

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

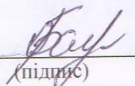
« 8 » 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Розробка системи теплопостачання автомобільного паркінгу у м. Хмельницький загальним об'ємом 6620 м^3 з розробкою теплової завіси.

Виконала: студентка групи 47-ТЕ-22з

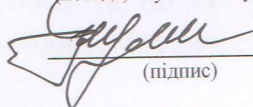

(підпис)

Ободовська О.М.

Керівник роботи:

д.т.н., професор кафедри ЕІ та РС ПННІ НУК

(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Харитонов Ю.М.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»

Спеціальність 144 – «Теплоенергетика»

Освітня програма «Теплоенергетика»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

«23» 02 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студентки **Ободовської Оксани Миколаївни**

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи теплопостачання автомобільного паркінгу у м. Хмельницький загальним об'ємом 6620 м^3 з розробкою теплової завіси.

Керівник роботи д.т.н., проф. кафедри ЕІ та РС Харитонов Ю.М.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК № 19 від «19» 02. 2026 року

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедру: 05.06.2026

3. Вихідні дані по роботі: Об'єктом проектування системи теплопостачання є автомобільний паркінг у м. Хмельницький вул. Івана Пулюя, 6 загальним об'ємом 6620 м^3 .

Висота будови 8,4 метрів. Джерелом теплопостачання є ТЕЦ з параметрами теплоносія 90°C у падаючої та 65°C у зворотній магістралях теплових мереж. Перепад тиску в теплових мережах 40 м.вод.ст. Орієнтація головного фасаду – південь.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання
2. Розробка системи водяного опалення. 3. Розробка системи вентиляції
- Розрахунок повітряних завіс та підбір приладів системи вентиляції. 5. Розробка заходів з охорони праці

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. План будівлі. 2. Аксонометрична схема опалення 3. Аксонометрична схема вентиляції. 4. Система повітряної завіси.

6. Консультанти розділів роботи

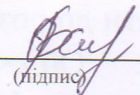
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «20» лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

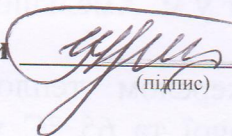
Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання.	10.03.26	
2	Розробка системи водяного опалення	31.03.26	
3	Розробка системи вентиляції	20.04.26	
4	Розрахунок повітряної завіси	12.05.26	
5	Розробка заходів з охорони праці	19.05.26	
6	Графічна частина	26.05.26	

Студентка


(підпис)

Ободовська О.М.

Керівник роботи


(підпис)

Харитонов Ю.М.

Анотація

У даній кваліфікаційній роботі спроектовано систему теплопостачання закритої автостоянки. Особливістю об'єкта є застосування комбінованої схеми опалення: водяна система працює у черговому режимі, тоді як основна — повітряна — вмикається у робочий час.

У ході проектування було визначено шкідливі домішки у повітрі від роботи автомобілів та розглянуто варіанти їх ефективного видалення; розроблено систему водяного опалення; виконано теплотехнічний розрахунок системи вентиляції; спроектовано повітряну завісу та підібрано необхідне обладнання; розроблено систему калориферної установки для опалення та охолодження повітря; визначено та обґрунтовано заходи з охорони праці під час експлуатації систем.

Запропоновані технічні рішення забезпечують підтримання оптимальних параметрів мікроклімату, ефективне видалення забруднень та економне використання енергоресурсів. Розроблена система може бути впроваджена у практичних умовах та слугувати прикладом для аналогічних об'єктів.

Ключові слова: опалення, вентиляція, теплоносій, калорифер, повітрово́д, шумоглушник, газові котли.

Abstract

In this qualification work, a heat supply system for a closed parking lot was designed. A feature of the facility is the use of a combined heating scheme: the water system operates in standby mode, while the main one — the air system — is turned on during working hours.

During the design, the following were carried out: harmful impurities in the air from the operation of cars were identified and options for their effective removal were considered; a water heating system was developed; a heat engineering calculation of the ventilation system was performed; an air curtain was designed and the necessary equipment was selected; a heating system for heating and cooling air was developed; occupational safety measures during the operation of the systems were determined and justified.

The proposed technical solutions ensure the maintenance of optimal microclimate parameters, effective removal of contaminants and economical use of energy resources. The developed system can be implemented in practical conditions and serve as an example for similar facilities.

Keywords: heating, ventilation, coolant, heater, duct, silencer, gas boilers.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	8
1.1 Загальна характеристика та опис об'єкта проектування.....	8
1.2 Кліматична та географічна характеристика.....	8
1.3 Технологія виробництва і шкідливі чинники повітря.....	9
1.4 Розрахункові параметри зовнішнього повітря.....	9
1.5 Розрахункові параметри внутрішнього повітря.....	10
1.6 Рішення щодо опалення та вентиляції.....	10
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ПАРКІНГУ.....	13
2.1 Теплові втрати приміщення.....	13
2.1.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорож.....	13
2.1.2 Теплові втрати через зовнішні огорожі.....	15
2.1.3 Теплові втрати на нагрівання інфільтруючого зовнішнього повітря.....	15
2.1.4 Тепловтрати на нагрівання автомобілів.....	17
2.2 Теплонадходження в приміщення.....	17
2.2.1 Теплонадходження від сонячної радіації.....	17
2.2.2 Теплові надходження від джерел штучного освітлення.....	19
2.3 Тепловий баланс автомобільного паркінгу.....	20
2.4 Розробка системи опалення.....	21
2.4.1 Тепловий розрахунок системи водяного опалення.....	21
2.4.2 Гідравлічний розрахунок системи водяного опалення.....	22
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ПАРКІНГУ.....	25
3.1 Повітрообмін по забрудненню повітря.....	26
3.2 Місцеві відсмоктувачі від автомобілів.....	27
3.3 Необхідний повітрообмін автомобільного паркінгу.....	28
3.4 Повітряний баланс автомобільного паркінгу.....	28
3.5 Необхідні повітрообміни для нерозрахункових приміщень.....	29
3.6 Повітророзподіл у автомобільного паркінгу.....	30
3.7 Повітророзподіл у нерозрахункових приміщеннях.....	32

3.8	Витрати повітря системами.....	32
3.9	Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції.....	34
3.9.1	Припливна система ПЗ.....	34
3.9.2	Витяжна система ВЗ.....	35
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ЗАВІСИ ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....		38
4.1	Розрахунок та підбір повітряно-теплових завіс.....	40
4.2	Підбір обладнання припливних установок.....	41
4.3	Підбір обладнання витяжних систем.....	43
4.4	Конструктивні особливості системи теплопостачання калориферів.....	44
4.5	Гідравлічний розрахунок системи теплопостачання калориферів.....	44
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....		47
5.1	Виробнича санітарія.....	47
5.2	Техніка безпеки при монтажі систем опалення.....	52
5.3	Вимоги безпеки під час монтажу систем вентиляції.....	53
5.4	Основні вимоги до виробничого освітлення.....	55
5.5	Розрахунок захисного заземлення.....	59
ВИСНОВОК.....		61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		63
Додаток 1.....		65

ВСТУП

Попри складні умови воєнного часу, українське суспільство, зокрема й студенти, продовжує активно працювати на всіх напрямках, у тому числі в енергетичній сфері. Повномасштабна агресія російської федерації проти України наочно продемонструвала вразливість світової економіки та енергетики через надмірну залежність від викопних енергоносіїв. Енергетичний шантаж агресора став потужним стимулом для пошуку та впровадження рішень, спрямованих на зменшення цієї залежності. Підвищення енергоефективності — це єдино правильний шлях до енергетичної незалежності, який для України має першочергове значення як елемент національної безпеки. Саме тому вже сьогодні необхідно впроваджувати енергомодернізацію будівель.

Однією з важливих екологічних проблем залишається забруднення повітря вихлопними газами від автотранспорту. Вона особливо загострюється у закритих приміщеннях — ремонтних боксах, гаражах, критих автостоянках. Сучасні стандарти автосервісу передбачають суворі вимоги до промислової санітарії та екологічної безпеки, що враховуються під час атестації робочих місць та сертифікації на відповідність нормам з охорони праці.

Найбільш ефективним способом видалення забруднень є місцева витяжна вентиляція, яка забирає шкідливі домішки безпосередньо біля джерела їх утворення. Це виключає їх потрапляння у зону дихання працівників, зменшує обсяг оброблюваного повітря та дозволяє використовувати обладнання меншої потужності, що позитивно впливає на енергоспоживання та витрати на обслуговування. На відміну від загальнообмінної вентиляції, яка діє за принципом розведення забрудненого повітря припливом зовнішнього, такі системи забезпечують повноцінний захист та економічність.

У випадку закритих автостоянок і підприємств автосервісу оптимальним рішенням є системи видалення вихлопних газів безпосередньо від вихлопної труби автомобіля, що дозволяє усунути до 100% шкідливих домішок і запобігти їх потраплянню у приміщення.

Мета роботи — проаналізувати існуючу систему теплопостачання, оцінити вплив викидів автотранспорту, визначити потреби у тепловій енергії, порівняти витрати енергоносіїв та обрати оптимальну систему теплопостачання для ефективної експлуатації об'єкта.

Завдання дослідження:

проектування системи опалення;

розробка системи вентиляції;

створення повітряної завіси для інтеграції з вентиляційною системою.

Об'єкт розробки — автомобільний паркінг об'ємом 6620 м³ у місті Хмельницький.

Предмет розробки — системи опалення, вентиляції, повітряних завіс та джерела теплопостачання.

Методи дослідження — аналітичні розрахунки теплових навантажень, вибір оптимальної схеми теплопостачання та використання сучасних комп'ютерних технологій.

Результати роботи — проведено розрахунок тепловтрат і вентиляційних навантажень, визначено опалювальні потреби приміщення, обґрунтовано доцільність застосування сучасних енергоефективних систем водяного опалення та вентиляції з підключенням до теплових мереж.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.

1.1 Загальна характеристика та опис об'єкта проектування

Об'єктом проектування систем опалення та вентиляції є автомобільний паркінг, що знаходиться в місті Хмельницький. Висота будови 8,4 метрів. Джерелом теплопостачання є ТЕЦ з параметрами теплоносія 90 °С падаючої та 65 °С у зворотній магістралях теплових мереж. Перепад тиску в теплових мережах 40 м.вод.ст. Орієнтація головного фасаду – південь.

1.2 Кліматична та географічна характеристика

Хмельницький — адміністративний центр Хмельницької області, розташований на заході України, у регіоні Поділля. Через місто протікає річка Південний Буг, а Плоска — її притока, тече у західній частині міста й входить до парку ім. Чекмана

Місто розміщене на Подільській височині, яка характеризується переважно ґрунтами типу лес і лесоподібними породами, придатними для сільського господарства. Територія охоплює зони Полісся та лісостепу

Природні ресурси: в околицях є родовища будівельної сировини — вапняк, гіпс, крейда, пісок, а також графіт, каолін, фосфорит, сланець, торф, бітум.

Місто має помірно континентальний клімат — тепле літо, м'яка зима, достатня кількість опадів.

Середня температура липня: 20 °С; середня температура січня: –5 °С

Середньорічна температура: близько 7 °С

Абсолютні температурні крайнощі: максимум літа до +36–39 °С, мінімум зими до –34 °С

Середньорічна кількість опадів: 510–670 мм; найбільше — влітку

Висота Сонця в червні — 63–65°, у грудні — 16–18°. Сонячна радіація варіює від ~130 кал/см² у грудні до ~530 кал/см² у червні, з річним показником ~101 ккал/см². День триває від ~8 до 16,5 годин

Яскраво виражені: зима — коротка, з частими відлигами; весна — нестабільна; літо — тепле, дощове, інколи із грозами; осінь — довга, з поступовим похолоданням

У регіоні переважають західні та північно-західні вітри

У Хмельницькій області сніг переважно тримається з другої половини грудня до першої декади березня. Товщина — 10–15 см

1.3 Технологія виробництва і шкідливі чинники повітря

У ході аналізу умов праці в закритій автостоянці та суміжних виробничих зонах було визначено основні шкідливі та небезпечні фактори:

Автомобільний паркінг — підвищений вміст у повітрі окису вуглецю, аерозолів свинцю, окисів азоту та альдегідів; за пожежонебезпечністю відноситься до категорії В.

Зварювальна ділянка — інтенсивні тепловиділення, пилові викиди з вмістом токсичних мілкодисперсних частинок (окисли марганцю, сполуки кремнію, хрому, титану) та газоподібних шкідливих речовин (оксиди азоту, окис вуглецю, озон, фтористий водень); категорія Д.

Шиноремонтна ділянка — пари бензину, пил гуми, тепло та запахи від вулканізації, категорія В.

Для кожної з ділянок визначено необхідність застосування відповідних систем місцевої та загальнообмінної вентиляції, а також засобів індивідуального захисту, що забезпечить безпечні та комфортні умови праці, відповідність санітарним і пожежним нормам.

1.4 Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Параметри зовнішнього повітря приймаються для теплого періоду за параметрами А, холодного — за параметрами Б, для перехідного періоду взяті параметри при $t_n=10$. Кліматичні дані заданого району будівництва зведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Параметри зовнішнього клімату

Період року	Параметри	$t_n, ^\circ\text{C}$	$I, \text{кДж/кг}$	$v, \text{м/с}$
ХП	Б	-21	-20,9	5.5
ПП	-	10	26,5	4
ТП	А	20,8	50,8	3,9

1.5 Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Розрахункові параметри внутрішнього повітря зведені в таблиці 1.2. Для холодного періоду розрахункову температуру внутрішнього повітря прийнято відповідно до ДБН В.2.3-15:2007 «Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів».

Таблиця 1.2

Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Розрахунковий період року	Допустимі			Розрахункові		
	$t_v, ^\circ\text{C}$	$\varphi_v, \%$	$v_v, \text{м/с}$	$t_v, ^\circ\text{C}$	$\varphi_v, \%$	$v_v, \text{м/с}$
ХП	5	≤ 75	0,4	5	75	0,4
ПП	10	≤ 75	0,4	10	75	0,4
ТП	20,8	≤ 75	0,5	20,8	75	0,5

1.6 Рішення щодо опалення та вентиляції

У виробничому комплексі передбачено встановлення водяної системи опалення, яка виконує функцію чергового обігріву та підтримує стабільну температуру в приміщеннях на рівні $+5\text{ }^\circ\text{C}$. Підключення до міських тепломереж здійснюється за залежною безелеваторною схемою. Параметри теплоносія прийняті $90\text{--}65\text{ }^\circ\text{C}$. Опалювальні прилади — гладкі сталеві труби, що обрані з урахуванням високої міцності, простоти очищення від виробничих забруднень та невисоких вимог до зовнішнього вигляду у робочих зонах. Трубопроводи також виконуються зі сталі, що обумовлено їх міцністю, доступною вартістю та зручністю монтажу. Для воріт закритої автостоянки передбачені повітряні теплові завіси.

Приміщення автостоянки, а також зварювальної та шиноремонтної зон, додатково обігріваються вдень за рахунок системи повітряного опалення, інтегрованої з припливною вентиляцією. У нічний час обігрів шиноремонтної ділянки здійснюється черговою системою опалення. Перетин трубопроводів у зоні воріт виконується в підпільних каналах на позначці $-0,200$ м.

Проектом передбачено три припливні системи:

Система П1 — вентиляція електроремонтної ділянки та просочувальної. Її виконують як окрему через підвищену пожежну небезпеку цих приміщень. Для тамбура біля виходу з просочувальної передбачено подачу $250 \text{ м}^3/\text{год}$ повітря з метою протипожежного захисту. Система також виконує функцію повітряного опалення та подає повітря через решітки РВ. Повітропроводи — оцинковані, круглого перерізу.

Система П2 — припливна вентиляція зі спільною функцією повітряного опалення для зварювальної та шиноремонтної зон. подача повітря здійснюється через решітки РВ, повітропроводи — оцинковані, круглі. У нічний час система вимикається, а опалення підтримується водяною системою. Через пожежну категорію «В» для шиноремонтної ділянки обов'язково встановлюється протипожежний клапан.

Система П3 — повітряне опалення закритої автостоянки. Згідно з вимогами ДБН В.2.3-15:2007, розрахункова температура тут становить $+5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Окреме виконання системи зумовлене відмінностями у температурному режимі та пожежонебезпечності відносно інших зон. У нічний час працює в режимі повної рециркуляції. Повітропроводи — оцинковані круглі, розподіл повітря здійснюють решітки РВ.

Системи П1 та П2 розміщуються на вентиляційному майданчику, П3 — у приміщенні автостоянки. Такий вибір пов'язаний з наявністю достатнього простору для монтажу обладнання.

Передбачено місцеву вентиляцію для ефективного видалення шкідливих речовин безпосередньо біля джерела утворення.

У закритій автостоянці для видалення вихлопних газів передбачено витяжні котушки MER із механічним приводом (виробник «Суплім»). Кожна котушка оснащується автоматичною заслінкою ASE-12, що відкривається при розмотуванні шланга. Для легкових автомобілів — по чотири котушки на систему, для вантажних — по три.

На зварювальних постах передбачено витяжні пристрої MSA («Суплім») з фільтром MF-2000. В електрозварювальній зоні місцеве відсмоктування встановлюється біля ванни для просочення обмоток, паяльного столу та заточувального верстата. У шиноремонтній зоні — відсмоктування від заточувального верстата.

Загальнообмінна витяжка з механічним спонуканням передбачена для всіх приміщень. У автостоянці застосовуються дахові вентилятори, у просочувальних та електроремонтних зонах — вентилятори в іскрозахищеному виконанні. Викид повітря загальнообмінних систем здійснюється на 2 м вище рівня коника даху, а від місцевих витяжок зварювальних кабін та фарбувальних зон — на 4 м вище, методом смолоскипного відведення.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ПАРКІНГУ.

2.1 Теплові втрати приміщення

2.1.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорож

$$D_d = (t_g - t_{on}) \cdot \Delta Z_{on}, \quad (2.1)$$

де t_g - температура внутрішнього повітря $^{\circ}\text{C}$;

t_{on} - середня температура повітря за опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$;

ΔZ_{on} - тривалість опалювального періоду, діб.

Рекомендований опір теплопередачі визначається за формулою:

$$R_{req}^3 = a \cdot D_d + b, \quad (2.2)$$

де a і b - розрахункові коефіцієнти, що приймаються виходячи з групи будівель та типу зовнішнього огородження.

Товщина теплоізоляційного матеріалу визначається за такою формулою:

$$\delta_{m.i.} = \lambda_{m.i.} \times [R_{req}^E - (1/\alpha_g + \sum (\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_n)], \quad (2.3)$$

де $\lambda_{m.i.}$ - коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного матеріалу, $\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

α_g - коефіцієнт тепловіддачі внутрішнього повітря, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$;

α_n - коефіцієнт тепловіддачі зовнішнього повітря, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$;

δ_i - товщина шарів огорожі, м;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності шарів огородження, $\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Розрахункове значення опору теплопередачі визначається за такою формулою:

$$R_0 = 1/\alpha_g + \sum (\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_n, \quad (2.4)$$

Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої огорожі визначається за такою формулою:

$$K = 1/R_0, \quad (2.5)$$

При розрахунку прийнято такі значення:

– температура внутрішнього повітря 15°C

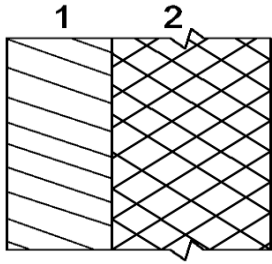
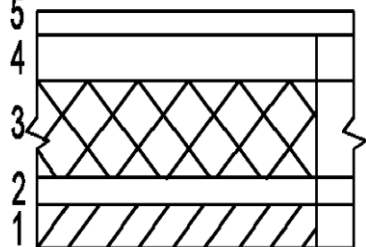
– середня температура повітря за опалювальний період $-2,8^{\circ}\text{C}$

– тривалість опалювального періоду 239 діб.

Характеристики огорожувальних конструкцій наведено у таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Огороджувальні конструкції

Вид огорожі	Ескіз огорожі	Характеристика шарів				
		№	Матеріал	δ , м	ρ , кг/м ³	λ , м · °C/Вт
Зовнішня стіна		1	Залізобетонна плита	0,12	500	2,04
		2	Пінополістирол	0,12	40	0,05
Безгорищне покриття		1	Залізобетонна плита	0,12	2500	2,04
		2	1 шар пергамина	0,00004	600	0,17
		3	Плити жорсткі мінераловатні	0,215	50	0,06
		4	Цементно-піщана стяжка	0,015	1800	0,93
		5	4 шару рубероїда	0,006	600	0,17

Результати розрахунку приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Найменування огорожі	ГДОП, °C · діб	Розрахункові коефіцієнти		Рекомендований приведений опір теплопередачі, °C/Вт	Товщина теплоізоляційного матеріала, м	Стандартна товщина теплоізоляційного матеріала, м	Розрахункове значення опору теплопередачі, м ² · °C/Вт	Розрахункове значення коефіцієнта теплопередачі, Вт/м ² · °C
		a	b					
Зовнішня стіна	4254	0,0002	1	2,04	0,118	0,12	2,06	0,485
Безгорищне покриття	4254	0,00025	1,5	2,78	0,212	0,215	2,81	0,356
I зона	4254	-	-	-	-	-	2,1	0,476
II зона	4254	-	-	-	-	-	4,3	0,233
III зона	4254	-	-	-	-	-	8,6	0,116
IV зона	4254	-	-	-	-	-	14,2	0,07

Найменування огорожі	ГДОП, °С·діб	Розрахункові коефіцієнти		Рекомендований приведений опір теплопередачі, м²·°С/Вт	Товщина теплоізоляційного матеріала, м	Стандартна товщина теплоізоляційного матеріала, м	Розрахункове значення опору теплопередачі, м²·°С/Вт	Розрахункове значення коефіцієнта теплопередачі, Вт/м²·°С
		a	b					
Віконний отвір	4254	0,000025	0,2	0,35	-	-	0,38	2,63
Зовнішні ворота утепленні	4254	-	-	-	-	-	0,72	1,38

2.1.2 Теплові втрати через зовнішні огорожі

Теплові втрати через зовнішні огорожі визначаються за такою формулою:

$$Q_{н.о} = k \cdot F_{н.о} \cdot (t_g - t_n) \cdot n \cdot (1 + \Sigma \beta_i) \quad (2.6)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої огорожі, Вт/м²·°С;

$F_{н.о}$ – площа зовнішнього огороження з урахуванням правил обміру, м²;

t_g – температура внутрішнього повітря, °С;

t_n – температура холодної п'ятиденки, °С;

n – коефіцієнт, що враховує положення огорожі до зовнішнього повітря;

β – коефіцієнт, що враховує величину додаткових теплових втрат.

Результати розрахунку теплових втрат будівлі через зовнішні огорожі наведено у додатку 1 таблиця 1.1.

2.1.3 Теплові втрати на нагрівання інфільтруючого зовнішнього повітря

Розрахунок кількості інфільтруючого повітря та витрат теплоти на його нагрівання виконано на комп'ютері за допомогою програми Valtec.

Вихідні дані

Розрахункове приміщення	Паркінг
Висота будівлі	8,0 м
Розрахункова швидкість повітря	5,5 м/с
Тип місцевості	Міська забудова
Температура зовнішнього повітря	-21.0 °С
Температура внутрішнього повітря	5.0 °С
Механічний приплив	0.0 кг/год
Механічна витяжка	0.0 кг/год
Місцеві відсмоктувачі	0.0 кг/год

Результати розрахунків витрат повітря через отвори і витрати теплоти на нагрів зовнішнього повітря.

Розрахунковий внутрішній тиск вітру 21.8 Па.

Загальна витрата припливу зовнішнього вітру 72.6 кг/год.

Витрата теплоти на нагрівання зовнішнього вітру 142 Вт.

Таблиця 2.3

**Витрати повітря через отвори та витрати теплоти на нагрівання
зовнішнього повітря**

Назва аераційного отвору	Номер отвору	Розрахунковий коефіцієнт опору	Загальна площа, F, кв.м	Зовнішній тиск, Па		Приплив через отвори, кг/год	Витяжка через отвори, кг/год	Витрати теплоти, Q, Вт
				внизу	вгорі			
вікно	1	1.000	67.20	24.0	19.6	0.0	17.5	0
вікно	2	1.000	12.00	18.4	12.8	72.6	18.2	142
вікно	3	1.000	8.40	18.4	11.4	0.0	36.9	0

Зовнішні двері і ворота

N 3/п	Тип дверей або воріт	Ширина щілини, мм	Розміри, м		Кіл-ть	Позначка низу, мм	Коефіцієнт опору отвору	Аеродин. коефіцієнт
			L	H				
1	Подвійні ворота	5.00	4.000	3.000	5	0.000	0.000	0.80
2	Подвійні ворота	5.00	3.200	4.000	1	0.000	0.000	-0.40
3	Одинарні ворота	5.00	1.500	2.000	1	0.000	0.000	-0.40
4	Подвійні ворота	5.00	3.500	3.000	2	0.000	0.000	-0.60

Таблиця 2.4

**Витрати повітря через отвори та витрати теплоти на нагрівання
зовнішнього повітря**

Назва аераційного отвору	Номер отвору	Розрахунковий коефіцієнт опору	Загальна площа, F, кв.м	Зовнішній тиск, Па		Приплив через отвори, кг/год	Витяжка через отвори, кг/год	Витрати теплоти, Q, Вт
				внизу	вгорі			
Двері	1	99918.367	60.00	20.7	15.1	651.6	152.0	6549
Двері	2	112000.000	12.80	21.2	12.8	0.01	112.1	0
Двері	3	20571.428	3.00	29.2	19.8	0.0	182.3	0
Двері	4	112000.000	21.00	21.2	11.4	0.0	205.2	0

2.1.4 Тепловтрати на нагрівання автомобілів

При визначенні витрати тепла на обігрів автомобілів, тривалість обігріву слід приймати: для легкових автомобілів – 1 годину, для вантажних автомобілів – 2 години.

$$Q_M = G_M \cdot c_M (t_e - t_M) \cdot \beta, \quad (2.7)$$

де G_M – загальна власна маса транспортних засобів, кг;

c_M – питома масова теплоємність сталі, кДж/кг·°С;

t_M – температура сталі, °С;

β – коефіцієнт, що враховує інтенсивність поглинання теплоти у часі приймається рівним 0,3.

Власну масу легкових автомобілів приймаємо рівною 200 кг, вантажних – 600 кг. Значення власної маси автомобілів приймається на 1 кВт потужності двигуна.

У першу годину остигання автомобілів

Легкових (12 штук):

$$Q_M = 2400 \cdot 0,73 \cdot (5 + 21) \cdot 0,3 = 18922 \text{ Вт}$$

Вантажних (6 штук):

$$Q_M = 3600 \cdot 0,73 \cdot (5 + 21) \cdot 0,3 = 28382 \text{ Вт}$$

Загальна витрата тепла складе: 47304 Вт.

2.2 Теплонадходження в приміщення

2.2.1 Теплонадходження від сонячної радіації

Проведемо розрахунок теплових надходжень у приміщення від сонячної радіації через промінні перегороди і покриття.

Вихідні дані

Об'єкт :

Паркінг

Приміщення

Паркінг

Забруднення атмосфери:

Забруднена

Забруднення скління

незначне

Дані з покриття

Матеріал поверхні покриття

Руберойд з піщаним
посипання

Площа поверхні покриття:	540.0 кв. м
Коефіцієнт теплопередачі:	0.3 Вт/(кв.м °С)
Температура внутрішнього повітря	5.0 °С
під покриттям	
Розрахункова температура	20.8 °С
зовнішнього повітря	
Розрахункова швидкість вітру:	2.0 м/с

Таблиця 2.5

Внутрішні огороження

№	Тип огороження		Матеріал і товщина
1	Підлога	540.0	Бетон 15см
2	Стеля	540.0	Бетон 15 см
3	Внутрішня стіна	144.0	Цегла 19 см

Таблиця 2.6

Результати розрахунку

Максимальні теплонадходження у повітря приміщення:	320 Вт
Максимальні теплонадходження через променепрозорі отвори з урахуванням акумуляції теплоти внутрішніми огорожами:	4088 Вт
Час максимальних теплонадходжень (місцевий літній час)	14-15 год.
Теплонадходження через покриття (середньодобові)	4120 Вт

Таблиця 2.7

Теплові надходження через променепрозорі огороження

Розрах. год.	Номер отвору	Q сонця Вт/кв.м		Поправочні коефіцієнти				Теплонадходження, Вт		
		прям	розс	K1	K2	K3	B	Через прорізи	В приміщення	В повітря з урахув. акк.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8-9	1	0	27	1.26	0.95	0.80	1.00	1732	1732	1732
9-10	1	0	55	1.26	0.95	0.80	1.00	3529	3529	3529

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10-11	1	3	73	0.54	0.95	0.80	1.00	2090	2090	767
11-12	1	80	81	0.54	0.95	0.80	1.00	4427	4427	1625
12-13	1	186	86	0.54	0.95	0.80	1.00	7479	7479	2745
13-14	1	271	87	0.54	0.95	0.80	1.00	9844	9844	3613
14-15	1	317	88	0.54	0.95	0.80	1.00	11136	11136	4088
15-16	1	317	88	0.54	0.95	0.80	1.00	11136	11136	4088
16-17	1	271	87	0.54	0.95	0.80	1.00	9844	9844	3613
17-18	1	186	86	0.54	0.95	0.80	1.00	7479	7479	2745
18-19	1	80	81	0.54	0.95	0.80	1.00	4427	4427	1625
19-20	1	3	73	0.54	0.95	0.80	1.00	2090	2090	767
20-21	1	0	55	1.26	0.95	0.80	1.00	3529	3529	3529
21-22	1	0	27	1.26	0.95	0.80	1.00	1732	1732	1732

Таблиця 2.8

Теплові надходження через покриття

Середньодобова радіація на поверхню покриття:	328 Вт/кв. м
Коефіцієнт поглинання тепла поверхнею покриття	0.90
Коефіцієнт поглинання тепла поверхнею покриття	22 Вт/(кв.м °С)
Умовна температура на поверхні покриття:	37.7 °С
Теплонадходження через покриття (середньодобові):	4120 Вт

2.2.2 Теплові надходження від джерел штучного освітлення

Розрахунок тепловиділень від джерел штучного освітлення

Таблиця 2.9

Характеристики приміщень та джерел освітлення

№	Найменування, призначення приміщення	Тип лампи	Світло світильника	Місце розташування світильника	F, кв.м	H, м
1	Автомобильний паркінг	Люмін.	Пряме	В приміщенні	540.0	5.0

Таблиця 2.10

Результати розрахунку теплові надходження від джерел освітлення

	Найменування, призначення приміщення	лк	Вт/лк	К ламп	К місцерозташування	Теплонадходження в Приміщення, Вт
1	Автомобильний паркінг	20	0.056	1.00	1.00	604.80

2.3 Тепловий баланс автомобільного паркінгу

Результати розрахунку теплового балансу занесені в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11

Тепловий баланс автомобільного паркінгу

Найменування приміщення і об'єм, м ³	Розрахунковий період	t _з , °C	Теплові втрати, Вт			
			Через н.о.	На нагрів інфільтруючого повітря	На нагрів автомобілей	Всього
Автомобильний паркінг, 6620	ХП	5	39943	6549	47304	93796
	ПП	5	-	-	-	-
	ТП	20.8	-	-	-	-

Продовження таблиці 2.11

Теплонадходження, Вт				Недоліки тепла, Вт	Надлишки тепла, Вт	Теплонапруженість, Вт/м ³
Від сонячної радіації	Від штучного освітлення	Від системи повітряного опалення	Всього			
-	605	93796	94401	-	605	0,1
-	605	-	605	-	605	0,1
4120	605	-	4120	-	4120	1,0

2.4 Розробка системи опалення

2.4.1 Тепловий розрахунок системи водяного опалення

Для проведення теплового розрахунку необхідно визначити потужність опалювальних приладів систем водяного опалення. Результати розрахунку наведено у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

Потужність системи водяного та повітряного опалення

Найменування приміщення	Теплові втрати через зовнішні огорожі, Вт	Теплові втрати на нагрів інфільтруючого повітря, Вт	Потужність системи водяного опалення, Вт
Електроремонтна дільниця	5573	142	5715
Шиноремонтна дільниця	5647	0	5647
Зварювальна дільниця	2863	0	2863

Тепловіддача від трубопроводів у розрахунках не враховується, оскільки додаткові джерела тепла не призведуть до погіршення мікроклімату в приміщеннях будівлі. Аналогічно, теплові втрати, пов'язані з розташуванням опалювальних приладів біля зовнішніх стін, не беруться до уваги, адже вони компенсуються тепловим випромінюванням відкрито прокладених трубопроводів.

Результати теплового розрахунку наведено у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

Тепловий розрахунок системи водяного опалення

Приміщення	Потужність системи опалення, Вт	Кіл-ть приладів	Тепловіддача 1 м труби при умовному проході, q, Вт/м		
			125	150	200
Електроремонтна дільниця	5715	2	628	750	1032
Шиноремонтна дільниця	5647	2	628	750	1032
Зварювальна дільниця	2863	2	628	750	1032

Довжина труб l, м при умовному проході			Труба до установки	
125	150	200	Dy, мм	l, м
6,71	5,6	4,1	150	6
7,1	5,9	4,3	150	6
5,3	4,4	3,2	150	4

2.4.2 Гідравлічний розрахунок системи водяного опалення

Метою гідравлічного розрахунку є визначення діаметрів трубопроводів, які забезпечують пропуск розрахункових витрат теплоносія через усі елементи системи. Основне завдання полягає в правильному розподілі витрат теплоносія по стояках, гілках та інших ділянках мережі опалення.

У межах цієї кваліфікаційної роботи розрахунок виконується методом питомих лінійних втрат тиску тертя R . Для цього приймаються рівні перепади температур теплоносія у всіх стояках і гілках системи, після чого здійснюється підбір діаметрів трубопроводів, що відповідають розрахунковим умовам. Втрати тиску на тертя та місцеві опори на ділянці визначаємо за перетвореною формулою:

$$\Delta P_{\text{дін}} = (\lambda/d \cdot \rho \cdot v^2/2) \cdot l_{\text{дін}} + \sum \xi \cdot \rho \cdot v^2/2 = R \cdot l_{\text{дін}} + Z \quad (2.8)$$

де R – питомі лінійні втрати тиску на тертя, Па/м;

Z – втрати тиску у місцевих опорах, Па;

L – довжина ділянки, м.

Витрата теплоносія на ділянці визначається за формулою:

$$G_i = 0,86 \cdot Q_i / \Delta t_i \quad (2.9)$$

$$\Delta t = (t_r - t_o) \quad (2.10)$$

де t_r – температура в подаючій магістралі системи $^{\circ}\text{C}$;

t_o – температура у зворотній магістралі системи $^{\circ}\text{C}$;

Q_i – теплова потужність дільниці, Вт.

Втрати тиску у гілці системи опалення при послідовному з'єднанні ділянок визначаються за формулою:

$$\Delta P_{\text{заг}} = \sum (R \cdot l + Z) \quad (2.11)$$

Розрахункова схема системи водяного опалення представлена рис 2.1.
Результати розрахунку коефіцієнтів місцевих опорів системи водяного опалення представлені у таблиці 2.14.

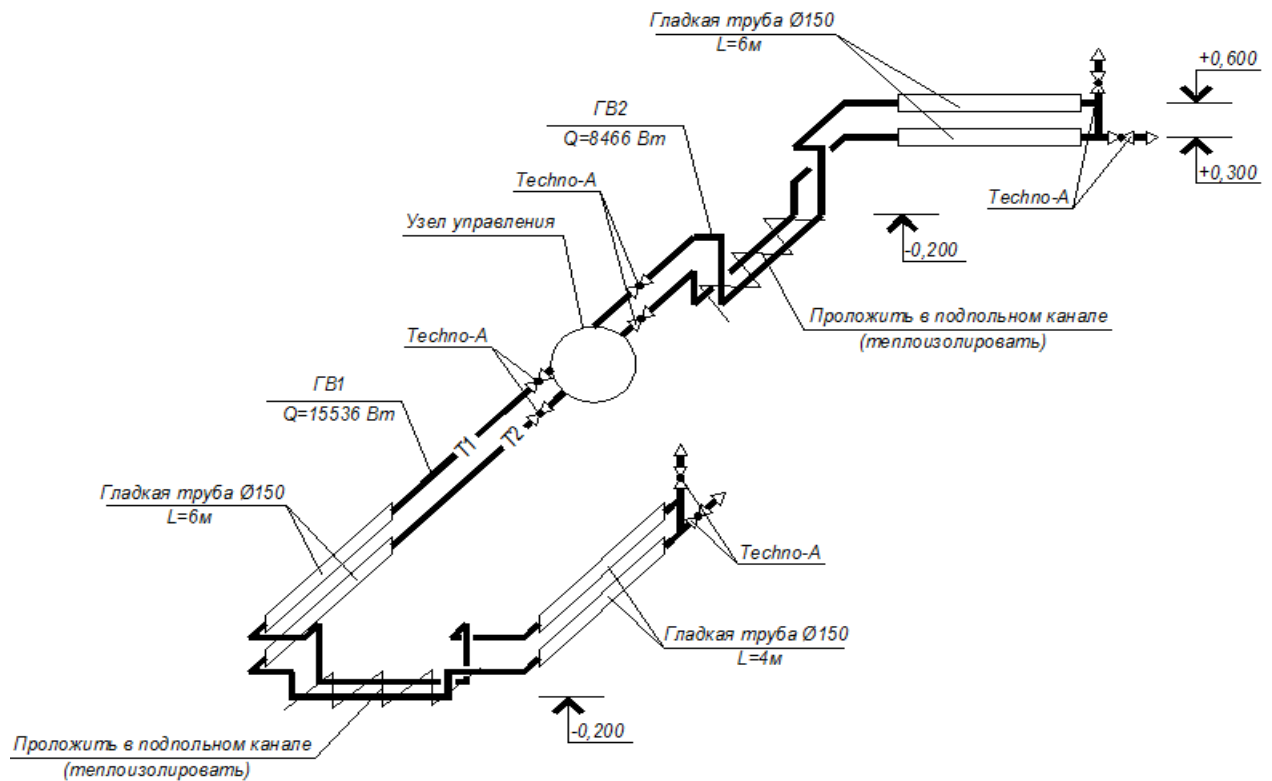


Рис. 2.1 Розрахункова схема системи водяного опалення

Таблиця 2.14

КМС системи водяного опалення

Дільниця	Найменування місцевого опору	Кіл-ть	ξ	$\Sigma \xi$	$\Sigma \xi_{\text{діл}}$
ГВ1	Раптове звуження	4	0,5	2	26
	Раптове розширення	4	1	4	
	Кран шаровий	2	2	4	
	Відведення 90°	16	1	16	
ГВ2	Раптове звуження	2	0,5	1	21
	Кран шаровий	2	2	4	
	Раптове розширення	2	1	2	
	Відведення 90°	14	1	14	

Результати гідравлічного розрахунку системи водяного опалення представлені у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15

Гідравлічний розрахунок системи водяного опалення

Q, Вт	G, кг/ГОД	l, м	d, мм	υ, м/с	R Па/м	Rl, Па	Σξ	Z	Rl+Z,	ΣRl+Z,
ГВ1										
8510	292	34	32	0,152	12	408	26	304	712	712
8510	292	20	150	0,003	0	0	0	0	0	
ГВ2										
5715	197	22	25	0,141	15	330	21	201	531	531
5715	197	12	150	0,003	0	0	0	0	0	

Нев'язка між втратами тиску в лівій та правій гілках складе:

$$\Delta = (712 - 531) \cdot 100\% / 712 = 25\% > 10\%$$

На гілку ГВ 2 для ув'язування встановлюємо балансувальні клапани ASV-M та ASV-PV.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ПАРКІНГУ.

Автомобільні паркінги належать до об'єктів підвищеної потенційної небезпеки для людей через накопичення шкідливих домішок від працюючих двигунів (передусім оксиду вуглецю та оксидів азоту), а також через ризики, пов'язані з можливими пожежами та задимленням. Тому системи вентиляції паркінгів мають одночасно забезпечувати нормативну якість повітря у звичайних режимах експлуатації та ефективну протидимну роботу у разі пожежі, інтегруючись із системами пожежної безпеки та диспетчеризації будівлі.

Метою даного розділу є обґрунтування вибору типу вентиляції (природна/механічна або комбінована), визначення розрахункових повітрообмінів і аеродинамічних параметрів, підбір обладнання (вентилятори, припливно-витяжні установки, імпульсні осьові “jet-fan” вентилятори, клапани, шумоглушники), а також опис алгоритмів керування системою залежно від концентрацій забруднювачів та аварійних сценаріїв.

У вступній частині також формулюються вихідні дані: тип паркінгу (підземний/надземний, відкритий/закритий), кількість і габарити машиномісць, висота поверху, планувальні рішення, маршрути в'їзду/виїзду, категорія електропостачання, вимоги до енергоефективності, шуму та вібрацій, а також містобудівні та архітектурні обмеження (шахти, приямки, повітрозабори й викиди).

Проектні рішення мають відповідати чинним будівельним нормам і стандартам щодо вентиляції, протидимного захисту, автоматизації та пожежної безпеки. У штатному режимі система забезпечує видалення відпрацьованого повітря з локальних зон накопичення домішок, подаючи свіже повітря у зони перебування людей та уздовж шляхів руху транспорту. При цьому доцільним є зональне керування за показами газоаналізаторів (CO/NO₂) із поетапним увімкненням вентиляційних агрегатів, що знижує енергоспоживання та знос обладнання.

Для підземних паркінгів часто застосовується імпульсна струминна вентиляція (jet-fan) без розгалуженої мережі повітроводів. Таке рішення покращує промивання простору, мінімізує висоту підвісних систем і дає гнучкість у керуванні потоками повітря. Для багаторівневих або протяжних паркінгів обґрунтовується поетапний (каскадний) пуск, баланс припливу/витяжки, а також необхідність рециркуляції або її виключення залежно від сценарію.

У пожежному режимі пріоритетом є забезпечення керованого руху диму до зон витяжки та створення придатних для евакуації шарів повітря вздовж шляхів рятунку. Розділ визначає принципи взаємодії вентиляції з системами пожежної сигналізації, керування клапанами, аварійного живлення, відкриванням воріт/клапанів скидання, а також логікою ручного та автоматичного керування з поста диспетчера.

Окремо розглядаються питання акустичного комфорту (шумоглушення на вентиляторах і повітроводах, віброізоляція), енергоефективності (частотне регулювання, зонування, рекуперація там, де це допустимо), надійності (резервування критичних агрегатів, категорія електроживлення, доступність техобслуговування) і довговічності (антикорозійний захист, клас вогнестійкості матеріалів).

Підсумково, розділ задає методику розрахунків (аеродинамічні та шумові, перевірка швидкостей у проходах, оцінка кратності або масових витрат, моделювання потоків за потреби), критерії прийнятності рішень і вихідні специфікації обладнання. Отримані результати стануть підставою для подальших стадій проєктування, кошторису, розробки схем автоматизації та експлуатаційного регламенту.

3.1 Повітрообмін по забрудненню повітря

Кількість витяжного повітря визначається за такою формулою:

$$L_{\text{ви}} = M_{\text{ви}} / (c_y - c_n), \quad (3.1)$$

де $M_{ви}$ – виділення шкідливостей, г/с;

c_y, c_n – ПДК шкідливих речовин у видаленому та припливному повітрі, мг/м³.

Для легкових автомобілей:

$$L_{CO} = M_{ви} / (c_y - c_n) = 0.0118 \cdot 3600 \cdot 1000 / (20 - 5) = 2832 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{NO} = M_{ви} / (c_y - c_n) = 0.0017 \cdot 3600 \cdot 1000 / 5 = 1224 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{CH} = M_{ви} / (c_y - c_n) = 0.0083 \cdot 3600 \cdot 1000 / 300 = 99,6 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Для вантажних автомобілей:

$$L_{CO} = M_{ви} / (c_y - c_n) = 0.016 \cdot 3600 \cdot 1000 / (20 - 5) = 3840 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{NO} = M_{ви} / (c_y - c_n) = 0.0023 \cdot 3600 \cdot 1000 / 5 = 1656 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{CH} = M_{ви} / (c_y - c_n) = 0.0112 \cdot 3600 \cdot 1000 / 300 = 134,4 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Таким чином, повітрообмін по шкідливостям складає:

$$L_{ви} = 2832 \cdot 12 + 3840 \cdot 6 = 57024 \text{ м}^3 / \text{год} \text{ (34214 кг / год)}$$

З урахуванням ефективності місцевих відсмоктувачів (90%):

$$L_{ви} = 57024 \cdot (1 - 0,9) = 5702 \text{ м}^3 / \text{год} \text{ (3421 кг / год)}$$

3.2 Місцеві відсмоктувачі від автомобілів

Згідно з каталогом за місцевими відсмоктуваннями автостоянок від легкових автомобілів кількість повітря, що видаляється, становить 360 м³/год, від вантажних – 840 м³/год. Таким чином, загальна кількість повітря, що видаляється місцевими відсмоктувачами, становить 9360 м³/год (5766 кг/год).

Також необхідно враховувати, що місцеве відсмоктування також забирає повітря з приміщення автостоянки через нещільність газоприймальної насадки. Підсмоктування повітря з приміщення визначається за формулою

$$L = F \cdot v \cdot 3600 \quad (3.2)$$

де F – площа щілини, м² (приймається рівною 0,002 м²);

v – швидкість повітря в насадці (приймається рівною 12 м/с).

$$L = 0,002 \cdot 12 \cdot 3600 = 86,4 \text{ м}^3 / \text{год}$$

З урахуванням того, що в середньому одночасно працюють 9 місцевих відсмоктувачів, загальна кількість повітря, що відсмоктується з приміщення, складе 777,6 м3/год (987 кг/год).

3.3 Необхідний повітрообмін автомобільного паркінгу

Повітрообмін повітряного опалення:

Для розрахунку повітрообміну повітряного опалення задаємося температурою припливного повітря 40°C.

$$G_{n.o.} = 3,6 \cdot Q_{m.n.} / c \cdot (t_n - t_e), \quad (3.3)$$

$$\text{ХП: } G_{n.o.} = 3,6 \cdot 93796 / 1,005 \cdot (40 - 5) = 9599 \text{ кг / год}$$

Згідно з вимогами ДБН, із приміщень закритих автостоянок необхідно забезпечувати не менше 2-кратного повітрообміну системою витяжної вентиляції.

$$L_y = 2 \cdot 4320 = 8640 \text{ м}^3 / \text{год} (10964 \text{ кг / год}).$$

Таким чином, максимальний повітрообмін по повітря, що видаляється (10964 кг/год) і місцевим відсмоктувачам (987 кг/год). Усього – 11951 кг/година.

Визначення температури припливу:

$$\text{ХП: } t_n = 5 + 3,6 \cdot 93796 / (10964 \cdot 1,005) = 33,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{ПП: } t_{np} = t_z = 10 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\text{ТП: } t_{np} = t_z = 20,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.4 Повітряний баланс автомобільного паркінгу

Повітряний баланс автомобільного паркінгу представлений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Повітряний баланс автомобільного паркінгу

Найменування приміщення і об'єм, м ³	Період року	t _в , °C	Повітрообміни, кг/год				Розрахунковий		Кратність, 1/год
			Верхня зона	Повітряне опалення	Місцеві відсмоктувачі	По шкідливостям			
							G, кг/год	L, м ³ /год	
Автомобільний паркінг, 4320	ХП	5	10964	9599	987	5847	11951	10448	2,4
	ПП	10	10964	-	969	5847	11933	9567	2,2
	ТП	24,8	10207	-	921	5847	11128	9262	2,1

Продовження таблиці 3.1

Приплив				Приплив				Всього, кг/год
Механічний				Природний				
Загальнообмінний				Загальнообмінний				
G, кг/год	L, м³/год	t, °C	ρ, кг/м³	G, кг/год	L, м³/год	t, °C	ρ, кг/м³	
11951	10448	35,6	1,14	-	-	-	-	11951
-	-	-	-	13032	10448	10	1,25	13032
-	-	-	-	11128	9262	20,8	1,20	11128

Продовження таблиці 3.1

Витяжка							
Механічна							
Місцева				Загальнообмінна			
G, кг/год	L, м ³ /год	t, °C	ρ, кг/м ³	G, кг/год	L, м ³ /год	t, °C	ρ, кг/м ³
987	777	5	1,27	10964	8640	6,5	1,27
969	777	10	1,25	10964	8640	11,5	1,24
921	777	24,8	1,19	10207	8640	25,8	1,18

Продовження таблиці 3.1

Витяжка				Всього, кг/год	Баланс, кг/год
Природна					
Загальнообмінна					
G, кг/год	L, м³/год	t, °C	ρ, кг/м³		
-	-	-	-	11951	0
1099	886	11,5	1,24	11933	0
-	-	-	-	11128	0

3.5 Необхідні повітрообміни для нерозрахункових приміщень

Результати розрахунку необхідних повітрообмінів для нерозрахункових приміщень наведено у таблиці 3.2.

Необхідні повітрообміни для нерозрахункових приміщень

Найменування приміщення	Об'єм приміщення, м ³	Місцеві відсмоктувачі, м ³ /год	Кратність		Повітрообмін, м ³ /год		Повітрообмін розрахунковий, м ³ /час		
			Приплив	Витяжка	Приплив	Витяжка	Приплив	Витяжка загальнообмінна	Місцеві відсмоктувачі, м ³ /год
Електроремонтна дільниця	220	3440	10	10	2200	2200	4200	2200	3440
Шиноремонтна дільниця	230	1440	3	3	690	690	690	690	1440
Зварювальна дільниця	230	3440	5	5	1150	1150	3150	1150	3440
Тепловий вузол	75	-	-	2	-	150	-	150	-
Просочувальна	50	3000	10	10	500	500	3500	500	3000
Станція пожежогасіння	210	-	-	2	-	420	-	420	-
Електрощитова	120	-	-	2	-	240	-	240	-
Тамбур	30	-	-	-	250	-	250	-	-

В електроремонтній ділянці місцевими відсмоктувачами обладнано стіл для паяння з нижнім відсмоктуванням (2000 м³/год), заточувальний верстат (1440 м³/год). У шиноремонтній ділянці заточувальний верстат (1440 м³/год). У зварювальній ділянці стіл для зварювальних робіт (2000 м³/год), заточувальний верстат (1440 м³/год). У інших технологічних приміщеннях повітря віддаляється від ванни для просочення обмоток (3000 м³/год). Дані взяті з каталогу місцевих відсмоктувачів.

3.6 Повітророзподіл у автомобільному паркінгу

Допустима швидкість припливного повітря при вході в робочу зону визначається за формулою:

$$v_{\text{доп}} = k \cdot v_{p.z.} \quad (3.4)$$

де $v_{p.z.}$ – швидкість у робочій зоні приміщення, м/с. Приймається рівним 0,4 м/с.

k – коефіцієнт переходу від нормованої до максимальної швидкості струменя. Для розрахунку приймається рівним 1,8.

$$v_{don} = 1,8 \cdot 0,4 = 0,72 \text{ м/с}$$

Повітря подається п'ятьма розподільними решітками типу РВ - 1. Кількість повітря, що подається в паркінг через одну решітку, становить 2089,6 м³/год.

Швидкість витікання повітря з розподільника повітря приймаємо рівною 8 м/с.

Площа повітророзподільника знаходиться за формулою:

$$F_o = L / 3600 \cdot v_o \cdot n \quad (3.5)$$

$$F_o = 2089,6 / 3600 \cdot 8 = 0,07 \text{ м}^2.$$

Стандартна площа розподільника повітря становить 0,04 м², розміри розподільника повітря 200х250. Коефіцієнт m=2,1, n=3,2.

Дійсна швидкість витікання повітря з розподільника повітря:

$$v_o = 2089,6 / 3600 \cdot 0,04 = 14,5 \text{ м/с}.$$

Відстань до місця застосування струменя в робочу зону визначається за формулою:

$$x = v_o \cdot m \cdot \sqrt{F_o} \cdot k_g / v_x. \quad (3.6)$$

де $v_x = v_{don}$ – допустима швидкість повітря у робочій зоні, м/с;

k_g – коефіцієнт взаємодії струменів.

$$x' = 14,5 \cdot 2,1 \cdot \sqrt{0,04} \cdot 1 / 0,72 = 8,45 \text{ м}.$$

Мінімальна висота установки розподільника повітря визначається за формулою:

$$h_y = H_{p.z.} + 0,12 \cdot x', \quad (3.7)$$

де $H_{p.z.}$ – висота робочої зони приміщення, м.

$$h_y = 2 + 0,12 \cdot 8,45 = 3 \text{ м}.$$

Горизонтальна відстань від розподільника повітря до місця застосування струменя визначається за формулою:

$$x = \sqrt{x'^2 - (h_y - H_{p.z.})^2}, \quad (3.8)$$

$$x = \sqrt{8,45^2 - (3 - 2)^2} = 8,4 \text{ м}.$$

Кут нахилу розподільника повітря до горизонту визначається за формулою:

$$\beta = \arcsin((h_y - H_{p.з.} / x')), \quad (3.9)$$

$$\beta = \arcsin((3 - 2/8,45)) = 7^\circ.$$

3.7 Повітророзподіл у нерозрахункових приміщеннях

Розміри припливних та витяжних розподільників повітря для нерозрахункових приміщень наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Розміри розподільників повітря

Номер системи	Назва приміщення	Витрата повітря м ³ /год	Тип решітки	Кількість отворів	F _p , м ²	Розміри, мм		F _o , м ²	v ф., м/с
						A (d)	B		
B1	Електроремонтна дільниця	2200	затягнути сіткою	2	0,051	160	-	0,049	6,22
	Просочувальна	500	затягнути сіткою	1	0,023	100	-	0,031	4,42
B2	Шиноремонтна дільниця	690	затягнути сіткою	2	0,024	100	-	0,031	4,77
B3	Зварювальна дільниця	1150	затягнути сіткою	2	0,040	160	-	0,049	5,08
B4	Тепловий вузол	150	затягнути сіткою	1	0,005	100	-	0,031	5,30
B5	Станція пожежогасіння	420	затягнути сіткою	1	0,015	100	-	0,031	3,71
	Електрощитова	240	затягнути сіткою	1	0,008	100	-	0,031	3,32
П1	Електроремонтна дільниця	4200	PB-1	2	0,073	400	200	0,082	7,11
	Просочувальна	3500	PB-1	2	0,061	400	200	0,082	5,93
	Тамбур	250	PB-1	1	0,009	250	150	0,015	4,63
П2	Шиноремонтна дільниця	690	PB-1	2	0,01	200	150	0,011	8,71
	Зварювальна дільниця	3150	PB-1	2	0,05	400	200	0,053	8,25

3.8 Витрати повітря системами

Результати розрахунку представлені у таблицях 3.4 та 3.5.

Витрати повітря припливними системами

Позначення системи	Найменування приміщення	$L_{\text{пом}}, \text{м}^3/\text{год}$	$L_{\text{сист}}, \text{м}^3/\text{год}$
П1	Електроремонтна дільниця	4200	7950
	Просочувальна	3500	
	Тамбур	250	
П2	Шиноремонтна дільниця	690	3840
	Зварювальна дільниця	3150	
П3	Паркінг	10448	10448

Таблиця 3.5

Витрати повітря витяжними системами

Позначення системи	Найменування приміщення	$L_{\text{прим}}, \text{м}^3/\text{год}$	$L_{\text{сист}}, \text{м}^3/\text{год}$
В1	Електроремонтна дільниця	2200	2700
	Просочувальна	500	
В2	Шиноремонтна дільниця	690	690
В3	Зварювальна дільниця	1150	1150
В4	Тепловий вузол	150	150
В5	Станція пожежогасіння	420	660
	Електрощитова	240	
В6	Автомобільний паркінг	4320	4320
В7	Автомобільний паркінг	4320	4320
В8	Автомобільний паркінг	1440	1440
В9	Автомобільний паркінг	2520	2520
В10	Автомобільний паркінг	1440	1440
В11	Автомобільний паркінг	1440	1440
В12	Автомобільний паркінг	2520	2520
В13	Просочувальна	3000	3000
В14	Електроремонтна дільниця	2000	2000
В15	Зварювальна дільниця	2000	2000
В16	Електроремонтна дільниця	1440	1440
В17	Шиноремонтна дільниця	1440	1440
В18	Зварювальна дільниця	1440	1440

3.9 Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції

3.9.1 Припливна система ПЗ

Для виконання аеродинамічного розрахунку припливної системи у проекті обрано систему ПЗ. Розрахункова схема системи наведено рис. 3.1. Розрахунок втрат тиску в повітроводах, устаткуванні припливної установки та повітрязабірній шахті наведено у таблиці 3.6, а розрахунок місцевих опорів на ділянках – у таблиці 3.7.

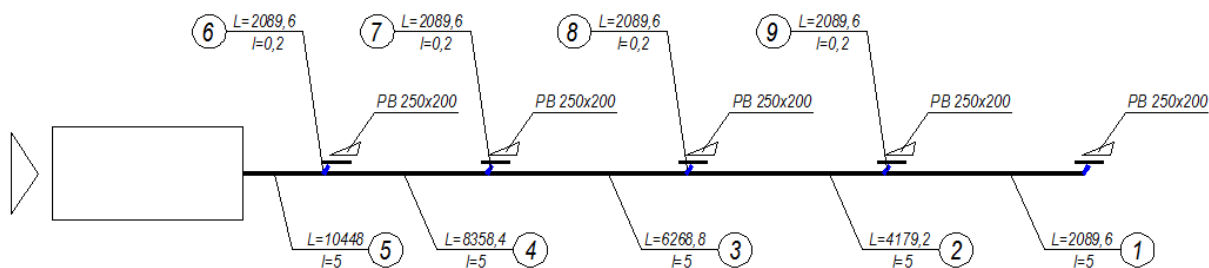


Рис. 3.1 розрахункова схема системи ПЗ

Таблиця 3.6

Аеродинамічний розрахунок системи ПЗ

Номер ділянки	L, м³/год	l, м	A(d), мм	B, мм	декв, мм	v, м/с	R _{дин} , Па	Σξ	Z, Па	R, Па/м	Rl, Па	Rl+Z, Па	ΣRl+Z, Па
Розрахунковий напрямок													
PB	2089,6	-	250	200	222	11,8	-	-	-	-	-	75	75
1	2089,6	5	225	-	225	12,01	36,63	0,75	27,47	7,23	36,15	63,62	138,6
2	4179,2	5	315	-	315	12,15	48,87	0,77	37,63	4,82	24,10	61,73	200,4
3	6268,8	5	355	-	355	14,35	68,42	0,96	65,68	5,69	28,45	94,13	294,5
4	8358,4	5	450	-	450	11,91	43,24	0,75	32,43	2,98	14,90	47,33	341,8
5	10448	5	450	-	450	14,88	65,21	0,84	54,78	4,53	22,65	77,43	419,2
АНР	10448	-	1000	500	667	-	-	-	-	-	-	35	454,2
												Сума	454,2
Припливна установка													
DVA 80	10448	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
DVF 80 F5	10448	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	142	144
DVH-80-W-Z-2	10448	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121	265
Бічні відгалуження													
PB	1704,4	-	250	200	222	11,8	-	-	-	-	-	75	75
6	1704,4	0,2	250	200	222	9,47	53,99	0,41	22,14	4,54	0,91	23,04	98,0
												Сума	98,0
							Сума	98,0					

Номер дільниці	L, м ³ /год	l, м	A(d), мм	B, мм	d _{екв} , мм	v, м/с	P _{дин} , Па	$\Sigma \xi$	Z, Па	R, Па/м	Rl, Па	Rl+Z, Па	$\Sigma Rl+Z$, Па
PВ	1704,4	-	250	200	222	11,8	-	-	-	-	-	75	75
7	1704,4	0,2	250	200	222	12,01	53,99	1,07	57,77	4,54	0,91	58,68	133,7
												Сума	133,7
PВ	1704,4	-	250	200	222	11,8	-	-	-	-	-	75	75
8	1704,4	0,2	250	200	222	12,01	53,99	1,27	68,57	4,54	0,91	69,48	144,5
												Сума	144,5
PВ	1704,4	-	250	200	222	11,8	-	-	-	-	-	75	75
9	1704,4	0,2	250	200	222	12,01	53,99	1,42	76,67	4,54	0,91	77,57	152,6
												Сума	152,6

Таблиця 3.7

Місцеві опори на ділянках системи ПЗ

Номер дільниці	Найменування опору	N, шт	ξ	$\xi_x N$	Всього на дільниці
Основний напрям					
1	Дифузор	1	0,34	0,34	0,75
	Трійник на прохід	1	0,41	0,41	
2	Дифузор	1	0,25	0,25	0,77
	Трійник на прохід	1	0,52	0,52	
3	Дифузор	1	0,28	0,28	0,96
	Трійник на прохід	1	0,68	0,68	
4	Трійник на прохід	1	0,75	0,75	0,75
5	Трійник на прохід	1	0,84	0,84	0,84
Бічні відгалуження					
6	Припливний трійник на відгалуження	1	0,41	0,41	0,41
7	Припливний трійник на відгалуження	1	1,07	1,07	1,07
8	Припливний трійник на відгалуження	1	1,27	1,27	1,27
9	Припливний трійник на відгалуження	1	1,42	1,42	1,42

Таким чином, втрати тиску у вентиляційній мережі становлять 719 Па. Вентилятор у припливній установці розвиває тиск 746 Па виходячи з даних каталогу фірми ВЕНТС.

3.9.2 Витяжна система ВЗ

Для аеродинамічного розрахунку витяжної системи обрано систему ВЗ. Для цієї системи розрахунок також зроблено методом (Rl+Z). Результати

аеродинамічного розрахунку наведено у таблиці 3.8. Результати розрахунку місцевих опорів наведено у таблиці 3.9. Розрахункова схема системи представлена рис 3.2.

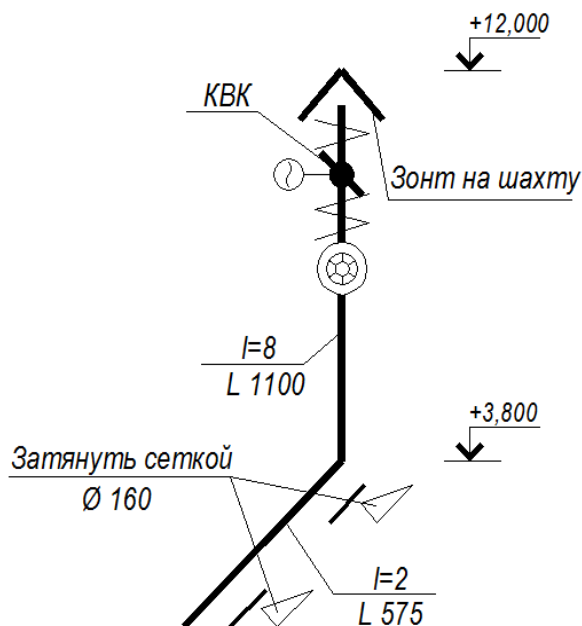


Рис 3.2 розрахункова схема системи В3

Таблиця 3.8

Аеродинамічний розрахунок системи В3

Номер дільниці	L, м ³ /год	l, м	A(d), мм	B, мм	d _{екв} , мм	v, м/с	P _{дин} , Па	Σξ	Z, Па	R, Па/м	Rl, Па	Rl+Z, Па	ΣRl+Z, Па
Розрахунковий напрям													
Сітка	575	-	160	-	160	5,08	-	-	-	-	-	10,00	10,0
1	575	2	200	-	200	5,08	15,54	0	0,00	1,68	3,36	3,36	13,4
2	1100	8	315	-	315	3,92	9,25	0,74	6,85	0,59	4,72	11,57	24,9
КВК	1100	-	315	-	315	-	-	-	-	-	-	140	164,9
Зонт	1100	-	500	-	500	-	-	-	-	-	-	75	239,9
												Сума	239,9

Таблиця 3.9

Місцеві опори на ділянках системи В13

Номер дільниці	Найменування опору	N, шт	ξ	ξxN	Всього на дільниці
Основний напрям					
2	Конфузор	1	0,47	0,47	0,74
	Відведення 90°	1	0,27	0,27	

В результаті проведеного розрахунку втрати тиску в системі становлять 240 Па. Для даної системи приймаємо каналний вентилятор ТТ ПРО 315 фірми ВЕНТС. Цей вентилятор при витраті 1100 м³/год розвиває тиск 300 Па.

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ЗАВІСИ ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.

Повітряні завіси (аеродинамічні бар'єри) застосовують для обмеження неконтрольованого повітрообміну крізь прорізи будівель — вхідні групи, ворота рамп, технологічні шлюзи, доки тощо. Їхнє призначення — зменшення інфільтрації холодного/гарячого зовнішнього повітря, запобігання протягам та проникненню пилу, комах, запахів, а в окремих випадках — диму, тим самим підвищуючи енергоефективність і комфорт користувачів, знижуючи навантаження на системи опалення та кондиціонування.

Метою цього розділу є обґрунтування вибору типу повітряної завіси (необігрівальна, електронагрів/водяний нагрів, із рециркуляцією чи без), визначення розрахункових параметрів повітряного струменя (витрата, швидкість на виході, індукція, дальnobійність, кут розкриття), а також підбір місця встановлення, схеми підключення та алгоритмів керування. Розділ формує вимоги до монтажу, електроживлення та інтеграції із системами ОВК, автоматизації та безпеки.

У вступі окреслюються вихідні дані: призначення та категорія приміщення, габарити прорізів (ширина/висота), інтенсивність і спосіб відкривання дверей/ворот (автоматичні, маятникові, секційні), температурні умови всередині та зовні, наявність тамбурів, вітрове навантаження на фасад, близькість повітрозаборів/витяжок, вимоги до шуму й архітектурні обмеження (нішеве встановлення, видимість обладнання).

Проектні рішення мають забезпечувати стабільну “ущільнюючу” дію струменя на всій висоті прорізу. Для цього під час розрахунку перевіряють достатність швидкості на підлозі/у зоні проходу, стійкість струменя до зсуву вітром і перепадів тиску, а також узгодженість завіси з балансом припливу/витяжки будівлі, щоб уникнути небажаних перетоків і “підсмоктування”. Для холодильних камер і теплих доків окремо обґрунтовують

вибір холодних/тепліх струменів і можливість роботи в рециркуляційному режимі.

Алгоритми керування передбачають автоматичний пуск за сигналом кінцевиків дверей/воріт, роботу за датчиками температури та диференціального тиску, поетапне регулювання швидкості вентилятора (частотний перетворювач) і теплової потужності (ступені ТЕНів або клапан/насос для водяного нагріву). Для будівель зі складними потоками людей і транспорту (ТЦ, логістика) доцільним є зональне керування та інтеграція з BMS/ДС (диспетчеризацією).

Окрему увагу приділяють акустиці та ергономіці: рівень звукового тиску в зоні входу, віброізоляція, вибір решіток/насадок для рівномірного профілю швидкостей без дискомфорту для користувачів. Пожежна безпека передбачає наявність протипожежних відсічок/клапанів за потреби, вимкнення або переведення завіс у безпечний стан за сигналом пожежної автоматики, відповідність кабельних ліній та захисту від перегріву.

Розділ також визначає вимоги до монтажу (орієнтація “зверху вниз” чи “збоку”, мінімальні відстані до стелі/перекрыттів, сервісні доступи), підключення до систем теплопостачання або електромережі, антикорозійний захист і дизайн-інтеграцію з фасадом/вестибюлем. Для холодних кліматів обґрунтовують попередній підігрів і захист від обмерзання.

На завершення наводиться методика розрахунку: визначення перепаду тиску крізь проріз (вітровий, термічний, механічна вентиляція), баланс масових витрат, підбір продуктивності та геометрії сопла/решітки, перевірка критеріїв стійкості струменя, оцінка енергоспоживання, а також перелік вихідних технічних даних для специфікації обладнання й схем автоматизації. Результати розділу слугуватимуть основою для детального проектування, кошторису, експлуатаційного регламенту і плану техобслуговування.

Підбір обладнання припливних та витяжних установок проводиться з використанням даних із технічних каталогів фірм – виробників

4.1 Розрахунок та підбір повітряно-теплових завіс

У цьому промисловому будинку повітряно-теплові завіси встановлюються на вході в автостоянку. У разі коли механічний приплив біля приміщення дорівнює механічній витяжці, для розрахунку завіси спочатку визначають кількість повітря, що подається завісою.

$$G_{\text{зав}} = 3600 \bar{q} \mu_{\text{пр}} F_{\text{пр}} \sqrt{2 \Delta p \cdot \rho_{\text{см}}} \quad (4.1)$$

де $\bar{q}$ – характеристика завіси, відношення кількості повітря, що подається завісою до кількості суміші повітря, що проходить у приміщення через отвір, рекомендоване значення $\bar{q} = 0,6 \dots 0,8$;

$\mu_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що враховує витрату повітря, що проходить через отвір при роботі завіси, для бічних завіс розпашних воріт $\mu_{\text{пр}} \approx 0,25$;

$F_{\text{пр}}$ – площа відкритого отвору, обладнаного завісою, м^2 ;

$\rho_{\text{см}}$ – щільність суміші повітря, що проходить через відкритий отвір при температурі, що дорівнює нормованій температурі в районі воріт (при роботі середньої тяжкості $t_{\text{см}} = 12^\circ\text{C}$, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Δp – розрахункова різниця тиску, Па, що розраховується за формулою:

$$\Delta p = 9,81 h (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}) \quad (4.2)$$

де $\rho_{\text{н}}$ – щільність зовнішнього повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$ для холодного періоду року;

$\rho_{\text{в}}$ – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$, при температурі в приміщенні;

h – відстань від середини отвору до нейтральної зони, м для будівлі без аераційних отворів, визначається як половина висоти воріт.

$$\Delta p = 9,81 \cdot 2 \cdot (353/(273 - 31) - 353/(273 + 5)) = 4,9 \text{ Па}$$

$$G_{\text{зав}} = 3600 \cdot 0,6 \cdot 0,25 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \sqrt{2 \cdot 4,9 \cdot 353 / (273 + 12)} = 22576 \text{ кг/год}$$

Температура повітря, що подається завісою, визначається за такою формулою:

$$t_{\text{зав}} = (t_{\text{см}} - t_{\text{з}}) / (\bar{q} \cdot (1 - Q)) + t_{\text{з}} \quad (4.3)$$

де Q – відношення кількості теплоти, що втрачається з холодним повітрям, через відкритий отвір назовні до теплової потужності завіси, $Q = 0,06$.

$$t_{\text{зав}} = (12 + 31) / (0,6 \cdot (1 - 0,06)) - 31 = 45,2^\circ\text{C} \quad (4.4)$$

Сумарна теплова потужність повітронагрівачів повітряно-теплової завіси обчислюється за формулою:

$$Q_{\text{зав}} = 0,278 G_{\text{зав}} c (t_{\text{зав}} - t_{\text{поч}}) \quad (4.5)$$

де $t_{\text{поч}}$ – при заборі з верхньої зони $t_{\text{поч}} = t_{\text{ух}}$.

$$Q_{\text{зав}} = 0,278 \cdot 22576 \cdot 1,005 \cdot (45,2 - 6) = 247$$

Ширина повітровипускної щілини визначається за формулою:

$$b_{\text{щ}} = F_{\text{пр}} / (2 \bar{F} N_{\text{щ}}) \quad (4.6)$$

де $N_{\text{щ}}$ – висота щілини, рівна висоті воріт, м.

$$b_{\text{щ}} = 3 \cdot 4 / 2 \cdot 20 \cdot 4 = 0,075 \text{ м.}$$

Швидкість повітря на виході із щілини визначається за формулою:

$$v_{\text{щ}} = G_{\text{зав}} / (2 \cdot 3600 N_{\text{щ}} b_{\text{щ}} \rho_{\text{зав}}) \quad (4.7)$$

$$v_{\text{щ}} = 22576 / (2 \cdot 3600 \cdot 4 \cdot 0,075 \cdot 353 / (273 + 45,2)) = 9,4 \text{ м/с}$$

Приймаємо дві повітряні теплові завіси за каталогом фірми ВЕНТС ПВЗ марки ПВЗ 600х350.

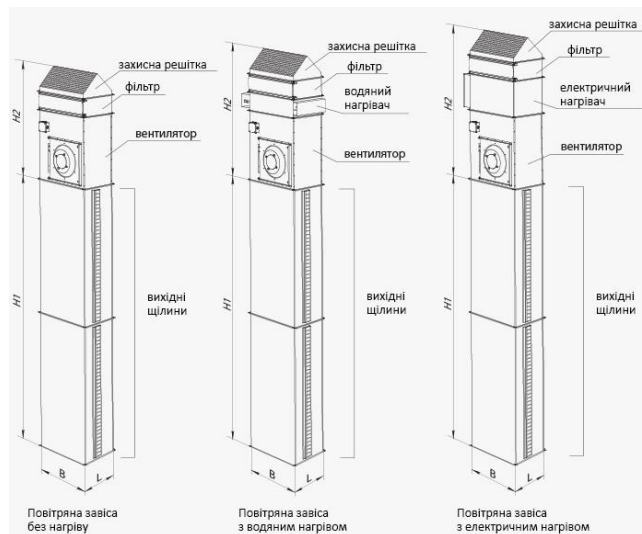


Рис 4.1 Повітряна завіса ПВЗ 600х350

4.2 Підбір обладнання припливних установок

Як установка для системи повітряного опалення просочувальної та електроремонтної ділянки (П1) обрана канална припливна установка WRW 100-50/63.6D фірми «ВЕНТС». Витрата повітря через установку становить 7950 м³/годину. Схема компонування секцій представлена рис 4.2.

Дана установка включає наступні секції: секція заслінок, секція повітронагрівача, секція фільтра, секція вентилятора. Всі дані по секціях наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Основні параметри секцій установки П1

Позиція	Призначення секції	Марка секції	Довжина секції, мм	Втрата тиску, Па	Вага, кг
1	Секція заслінок	ZR 100-50	171	2	21
2	Секція фільтра	FK 100-50 G3	260	163	19
3	Секція повітронагрівача	WWN 100-50/3	192	142	21
4	Секція вентилятора	WRW 100-50/63.6D	1210	-	150

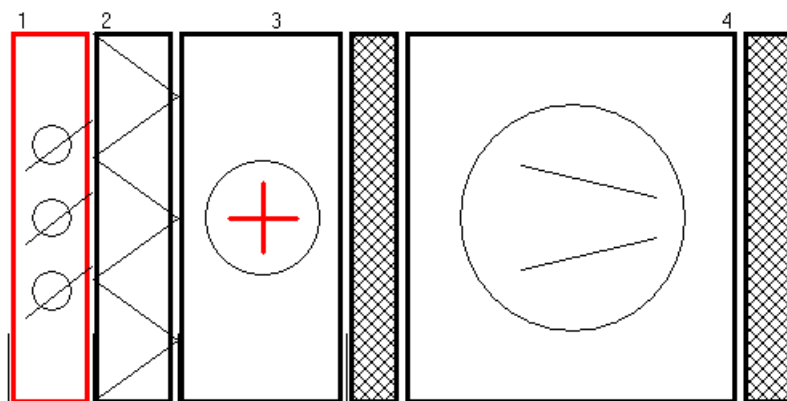


Рис 4.2 Схема компоновки секцій установки П1

Підбір і розрахунок повітронагрівача виконаний по програмі «KORF VENT». В результаті був підібраний повітронагрівач WWN 100-50/3 в трьох рядному виконанні. Потужність повітронагрівача складає 124 кВт, при температурному перепаді 90–65°C. Зміна тепловіддачі калорифера проводиться завдяки трьох ходовому крану з електроприводом, який змінює температуру гріючої води при постійній витраті через калорифер.

Вентилятор при витраті 7950 м³/год, розвиває тиск 792 Па. Споживана потужність складає 3,8 кВт. Швидкість обертання вентилятора 1432 об/хв.

В якості припливної установки системи П2 використовується канална припливна установка WRW 70-40/35.4D фірми «ВЕНТС». Розрахунок установки проведений по програмі «KORF VENT». Установка включає в себе секцію заслінок, секцію повітронагрівача, секцію фільтра, секцію вентилятора. Витрата

повітря через установку складає 3840 м³/год. Тиск, який розвивається вентилятором складає 679 Па, при частоті обертання 1422 об/хв. Електродвигун потужністю 3,35 кВт. За допомогою розрахунків, вироблених даною програмою підібраний калорифер типу WWN 70-40/2. Потужність калорифера при температурному перепаді 90–65°C складає 60 кВт. Фільтр типу FK 70-40, клас очищення G3.

В якості припливної установки системи ПЗ використовується канална припливна установка WRW 100-50/63.4D фірми «ВЕНТС». Розрахунок установки проведений по програмі «KORF VENT». Установка включає в себе секцію заслінок, секцію зміщення, секцію повітренагрівача, секцію фільтра, секцію вентилятора. Витрата повітря через установку складає 10488 м³/год. Тиск, який розвивається вентилятором складає 746 Па, при частоті обертання 1432 об/хв. Електродвигун потужністю 3,8 кВт. За допомогою розрахунків, вироблених даною програмою підібраний калорифер типу WWN 100-50/3. Потужність калорифера при температурному перепаді 90–65°C складає 173 кВт. Фільтр типу FK 100-50, клас очищення G3.

4.3 Підбір обладнання витяжних систем

Результати підбору обладнання витяжних систем наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Основні характеристики витяжних вентиляторів

Система	Марка вентилятора	Витрата, м ³ /год	Тиск, Па	Використана потужність, Вт	Частота обертання, об/хв
1	2	3	4	5	6
B1	ВРК 3,15	2700	420	300	3000
B2	СК 160 С	690	285	85	2370
B3	СК 315 С	1100	300	90	1210
B4	СК 100 С	150	100	70	2460
B5	СК 200 В	660	342	85	2460
B6	ВКР-3,15	4320	278	800	1500
B7	ВКР-3,15	4320	278	800	1500
B8	ВР 80-75-6,3	1440	1270	1400	1500
B9	ВР 80-75-6,3	2520	1150	1200	1500

1	2	3	4	5	6
B10	BP 80-75-6,3	1440	1270	1400	1500
B11	BP 80-75-6,3	1440	1270	1200	1500
B12	BP 80-75-6,3	2520	1150	1400	1500
B13	ВРК 3,15	3000	405	200	3000
B14	СК 315 С	2000	170	120	2460
B15	FUK-6000	2000	1620	300	2460

4.4 Конструктивні особливості системи тепlopостачання калориферів

Подача тепла до калориферів вентиляційних установок здійснюється через окрему двотрубну магістраль. Для монтажу трубопроводів застосовано сталеві труби, а у верхніх точках системи розміщено проточні повітрозбірники для видалення повітря. Теплопроводи утеплюються шаром мінераловатного базальтового теплоізоляційного матеріалу завтовшки 25 мм. Обв'язка калориферів виконується змішувальними вузлами, до складу яких входять запірні клапани, фільтри, прилади контролю та вимірювання, а також триходові крани з електроприводом.

4.5 Гідравлічний розрахунок системи тепlopостачання калориферів

Гідравлічний розрахунок системи тепlopостачання калориферів виконується за методом (Rl+Z). Результати визначення коефіцієнтів місцевих опорів наведено у таблиці 4.3. Гідравлічний розрахунок наведено у таблиці 4.4. Розрахункова схема тепlopостачання калориферів вентиляційних установок наведена на рис 4.3.

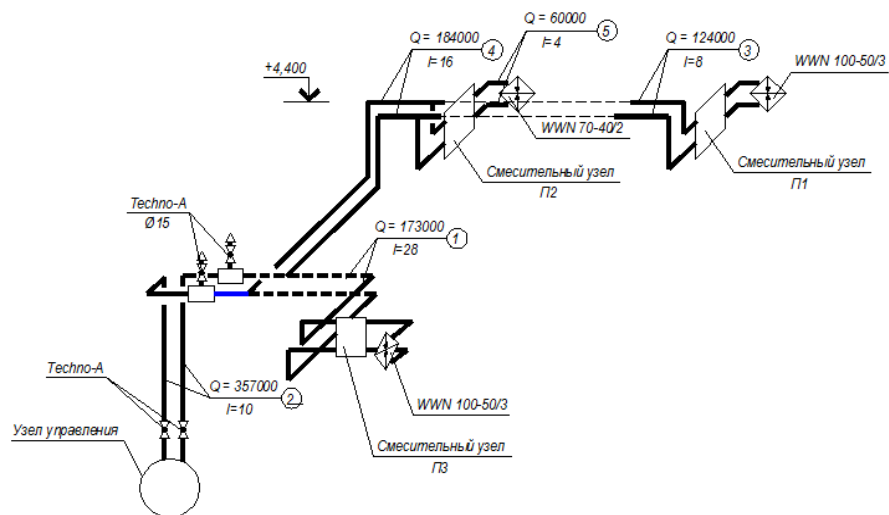


Рис.4.3 Розрахункова схема системи теплопостачання калориферів

Таблиця 4.4

КМС системи теплопостачання калориферів вентиляційних установок

Дільниця	Найменування місцевого опіру	Кіл-ть	ξ	Σξ	Σξ _{діл}
ОЦК					
1	Відведення 90°	8	1	8	11
	Трійник на відгалуження	2	1,5	3	
2	Відведення 90°	3	1	3	9
	Кран шаровий	2	2	4	
	Проточний повітрозбірник	2	1	2	
Відгалуження					
3	Відведення 90°	6	1	6	8
	Трійник на прохід	2	1	2	
4	Відведення 90°	4	1	4	6
	Трійник на відгалуження	2	1	2	
5	Відведення 90°	4	1	4	6
	Трійник на відгалуження	2	1	2	

**Гідравлічний розрахунок системи теплопостачання калориферів
вентиляційних установок**

Номер дільниці	Q, Вт	G, кг/год	l, м	d, мм	v, м/с	R Па/м	R·l, Па	$\Sigma \xi$	Z	R·l+Z	$\Sigma R \cdot l + Z$
ОЦК											
Калорифер	173000	5951	-	20	1,15	-	-	-	-	12500	22562
Кран шаровий, 4шт	173000	5951	-	40	0,282	-	-	-	-	880	
Фільтр Y222P	173000	5951	-	40	0,122	-	-	-	-	1220	
Кран двохходовий VM2	173000	5951	-	40	0,241	-	-	-	-	1050	
1	173000	5951	28	50	0,767	160	4480	11	2432	6912	
2	357000	12281	10	65	0,894	150	1500	9	3564	5064	27626
										Сума	27626
Відгалуження											
Калорифер	124000	4266	-	20	0,78	-	-	-	-	6800	15464
Кран шаровий, 4шт	124000	4266	-	32	0,255	-	-	-	-	640	
Фільтр Y222P	124000	4266	-	32	0,154	-	-	-	-	580	
Кран двохходовий VM2	124000	4266	-	32	0,178	-	-	-	-	780	
3	124000	4266	8	32	0,685	600	4800	8	1864	6664	
4	184000	6330	16	40	0,782	650	10400	6	1782	12182	27646
										Сумма	27646
Калорифер	60000	2064	-	20	1,21	-	-	-	-	4600	13060
Кран шаровий, 4шт	60000	2064	-	25	0,784	-	-	-	-	710	
Фільтр Y222P	60000	2064	-	25	0,652	-	-	-	-	570	
Кран двохходовий VM2	60000	2064	-	25	0,522	-	-	-	-	1646	
5	60000	2064	4	25	1,003	650	2600	6	2934	5534	

На ділянки 4, 5 необхідно встановити автоматичні балансувальні клапани ASV-M и ASV-PV.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Виробнича санітарія

У дипломній роботі передбачена розробка систем опалення і вентиляції центру по ремонту та обслуговуванню автомобілів.

У центрі знаходяться наступні відділення: зварювальне відділення, вулканізація, гальванічне відділення, відділення розведення емульсій і ділянки ремонту.

Роботи на ділянках ремонту проводяться за допомогою токарних, фрезерних, сверильних, заточних і ін. типів верстатів. Робота устаткування супроводжується виділенням теплоти, вологи і пилу. Для асиміляції шкідливостей в цеху влаштована механічна вентиляція, окремо розташовані верстати і ванни обладнані індивідуальними знепилюючими агрегатами і місцевими відсмоктувачами.

У зварювальному відділенні проводиться точкове зварювання електродугою і різанням. При цьому виділяється значна кількість пилу і шкідливих газів. Для видалення цих шкідливостей застосована місцева витяжка від зварювальних постів. Гази і аерозолі утворюються при роботах на нефіксованих робочих місцях накопичуються у верхній зоні приміщення, звідки віддаляються загальнообмінною вентиляцією.

Устаткування ковальського відділення: сурма, печі, кувальний молот, ванни для загартування деталей. Тут здійснюється обробка деталей, різання і плавка металу, також, загартування деталей для додання їм різних механічних і металографічних властивостей.

Основні шкідливості – конвективна і промениста теплота виділяється від гарячих поверхонь печей і металу, окись вуглецю, сірчистий газ. У процесі кування і штампування в повітря приміщення поступає пил окалини.

Для локалізації шкідливостей використовуються місцеві відсмоктування – парасольки, парасольки-козирки, бортові відсмоктування і укриття. Гартівні ван

ни поміщені в укриття з робочими отворами, масляні ванни обладнані бортовими відсмоктуваннями.

Для асиміляції надмірної теплоти використовується аерація.

Технологічний процес в гальванічному відділенні пов'язаний з нанесенням на поверхню виробів антикорозійних і декоративних покриттів електролітичним способом. У гальванічному відділенні виділяються всі відомі шкідливості – теплота, волога, пари, гази, аерозолі і пил. Для локалізації шкідливостей використовуються бортові відсмоктувачі від ванн. Шкідливості приміщення, що накопичуються у верхній зоні, видаляються загальнообмінною витяжкою.

Основним джерелом виникнення шуму і вібрації є вентиляційні установки, верстати і кувальний молот. Причиною виникнення аеродинамічного шуму є пульсація швидкості і коливання тиску повітря у вентиляторі і повітропроводах.

Відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.1.1-32 максимально допустимих рівнів звуку складає 80 ДБа. Рівень шуму створюваний системою припливної вентиляції рівний 92 ДБа. Для зниження рівня звукового тиску на робочих місцях запропоновані наступні заходи: установка найдосконаліших по акустичних характеристиках вентиляторів, підбір оптимальних режимів роботи, застосування звукопоглинальних матеріалів.

При роботі вентилятора і верстатів коливання передаються фундаменту, стінам і покриттям будівлі породжувати структурний шум.

Для зниження структурного шуму на установках вентиляторів встановлені пружинні амортизації, для хорошої віброізоляції усунені всі жорсткі зв'язки між агрегатом і будівельними конструкціями за рахунок приєднання за рахунок приєднання через гнучкі вставки.

При виробництві будівельно-монтажних робіт необхідно враховувати параметри мікроклімату. Монтаж системи вентиляції повинен проводитись після монтажу система опалення. Температура повітря в приміщенні, при монтажі системи вентиляції, необхідно підтримувати близько 15 °С.

Освітлення робочих місць прийняте суміщене. Оцінка освітлення дана в п.

Самопочуття і працездатність людини залежить від метеорологічних умов виробництва робіт. Діючим нормативним документом, що регламентує метеорологічні умови виробничого середовища, є ДСТУ EN 482:2016 «Повітря робочої зони. Загальні вимоги до характеристик методик вимірювання вмісту хімічних речовин». Документом встановлені оптимальні і допустимі величини температури, відносної вологості і швидкості руху повітря.

У разі переохолодження повітряного середовища кровоносні судини звужуються, приток крові до них і знижується. У людини з'являється прагнення до інтенсивних рухів, які збільшують обмін речовин в організмі з утворенням тепла. Надмірне охолодження організму може привести до простудних захворювання.

У разі підвищення температури повітря людина починає потіти, його втрата тепла збільшується за рахунок випаровування поту. При перегріві організму збільшується приток крові до периферійних кровоносних судин. Унаслідок розширення судин кількість протікаючої по них крові і тепловіддача збільшуються.

Для даної роботи: з категорією виконуваних робіт - середньої тяжкості 2б, в холодний період 15-19 °С, в теплий період 20-22 °С.

Вологість повітря значною мірою впливає на самопочуття людини і його працездатність. При дуже низькій вологості (менше 20%) організм людини розслабляється, результатом чого є зниження працездатності.

Дуже висока вологість (більш 80%) порушується процес терморегуляції. Піт, що виділяється, не випаровується, лише стікає по поверхні тіла. Особливо несприятливе поєднання високої вологості з високою температурою при виконанні людиною важкої роботи.

Тривала дія вологи в поєднанні з низькими температурами може привести до такого захворювання, як туберкульоз легенів. При значному вмісті вологи і високій температурі повітря виникає запаморочення, нудота, теплові удари з втратою свідомості.

Теплове самопочуття людини значною мірою пов'язане з таким метеорологічним параметром, як швидкість руху повітря, оскільки вона впливає на теплообмін організму з навколишнім середовищем. При високій температурі повітря збільшення його рухливості сприятливо позначається на самопочутті людини, при низькій – викликає неприємні відчуття. Внаслідок цього стандартом встановлена рухливість повітря, різна для літнього і зимового періодів. У теплий період року швидкість руху повітря в робочій зоні складає від 0,2 до 1,0 м/с, в холодний і перехідний періоди – від 0,2 до 0,5 м/с.

Низька швидкість повітря (менше 0.2 м/с) несприятливо впливає на самопочуття людини, в цьому випадку швидко стомлюється і помітно втрачає працездатність.

Задача забезпечення якнайкращих умов праці, які сприяють його високій продуктивності, повинна вирішуватись комплексно.

При багатьох технологічних процесах на будівельних майданчиках в повітряне середовище виділяється пил. Пил – це найдрібніші тверді частинки, здатні якийсь час знаходитись в повітрі в зваженому стані. Пил утворюється при монтажі будівель, обробці будівельних конструкцій, обробних роботах, очищенні і забарвленні поверхонь виробів і т.п. Пил характеризується хімічним складом, розмірами і формою частинок, їх густиною, електричними, магнітними і іншими властивостями. Пил є гігієнічною шкідливістю, оскільки вона негативно впливає на організм людини. Під впливом пилу можуть виникнути такі захворювання, як пневмоконіози, екзема і інші захворювання дихальних шляхів. Чим дрібніший пил, тим він шкідливіший для людини. Найбільш небезпечними для людини вважаються частинки розміром від 0.2 до 7 мкм, які, потрапляючи в легені при диханні, затримуються в них і, накопичуючись, можуть стати причиною захворювання. Існує три шляхи проникнення пилу в організм людини: через органи дихання, шлунково-кишковий тракт і шкіру. Крім цього пил погіршує видимість на будівельних об'єктах, знижує світловидатність освітлювальних пристроїв. У результаті цих причин знижується продуктивність і якість праці.

Санітарними нормами (ДСН 3.3.6.042-99) встановлені гранично допустимі концентрації пилу в повітрі робочої зони.

У виробничих приміщеннях необхідне ретельне і систематичне прибирання приміщень за допомогою вакуумних установок, очищення від пилу вентиляційного повітря при його подачі в приміщення і викиді в атмосферу, застосування як індивідуального засобу захисту від пилу респіраторів, окулярів і протипилового спец. одягу.

Велика частина нещасних випадків з людьми викликана: обваленням змонтованих конструкцій, падінням робітників з висоти, недосконалістю і помилками при роботах такелажів, недостатньою освітленістю, незадовільною послідовністю виконання робочих операцій і т.д.

Падіння монтажників-верхолазів з висоти відбувається при наведенні, установці і закріпленні елементів збірних конструкцій, остаточному оформленні вузлів і особливо при переміщенні на нове робоче місце. Для виявлення монтажних операцій, що мають найбільшу небезпеку для працюючих, доцільно проводити детальне вивчення вказаних робочих процесів у виробничих умовах монтажного майданчика.

Для зменшення виробничого травматизму необхідно, щоб монтажне оснащення задовольняло вимогам ДСТУ Б В.2.8-40:2011 і технічним умовам на конкретні монтажні пристосування.

Конструкція монтажних пристосувань повинна забезпечувати: швидке і вільне виконання операцій, пов'язаних з їх установкою або зняттям і вивірянням елементів конструкцій будівлі і споруди, стійкість елементів конструкцій будівель і споруд до їх закріплення відповідно до проекту, ремонтну придатність і взаємозамінність вузлів деталей.

Важлива правильна організація робочих місць, система заходів щодо оснащення робочого місця необхідними технічними засобами: підмостками, люльками, монтажними столиками, також засобами індивідуального і колективного захисту.

5.2. Техніка безпеки при монтажі систем опалення

При монтажі систем центрального опалення випадки травматизму можуть виникнути при виконанні таких найбільш трудомістких операцій, як свердління отворів під радіаторні кронштейни, рознесення нагрівальних приладів до місць монтажу та навішування їх на радіаторні кронштейни. Свердління отворів під радіаторні кронштейни необхідно виконувати спеціально навченому слюсарю, який має посвідчення на право роботи з електрифікованим інструментом; слюсаря необхідно забезпечити індивідуальними засобами захисту від ураження електричним струмом; при рознесенні нагрівальних приладів та іншого обладнання до місць монтажу та безпосереднього монтування - не допускати їх випадкового падіння; для виконання різьбових з'єднань стояків слюсар повинен мати трубні ключі, відповідні діаметру труб що монтуються.

Після закінчення монтажу змонтована система опалення піддається випробуванню. Випробування необхідно проводити в присутності виконавця робіт (майстра). Останнім часом широко застосовується попереднє випробування змонтованих систем стисненим повітрям; забезпечити обслуговування компресора мотористом, який має право на виконання цієї роботи; підтримувати тиск повітря у випробуваній системі не більше 0,07 МПа (0,7 кгс / см²).

Для підтримання тиску не вище 0,07 МПа (0,7 кгс / см²) встановлюється запломбований запобіжний клапан, на якому мають бути клейма, що вказують інвентарний номер, робочий тиск, дату випробування та найменування заводу-виготовлювача. Однак незалежно від того, що клапан випробовувався на заводі виробнику, в кожному окремому випадку перед початком випробування клапан повинен бути перевірений на "спрацьовування" при тиску 0,07 МПа (0,7 кгс / см²). Щоб уникнути засмічення клапана під час скидання надлишкового тиску місце підключення шланга від компресора повинно бути поряд з клапанами.

При попередньому випробуванні манометр повинен бути перевірений, промаркований і мати всі необхідні написи зі шкалою 0,25 МПа (2,5 кгс / см²); правильність показання манометра необхідно регулярно перевіряти контрольним

манометром. При перевірці місць витоку повітря і при усуненні дефектів монтажу необхідно працювати в захисних окулярах із прозорим склом.

Проводити газозварювальні і електрозварювальні роботи дозволяється тільки після випуску повітря з системи.

Після усунення дефектів монтажу, виявлених у процесі попереднього пневматичного випробування, приступають до гідравлічного випробування системи, до початку якого необхідно :

- ознайомити всіх робітників, що беруть участь у випробуванні, з розміщенням арматури і заглушок, а також зі способами видалення повітря з системи, порядком підвищення і пониження тиску під час випробування;
- перевірити всю встановлену арматуру, кріплення фланців, сгонов і надійність тимчасових заглушок; перевірити справність обпресувальні агрегату і манометра;
- встановити чергових на поверхах і проінструктувати їх.

Випробовувати систему потрібно в присутності майстра.

Випробувальний тиск для систем водяного опалення при гідравлічному випробуванні встановлено рівним 1,25 робочого тиску, але не менше 0,2 МПа (2 кгс / см²) в найнижчій точці системи; для систем парового опалення з робочим тиском до 0,07 МПа (0,7 кгс / см²) - 0,25 МПа (2,5 кгс / см²).

Підвищувати і знижувати тиск на випробувальному ділянці системи потрібно поступово, не допускаючи ударів і поштовхів.

5.3. Вимоги безпеки під час монтажу систем вентиляції

Вимоги до електрообладнання

Улаштування та розташування електрообладнання, пускорегулювальної та захисної апаратури обладнання, повинно відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.32-01. Під час експлуатації обладнання повинні виконуватися вимоги НПАОП 40.1.

Електрична схема обладнання повинна виключати можливість його самочинного вмикання і вимикання. Обладнання повинно мати затискач заземлювальний та знак заземлення, що відповідають вимогам ДСТУ 62305-3-

2012. Значення опору між заземлювальним затискачем та кожною доступною дотиканню металевою неструмовідною частиною обладнання, яка може бути під напругою в разі пошкодження ізоляції, не повинно перевищувати 0,1 Ом. Під час випробування електродвигуна необхідно слідкувати за початком обертання ротора і подальшим процесом досягнення електродвигуном нормальної кількості обертів. У разі повільного обертання ротора, відсутності обертання, гудінні електродвигун повинен бути негайно вимкнений для виявлення причин неполадок.

У разі виявлення несправності пускового пристрою (рубильник, перемикач, магнітний пускач та інші) електродвигун не вмикати до усунення дефектів пускового пристрою.

Працюючий електродвигун необхідно негайно вимикати у випадках:

- у разі появи диму або вогню із електродвигуна або його пускорегулювальної апаратури;
- при нещасних випадках;
- у разі великої вібрації електродвигуна;
- у разі виявлення несправності вентилятора;
- у випадку надмірного нагрівання підшипників або корпусу електродвигуна.

У разі необхідності застосування пасових передач вони та всі частини установок повинні виготовлятися з матеріалів, що мають питомий об'ємний електричний опір не більше ніж 105 Ом·м, зокрема, антиелектростатичні клинові ремні, а вся установка (огорожа та інші металеві предмети поблизу паса) повинна заземлятися.

У випадку використання пасів, виготовлених з матеріалів з питомим об'ємним електричним опором більше за 105 Ом·м потрібно застосовувати один із засобів запобігання небезпечній електризації:

- збільшення відносної вологості повітря в місцях розташування пасової передачі не менше до 70 % ;
- електропровідні покриття (мастила) пасів;
- в особливих умовах - іонізація повітря за допомогою нейтралізаторів, установлених з внутрішньої сторони паса, якомога ближче до точки його сходу зі шківу.

Забороняється змащування пасів каніфоллю, воском та іншими речовинами, які збільшують поверхневий опір у вибухонебезпечних приміщеннях всіх класів.

5.4. Основні вимоги до виробничого освітлення

Для створення сприятливих умов зорової роботи, без швидкої втомлюваності очей, виникнення професійних захворювань, нещасних випадків і сприятливих для підвищення продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення має відповідати таким вимогам:

Таблиця 5.1

Параметри освітлення робочої зони

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розпізнавання	Розряд зорової роботи	Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення	
			Освітленість, лк		КПО, %			
			При комбінованому	При загальному	При верхньому чи комбінованому	При боковому	При верхньому чи комбінованому	При боковому
Високої точності	0,3-0,5	III	2000-400	500-200	5	2	3	1.2
Середньої точності	0,5-1,0	IV	750-300	300-150	4	1.5	2.4	0.9
Малої точності	1-5	V	300-200	200-100	3	1	1.8	0.6
Загальні спостереження	-	VII	-	75-30	1	0.3	0.7	0.2

Освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, тобто не нижче встановлених норм.

$$E_{\phi} = (0,9 - 1,2) E_n . \quad (5.1)$$

Збільшення освітленості (до визначеної межі) збільшує продуктивність праці (оптимальна освітленість підвищує продуктивність праці на 15%). Подальше збільшення освітленості приводить до збільшення відбитої блискучості, що неприємно людському оку.

Необхідно забезпечити рівномірний розподіл відблиску на робочій поверхні, а також у межах оточуючого простору. Враховує коефіцієнт нерівномірності освітлення

$$Z = E_{\max} / E_{\min}. \quad (5.2)$$

Нерівномірність освітлення у зоні розміщення робочих місць має бути 1,5 для робіт I - III розряду зорових робіт при люмінесцентних лампах, 2- при інших джерелах та 1,8 та 3 для робіт IV - VII та VIII розрядів відповідно.

Для обмеження осліплюючої дії світильників загального освітлення їх розташовують на визначеній висоті над рівнем підлоги, або використовують освітлювальну арматуру з відповідним захисним кутом, або арматуру: що розсіює світло. Щоб обмежити відблиск, наприклад, при освітленні блискучих поверхносителей (глянцевий папір, екран дисплею та ін.) треба встановлювати світильники з регульованим направленням світлового потоку чи з розсіювачами світла.

Величина освітленості має бути постійною у часі. Для цього стабілізують напругу живлення, жорстко кріплять світильники, застосовують спеціальні включення світильників.

Для створення правильної кольоропередачі необхідно обирати джерела світла з спектром близьким до природнього.

Всі елементи освітлюючих установок не повинні створювати небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Слід виключити або зводити до мінімуму шум, теплові виділення, небезпеку поразки струмом, пожежо- та вибухонебезпечність світильників.

З метою кращих для зору умов роботи кількість та якість освітлення слід пов'язати з кольоровим оточенням. Світле фарбування інтер'єру, завдяки збільшенню кількості відображеного світла, дозволяє збільшити рівень

освітленості при тій же потужності світла. Окрім того, зменшуються різкі тіні, знижуються яркостні контрасти між світильниками та поверхнями, на яких вони розміщені.

Освітні установки мають бути надійні, зручні, прості у експлуатації, економічні та естетичні.

Заходи та засоби захисту від шуму

Заходи та засоби захисту від шуму поділяються на колективні та індивідуальні, причому останні застосовуються лише тоді, коли заходами та засобами колективного захисту не вдається знизити рівні шуму на робочих місцях до допустимих значень. Призначення засобів індивідуального захисту від шуму - перекрити найбільш чутливі канали проникнення звуку в організм - вуха. Тим самим різко послаблюються рівні звуків, що діють на барабанну перетинку, а відтак і коливання чутливих елементів внутрішнього вуха. Такі засоби дозволяють одночасно попередити розлад і всієї нервової системи від дії інтенсивного подразника, яким є шум.

До індивідуальних засобів захисту від шуму належать:

- навушники;
- протишумові вкладки;
- шумозаглушувальні шоломи .

До колективного захисту від шуму та вібрації можна віднести :

- зменшення шуму в самому джерелі;
- зменшення шуму на шляху його поширення;
- організаційно-технічні заходи;
- лікувально-профілактичні заходи.

Зменшення шуму в самому джерелі - найбільш радикальний засіб боротьби з шумом, що створюється устаткуванням. Досвід показує, що ефективність заходів щодо зниження шуму устаткування, що вже працює, досить невисока, тому необхідно прагнути до максимального зниження шуму в джерелі ще на стадії проектування устаткування. Це досягається за допомогою наступних заходів та засобів: удосконалення кінематичних схем та конструкцій устаткування; проведення

статичного та динамічного зрівноважування і балансування; виготовлення деталей, що співударяються, та корпусних деталей з неметалевих матеріалів (пластмас, текстоліту, гуми); чергування металевих та неметалевих деталей; підвищення точності виготовлення деталей та якості складання вузлів і устаткування; зменшення зазорів у з'єднаннях шляхом зменшення припусків; застосування мащення деталей, що труться, і т. ін.

Організаційно-технічні засоби захисту від шуму передбачають: застосування малошумних технологічних процесів та устаткування, оснащення шумного устаткування засобами дистанційного керування, дотримання правил технічної експлуатації, проведення планово-попереджувальних оглядів та ремонтів.

До заходів лікувально-профілактичного характеру належать попередній та періодичні медогляди, використання раціональних режимів праці та відпочинку для працівників шумних ділянок та цехів, допуск до шумних робіт з 18 років тощо.

Таблиця 5.2

Характеристика приміщень за рівнями звуку

Робоче місце	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах частот із середньо геометричними частотами, Гц								Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Приміщення КБ, програмістів ЕОМ, лабораторій теоретичних робіт тощо.	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Приміщення керування (робочі кімнати)	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Кабіни спостережень і дистанційного керування з мовним зв'язком по телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Приміщення і дільниці точного збирання, приміщення для експериментів	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постійні робочі місця у виробничих приміщеннях і на території підприємств	94	87	82	78	75	73	71	70	80

Розрахунок витрат на зовнішнє пожежогасіння

Витрату води на зовнішнє пожежогасіння приймають згідно табл.4 ДБН В.2.5-74-2013 “Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування”

Таблиця 5.3

Витрата води на пожежогасіння

Призначення будівель	Витрата води на одну пожежу, л/с, на зовнішнє пожежогасіння житлових і громадських будівель незалежно від їх ступенів вогнестійкості при об'ємах будівель, тис. м ³				
	до 1 включ.	від 1 до 5 включ.	від 5 до 25 включ.	від 25 до 50 включ.	від 50 до 150 включ.
Житлові будинки одnoseкційні та багатосекційні при кількості поверхів:					
до 2 включ.	10	10	-	-	-
від 3 до 12 включ.	10	15	15	15	20
те саме 13 « 16 включ	-	-	20	25	-
« 17 « 25 включ.	-	-	-	25	30

Кількість води на пожежогасіння становить 162 м³, оскільки час на гасіння пожежі становить 3 год. Кількість струменів буде рівна двом.

5.5. Розрахунок захисного заземлення.

Захисне заземлення – навмисне з'єднання із землею частин устаткування, що не знаходяться під напругою в нормальних умовах експлуатації, але які можуть виявитися під напругою в результаті порушення ізоляції електроустановки.

Метою розрахунку є визначення числа одиночних вертикальних електродів і довжини горизонтальної сполучної смуги проектного заземлювача, забезпечуючих сумарний опір заземлювання, що відповідає вимогам ПУЕ-87.

Згідно «Правилам пристрою електроустановок» опір захисного заземлення у будь-який період року не повинен перевищувати: 10 Ом при потужності трансформатора (генератора) $N_{тр} < 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}$; 0.5 Ом – в установках напругою вище 1000 В з великими струмами замикання на землю (більше 500).

Початкові дані:

- розміри стрижньового електроду для розрахунку питомого опору ґрунту

- $l = 2,5 \text{ м}; d = 0,05 \text{ м};$

- устаткування, що заземлюється: апарат електрозварювання $P = 200 \text{ кВА}$, напруга 380 В;

- тип електроду: стрижень;

- відстань між електродами: $= 5 \text{ м};$

- товщина шару ґрунту над електродом: $t_0 = 0,6 \text{ м};$

Відповідно до початкових даних і згідно вимогам ДСТУ 62305-3-2012 допустимий опір розтіканню струму рівний $R_{з.пр} = 4 \text{ Ом}$.

Відповідно розрахунковий питомий опір ґрунту

$$\rho_{в.рас} = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Розрахунковий опір одиничного заземлювача заданого профілю R_e , Ом визначається як:

$$R_e = 0,366 \cdot \frac{\rho_{в.рас}}{l} \cdot \lg \frac{4l}{d} \quad (5.3)$$

$$R_e = 0,366 \cdot \frac{150}{2,5} \cdot \lg \frac{4 \cdot 2,5}{0,05} = 50,5 \text{ Ом}$$

Методом послідовних наближень визначається число вертикальних електродів n_v по формулі:

$$n_v = R_e / \eta_y R_{з.пр}, \quad (5.4)$$

де η_y - коефіцієнт використання вертикальних електродів.

Кількість вертикальних електродів n'_e при $\eta_{y'} = 1$, без урахування явища екранування визначається по формулі:

$$n'_e = R_e / R_{з.мр}, \quad (5.5)$$

$$n'_e = 50,5 / 4 = 13 \text{ шт.}$$

$$n'_e = 13 \text{ відповідає } \eta_{y'} = 0,67$$

Уточнене число електродів визначається по формулі :

$$n''_e = 50,5 / 0,67 \cdot 4 = 19 \text{ шт.}$$

$$n'_e = 19 \text{ відповідає } \eta_{y'} = 0,64$$

Остаточне число електродів визначається по формулі 6.4:

$$n''_e = 50,5 / 0,64 \cdot 4 = 20 \text{ шт.}$$

$$n'_e = 20 \text{ відповідає } \eta_{y'} = 0,63$$

Довжина горизонтальної сполучної смуги l_z , м визначається як:

$$l_z = 1,05 \cdot a \cdot (n_e - 1), \quad (5.6)$$

$$l_z = 1,05 \cdot 5 \cdot (20 - 1) = 99,8 \text{ м.}$$

Розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтальної сполучної смуги, $\rho_{з.рас}$, Ом*м визначається по формулі:

$$\rho_{з.рас} = K_c \cdot \rho_{izm}, \quad (5.7)$$

де $K_c = 4,1$ – коефіцієнт сезонності для однорідної землі при використанні горизонтальних заземлювачів;

$\rho_{вим=100}$ – питомий опір ґрунту, Ом*м

$$\rho_{з.рас} = 4,1 \cdot 100 = 410 \text{ Ом*м.}$$

Опір розтіканню струму горизонтальної смуги без урахування коефіцієнта використання визначається по формулі:

$$Rr = 0,366 \cdot \frac{\rho_{з.рас}}{l_z} \cdot \lg \frac{2l_z^2}{b_1 \cdot t_z}, \quad (5.8)$$

де $b_1 = 0,04$ – ширина смуги, м;

t_z – глибина заставляння смуги, м

$$t_z = t_0 + b_1 / 2, \quad (5.9)$$

$$t_z = 0,6 + 0,04 / 2 = 0,62 \text{ м.}$$

$$R_r = 0,366 \cdot \frac{150}{99,8} \cdot \lg \frac{2 \cdot 99,8^2}{0,04 \cdot 0,62} = 0,435 \text{ Ом.}$$

По таблицям коефіцієнт використання горизонтальної смуги дорівнює $\eta_z = 0,32$.

Сумарний опір заземлення з вертикальних електродів визначається по формулі:

$$R_{cv} = R_e / n_e \cdot \eta_y, \quad (5.10)$$

$$R_{cv} = 50,5 / 20 \cdot 0,63 = 4,01.$$

Загальний опір смуги:

$$R_{cv} = R_e / \eta_z, \quad (5.11)$$

$$R_{cz} = 0,435 / 0,32 = 1,36 \text{ Ом}$$

Загальний опір групового заземлювача:

$$R_{з.гп} = R_{cv} \cdot R_{cz} / R_{cv} + R_{cz}, \quad (5.12)$$

$$R_{з.гп} = 4,01 \cdot 1,36 / 4,01 + 1,36 = 1,02 \text{ Ом.}$$

опір групового заземлювача той, що менше вимагається $R_{з.гп} < R_{з.тп}$ $1,02 < 4$, отже вимоги ПУЕ-87 виконані.

ВИСНОВОК

У результаті виконання даної дипломної роботи було розроблено комплексне інженерне рішення з опалення та вентиляції автомобільного паркінгу, розташованого в місті Хмельницький. Проектування систем здійснювалося з урахуванням діючих нормативних документів, санітарно-гігієнічних вимог, вимог енергоефективності та безпеки експлуатації.

На початковому етапі було проведено теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій, що дозволило визначити їх тепловий опір та вплив на загальні тепловтрати будівлі. Далі виконано детальний розрахунок теплових надходжень та тепловтрат із урахуванням кліматичних умов, особливостей розташування та режиму експлуатації паркінгу. На підставі отриманих даних було складено таблицю теплового балансу, яка стала основою для подальших інженерних розрахунків.

Було визначено необхідні повітрообміни для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату, складено таблицю повітряного балансу та виконано розрахунок повітророзподілу. З метою забезпечення оптимальної роботи вентиляційних систем здійснено аеродинамічний розрахунок припливної та витяжної мереж, що дозволило правильно підібрати діаметри повітроводів, параметри вентиляторів та інші елементи систем.

Паралельно було проведено тепловий та гідравлічний розрахунки системи опалення, що забезпечило коректний підбір діаметрів трубопроводів, кількості та потужності опалювальних приладів, а також визначення оптимальної схеми прокладання мереж. Для реалізації проєктних рішень виконано підбір основного технологічного обладнання, включаючи калорифери, вентилятори, автоматику керування та запірно-регулювальну арматуру.

Окремий розділ роботи присвячено питанням охорони праці та техніки безпеки при монтажі та експлуатації систем опалення і вентиляції. Розроблені заходи спрямовані на зниження виробничих ризиків, запобігання аварійним

ситуаціям, створення безпечних умов праці для монтажників та обслуговуючого персоналу.

Таким чином, у процесі виконання дипломної роботи були виконані всі необхідні інженерні розрахунки та розроблені комплексні технічні рішення, що забезпечують надійну, ефективну та безпечну роботу систем опалення та вентиляції автомобільного паркінгу, відповідно до вимог нормативів та сучасних стандартів енергоефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна».
2. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».
3. СНіП 3.05.01-85* «Внутрішні санітарно-технічні системи».
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».
5. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
6. ДБН В.2.2-15-2005 «Будинки і споруди. Житлові будинки».
7. Zhuvahina, I. (2026, April). Strategic transformation of the Ukrainian peat industry: from state-owned stagnation to private-sector modernization. In *Імперативи економічного зростання в контексті реалізації Глобальних цілей сталого розвитку*. Київський національний університет технологій та дизайну.
8. ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи».
9. ДСТУ Б А.2.4-41:2009 «Система проєктної документації для будівництва. Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря. Робочі креслення».
10. «Курсове і дипломне проєктування з вентиляції громадських і промислових будівель» В. П. Титов, Е. В. Сазонов, Ю. С. Краснов, В. І. Новожилов. Київ, 2022 р.
11. Довідник проєктувальника. Внутрішні санітарно-технічні пристрої. Частина І. «Опалення» В.М. Богословський, Б.А.Крупнов, А.М.Сканаві, під редакцією І. Г. Староверова та Ю. І. Шиллера. Київ, 2000 р.
12. Каталог алюмінієвих радіаторів GLOBAL.
13. Довідник з теплопостачання і вентиляції. Підручник 1-й. Р. В. Щокін, С. М. Кореневський, Г. Е. Беєм. Київ, 2022 р.
14. Каталог фірми RENAУ «Трубопровідна система RAUTITAN для водопровідної і радіаторного розведення».
15. Жувагіна, І. О., & Замарайкіна, Т. С. (2022). Потенціал торговельного підприємства: загальнонаукові підходи до формування та реалізації.
16. Каталог фірми Danfoss «Радіаторні терморегулятори RTD».
17. Каталог фірми Grundfos «Циркуляційні насоси серії 2000».
18. Жувагіна, І. О. (2021). Тенденції інноваційного розвитку соціально-натованої економіки країни.

19. Каталог фірми Арктос «Пристрої для подачі і видалення повітря».
20. Каталог фірми Арктика «Повітроводи і фасонні вироби».
21. Каталог фірми Арктика «Обладнання для систем вентиляції».
22. Murashko, O ., Havrylyuk, R., Zhuvahina, I., Chornovol, A., & Andriyenko, M. (2021). Economic and legal aspects of EU insurance market development.
23. Каталог фірми Remak «Блоки для кондиціонування повітря AeroMassterNT».
24. Каталог фірми Remak «Водяні обігрівачі з регулюючою арматурою»
25. Iryna, Z. (2022, June). WAR IN UKRAINE AND ITS ECONOMIC CONSEQUENCES. In *The 12 th International scientific and practical conference “International scientific innovations in human life”(June 8-10, 2022) Cognum Publishing House, Manchester, United Kingdom. 2022. 991 p. (p. 843).*
26. ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об’єктів будівництва».
27. Zhuvahina, I., Naumenko, V., & Naumenko, M. (2017). THE STATE OF DIGITALIZATION OF UKRAINE'S ECONOMY ON THE PATH TO EUROPEAN INTEGRATION.
28. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення».