нимич, В.А. Михайлов, Е.С. Бондарь. – ТОВ «Видавничий будинок Авваност Прим», 2003. – 626 с.
9. Голодний І.М., Санченко О.В. Регульований асинхронний електропривод вентиляційної системи з широтно-імпульсним керуванням. – К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2020. – 117 с.
10. Колб Ант. А, Колб А. А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп. –Д., Національний гірничий університет, 2011. – 540 с.

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. UPS Series 200 | Grundfos. Режим доступу: <https://product-selection.grundfos.com/ua/products/ups-series-200?tab=documentation>
24. Електропривод повітряної заслінки Belimo LF230-S. Режим доступу: <http://belimo.com.ua/shop/privody-vozdushnyx-klapanov/privody-so-vstroennoj-vozvratnoj-pruzhinoj/privody-s-vozvratnoj-pruzhinoj-lf-4-hm/elektroprivod-vozdushnoj-zaslonki-belimo-lf230>
25. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі. Загальні вимоги: Конспект лекцій. – Київ: КПП, 2011. – 156 с.
26. Кошель В. І., Поплавський О. П. Основи охорони праці: Навчальний посібник. / Укладачі: В. І. Кошель, О. П. Поплавський. – Івано-Франківськ, 2014.

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ

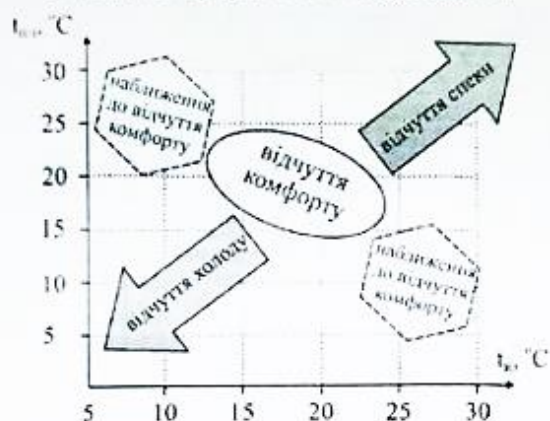
- 1) Вимоги до мікроклімату робочого місця та загальні характеристики систем вентиляції;
- 2) Характеристика об'єкту автоматизації та механічне обладнання вентиляційної системи;
- 3) Апаратна частина системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату;
- 4) Апаратна частина системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату;

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А
Графічні роботи

					7.141.190462.ПЗ	Лист
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умови комфортного стану людини

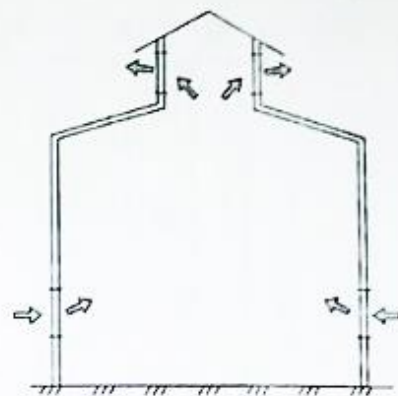


$t_{вн}$ – температура внутрішнього повітря;

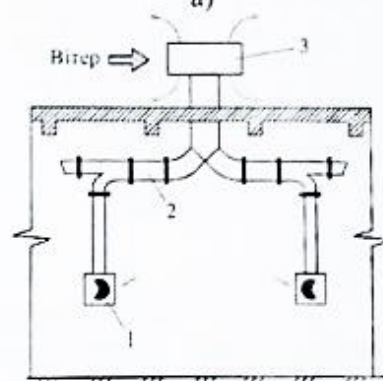
t_r – радіаційна температура приміщення.

Параметри повітря в робочій зоні
виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Оптимальні норми		
		Температура повітря, °C	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с, не більше
Холодний	Легка:			
	Ia	22-24	60-40	0,1
	Iб	21-23	60-40	0,1
	Середньої важкості:			
	IIa	19-21	60-40	0,2
	IIб	17-19	60-40	0,2
Теплий	Важка:			
	III	16-18	60-40	0,3
	Легка:			
	Ia	23-25	60-40	0,1
	Iб	22-24	60-40	0,2
	Середньої важкості:			
	IIa	21-23	60-40	0,3
	IIб	20-22	60-40	0,3
	Важка:			
	III	18-20	60-40	0,4

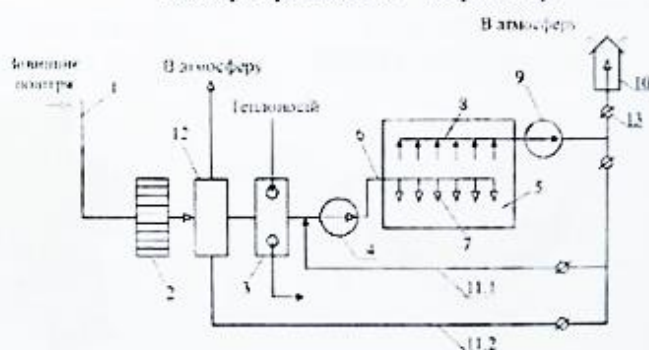


а)



б)

Схеми природної вентиляції аерацією через отвори (а), витяжної під дією вітрового тиску (б): 1 – витяжний отвір; 2 – мережа повітропроводів; 3 – дефлектор



Принципова схема загальнообмінної вентиляції:

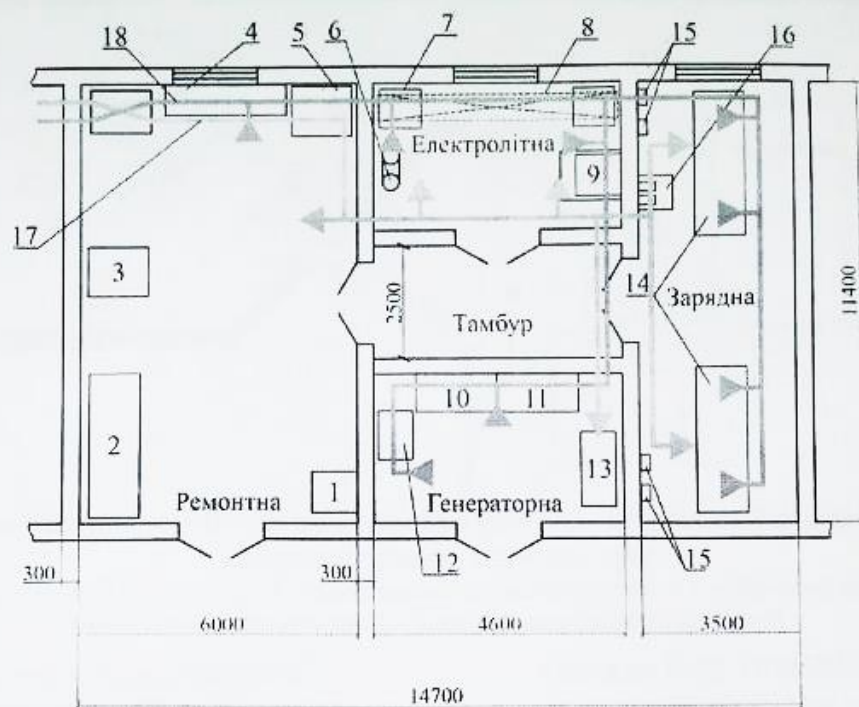
1 – повітрозбірник; 2 – фільтр; 3 – калорифер; 4 – припливний вентилятор; 5 – приміщення, що вентильовується; 6 – припливний повітропровід; 7 – повітророзподільний пристрій; 8 – витяжний повітропровід; 9 – витяжний вентилятор; 10 – витяжна шахта; 11 – рециркуляційний повітропровід; 12 – утилізатор теплоти (рекуператор); 13 – регулювальні заслінки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Зав. кафед.	Муха А.М.			11.12
Н. контр.	Карюва О.О.			11.12
Осн. керів.	Устименко Д.В.			28.11
Розробив	Ліньов О.В.			27.11

Вимоги до мікроклімату робочого місця та загальні характеристики систем вентиляції

Додаток А
7.141.190462.01

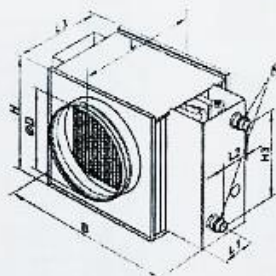
Стад.	Аркуш	Аркушів
	74	77
Український державний університет науки і технологій, група ЕЕ2221		



План відділення з ремонту лужних акумуляторів:

1 – раковина; 2 – стелаж; 3 – пристрій для промивання акумуляторів; 4 – верстат слюсарний; 5 – шафа для інструментів; 6 – дистильатор; 7 – ванна для дистильованої води; 8 – таль; 9 – пристрій для дозування електроліту; 10 – щит керування перетворювачем; 11 – щит керування постами; 12 – випрямляюча установка; 13 – зарядний перетворювач; 14 – стелаж; 15 – щиток; 16 – кран для розливу дистильованої води; 17 – система повітропроводів по яким подається повітря до приміщень; 18 – система повітропроводів якими видаляється забруднене повітря з приміщень

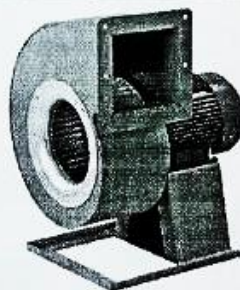
Водяний калорифер
ВЕНТС НКВ 250-4



Розміри, мм

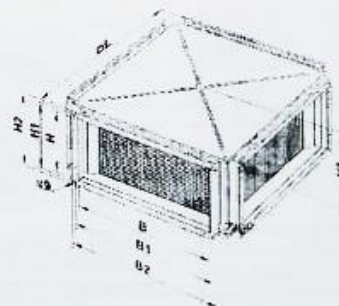
D	B	H	H3	L	K
248	470	350	270	350	G1"

Відцентровий вентилятор
ВЕНТС ВЦУН 250х127-2,2-4



Параметр	Значення параметра
Напруга, В/50 Гц	3-400
Потужність номінальна, кВт	2,2
Струм номінальний, А	5,1
Максимальна продуктивність, м³/год	3720
Частота обертання, хв⁻¹	1420
Максимальна температура повітря, яке переміщується, °C	60

Рекуператор
ВЕНТС ПР 600х300



Розміри, мм

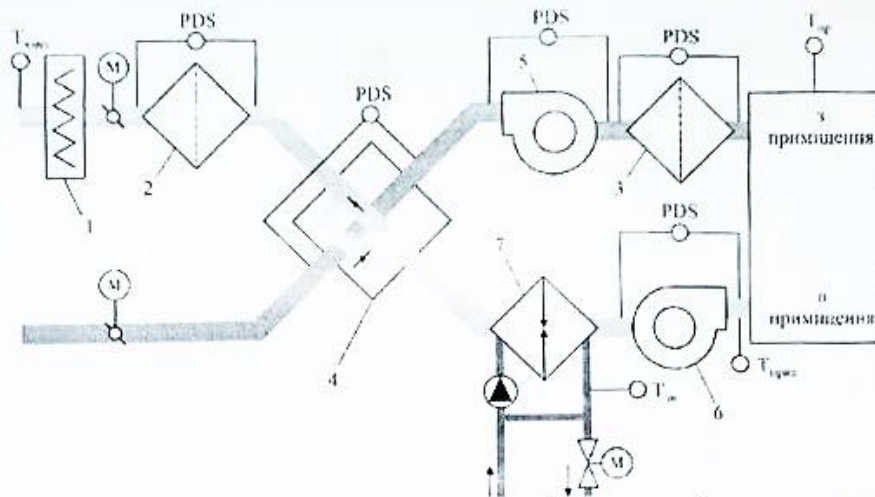
B2	H2	H3	L	Маса, кг
640	340	375	730	31

Характеристика об'єкту автоматизації та механічне обладнання
вентиляційної системи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Зав. кафед.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>	21.12
Н. контр.		Карзова О.О.	<i>[Signature]</i>	21.12
Осн. керів.		Устименко Д.В.	<i>[Signature]</i>	28.11.
Розробив		Ліньов О.В.	<i>[Signature]</i>	27.11

Додаток А
7.141.190462.02

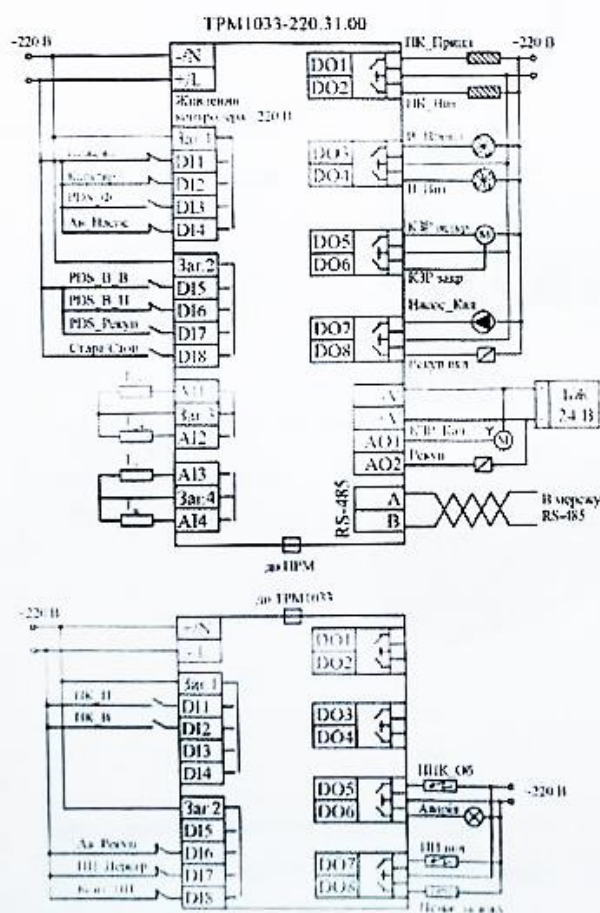
Стад.	Аркуш	Аркушів
	75	77
Український державний університет науки і технологій, група EE2221		



Структурна схема системи вентиляції з водним калорифером нагріву та рекуператором відділення з ремонту лужних акумуляторів:

1 – повітряна заслінка; 2, 3 – фільтр; 4 – пластинчастий рекуператор; 5 – витяжний вентилятор; 6 – припливний вентилятор; 7 – водяний калорифер (нагрівач)

Схема підключення периферійного обладнання до програмованого логічного контролера ТРМ1033-220.31.00 з модулем розширення дискретного вводу/виводу ПРМ-220.1



Сигнали ПЛК ТРМ1033-220.31.00 з модулем розширення дискретного вводу/виводу ПРМ-220.1

Номер клем	Опис	Позначення
DI1(TPM)	Датчик пожежі	Пожежа
DI1(TPM)	Кінцевий вимикач припливного повітряного каналу	ПК_П
DI2(TPM)	Захист калорифера від обмерзання (капілярний термостат)	Кал_мер
DI2(TPM)	Кінцевий вимикач витяжного повітряного каналу	ПК_В
DI3	Датчик перепаду тиску на припливному фільтрі	PDS_Ф
DI4	Аварія насоса	Ав_Насос
DI5	Датчик перепаду тиску на витяжному вентиляторі	PDS_В_В
DI6(TPM)	Датчик перепаду тиску на припливному вентиляторі	PDS_В_П
DI6(TPM)	Автомат захисту рекуператора	Ав_Рекуп
DI7(TPM)	Датчик перепаду тиску на рекуператорі	PDS_Рекуп
DI7(TPM)	Термостат захисту від перегріву елементу попереднього нагріву	ПН_Перегр
DI8(TPM)	Кнопка Start/Stop	Старт/Стоп
DI8(TPM)	Контактор попереднього нагріву	Кон_ПН
AI1	Датчик температури повітря назовні	T_амб
AI2	Датчик температури припливного повітря	T_амб
AI3	Датчик температури вторинної води в калорифері	T_в
AI4	Датчик температури повітря у приміщенні	T_п
DO1	Електропривід відкриття припливного повітряного клапана (сигнал на відкриття)	ПК_Припл
DO2	Електропривід відкриття витяжного повітряного клапана (сигнал на відкриття)	ПК_Вит
DO3	Вимкнення припливного вентиляторів	В_Припл
DO4	Вимкнення витяжного вентиляторів	В_Вит
DO5(TPM)	Сигнал відкриття клапана капного (КЗР) триходового	КЗР_відкр
DO5(TPM)	Вимкнення обігріву припливного повітряного каналу	ППК_Об
DO6(TPM)	Сигнал закриття клапана капного (КЗР) триходового	КЗР_закр
DO6(TPM)	Лампа «Аварія»	Аварія
DO7(TPM)	Вимкнення насоса калорифера	Насос_Кал
DO7(TPM)	Включення попереднього нагріву	ПН_вкл
DO8(TPM)	Включення рекуператора	Рекуп_вкл
DO8(TPM)	Відсутність зв'язку з модулем ПРМ	ПРМ
AO1	Керування приводом клапана капного (КЗР) триходового нагрівача (аналогове)	КЗР_Кал
AO2	Керування приводом рекуператора	Рекуп

Апаратна частина системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Зав. кафедр.	Муха А.М.			14.12
Н. контр.	Карцова О.О.			14.12
Осн. керів.	Устименко Д.В.			18.11
Розробив	Ліньов О.В.			27.11

Додаток А
7.141.190462.03

Стад.	Аркуш	Аркушів
	76	77
Український державний університет науки і технологій, група EE2221		

Датчик контролю
температури
Belimo 01CT-1BH



Пасивний вихідний сигнал	PT1000
Середовище вимірювання	Повітря, вода
Вимірюваний параметр	Температура
Діапазон вимірювання температур	-35...+100°C
Точність вимірювання	Class B, $\pm 0,3^\circ\text{C}$

Датчик перепаду
тиску (PDS) OVEN
PD30-DD200



Діапазон уставки перепаду тиску ΔP , Па	20...200
Робочий діапазон абсолютного тиску, кПа	84...118
Похибка спрацювання реле	$\pm 15\%$
Керуючий вхід	Реле, SPDT
Діапазон робочих температур пристрою, °C	-20...+85

Капілярний
термостат OVEN
PT50-2



Діапазон уставки температури, що задається користувачем, °C	-30...+15 (заводська установка +7°C)
Тип чутливого елементу	Капілярна трубка без термобалона
Керуючий вхід	Однополюсний перекидний контакт SPDT
Електричне навантаження на контактну систему	AC-1 (16 А, 400 В) DC-1 (12 Вт, 220 В)

Триходовий
регулюючий клапан
Danfoss VRB3 з
редукторним
електроприводом
Danfoss AME435



Напруга живлення, В	24 В +10...-15% змінного чи постійного струму
Керуючий сигнал	аналоговий (0(2)...10 В; 0(4)...20 мА)
Зусилля закриття, Н	400
Енергоспоживання, ВА	4,5

Електропривод
повітряних заслінок
Belimo LF230-S



Живлення	-1x230 В, 50 Гц
Потужність, ВА:	
- в режимі руху заслінки	7
- в режимі утримання заслінки	5
Кут повороту (максимальне значення)	95°
Час повороту, с:	
- при роботі ЕП	40...75
- при спрацюванні пружини	20
Крутний момент, Н·м	4

Перетворювач частоти Danfoss VLT HVAC Drive FC102 P2K2T4

Циркуляційний насос Grundfos UPS Series 200

					Апаратна частина системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Додаток А 7.141.190462.04 Український державний університет науки і технологій, група ЕЕ2221		
Зав. кафед.		Муха А.М.		27.11			
Н. контр.		Карзова О.О.		28.11			
Ост. керів.		Устименко Д.В.		28.11			
Розробив		Ліньов О.В.		27.11	Стад. Аркуш Аркушів 77 77		