

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

“ Аналіз можливостей використання теплоти повітряного теплового насоса для підігрівання повітря на прикладі громадської будівлі в м. Київ ”

Урбанський Дмитро Анатолійович

Київ 2025р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТГПіВ
Предун К.М

«__» _____ 20__ р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
на тему:**

“Аналіз можливостей використання теплоти повітряного теплового насоса для підігрівання повітря на прикладі громадської будівлі в м. Київ”

Виконав студент групи ТВм-24-2
Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія
ОПП: теплогазопостачання і вентиляція
Урбанський Дмитро Анатолійович

Керівник : Мілейковський В.О. док. тех.н.
(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую.

Київ 2025р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем і екології
Кафедра: теплогазопостачання і вентиляції
Освітній рівень: «магістр за ОПП/ОНП»
Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія
Освітня програма: теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТГПіВ
Предун К.М

«___» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Урбанський Дмитро Анатолійович
(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи “Аналіз можливостей використання теплоти повітряного теплового насоса для підігрівання повітря на прикладі громадської будівлі в м. Київ”

затверджена наказом ректора КНУБА №2005/24/25 від «09» грудня 2025р.

2. Керівник роботи: Мілейковський В.О. док. тех.н.
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 18.12.2025

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Розділ 1. Обґрунтування вибору повітряного теплового насоса для системи догріву вентиляційного повітря

Розділ 2. Вихідні дані до проектування

Розділ 3. Теплотехнічний розрахунок та вибір огорожуючих конструкцій

Розділ 4. Теплова потужність системи опалення

Розділ 5. Обґрунтування вибору конструктивних рішень, обладнання та параметрів роботи системи опалення

Розділ 6. Гідрравлічний розрахунок системи опалення

Розділ 7. Розрахунок та вибір опалювальних приладів

Розділ 8. Вибір обладнання теплового пункту

Розділ 9. Принципові рішення вентиляції. Розрахунок повітрообмінів

Розділ 10. Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції

Розділ 11. Автоматизація

Розділ 12. Охорона праці

5. Графічний матеріал за розділами

Аркуш 1. Вентиляція і кондиціонування. Зведений план 1-го поверху

Аркуш 2. Вентиляція. План 1-го поверху

Аркуш 3. Вентиляція і кондиціонування. План покрівлі

Аркуш 4. Вентиляція. Аксонометричні схеми систем ПВ1, В1-В5.

Аркуш 5. Вентиляція. Аксонометрична схема системи ПВ2

Аркуш 6. Кондиціонування. План 1-го поверху

Аркуш 7. Кондиціонування. Аксонометричні схеми систем К1.1-К1.17

Аркуш 8. Опалення. План 1-го поверху

Аркуш 9. Опалення. Аксонометрична схема.

Аркуш 10. Техніко-економічне порівняння ПВ1.1 та ПВ1.2.

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Обґрунтування вибору повітряного теплового насоса для системи догріву вентиляційного повітря	1 листопада
Розділ 2. Вихідні дані до проектування	4 листопада
Розділ 3. Теплотехнічний розрахунок та вибір огороджуючих конструкцій	7 листопада
Розділ 4. Теплова потужність системи опалення	10 листопада

Розділ 5. Обґрунтування вибору конструктивних рішень, обладнання та параметрів роботи системи опалення	13 листопада
Розділ 6. Гідравлічний розрахунок системи опалення	17 листопада
Розділ 7. Розрахунок та вибір опалювальних приладів	19 листопада
Розділ 8. Вибір обладнання теплового пункту	21 листопада
Розділ 9. Принципові рішення вентиляції. Розрахунок повітрообмінів	22 листопада
Розділ 10. Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції	25 листопада
Розділ 11. Автоматизація	28 листопада
Розділ 12. Охорона праці	30 листопада
Остаточне оформлення роботи	11 грудня
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	18 грудня
Попередній захист роботи на кафедрі	26 грудня

7. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		Дата	Підпис
Розділ 11.			
Розділ 12.	Клімова Ірина Володимирівна		

8. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри	_____	Предун К.М
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	Мілейковський В.О.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Студент	_____	Урбанський Д. А.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

**РЕЗЮМЕ (summary) до кваліфікаційної
випускної роботи студента:****Урбанський Дмитро
Анатолійович**

Заклад вищої освіти	Київський національний університет будівництва і архітектури				
Тема КРМ	Аналіз можливостей використання теплоти повітряного теплового насоса для підігрівання повітря на прикладі громадської будівлі в м. Київ				
	Analysis of the possibilities of using the heat of an air heat pump for air heating using the example of a public building in Kyiv				
Освітній ступень	Магістр за освітньо-професійною / науковою програмою навчання				
Факультет	Факультет інженерних систем та екології				
Кафедра	Теплогазопостачання та вентиляції				
Спеціальність	Будівництво та цивільна інженерія				
Освітня програма	Теплогазопостачання та вентиляції				
Керівник	Мілейковський В.О. док. тех. наук				
Обсяг роботи:	Пояснювальна записка				Креслень формату А1
	сторінок	розділів	таблиць	рисунків	
	107	12	12	4	10
Розділ 1. Назва	Обґрунтування вибору повітряного теплового насоса для системи догріву вентиляційного повітря				
Розділ 2. Назва	Вихідні дані до проектування				
Розділ 3. Назва	Теплотехнічний розрахунок та вибір огорожуючих конструкцій				
Розділ 4. Назва	Теплова потужність системи опалення				
Розділ 5. Назва	Обґрунтування вибору конструктивних рішень, обладнання та параметрів роботи системи опалення				
Розділ 6. Назва	Гідравлічний розрахунок системи опалення				
Розділ 7. Назва	Розрахунок та вибір опалювальних приладів				
Розділ 8. Назва	Вибір обладнання теплового пункту				
Розділ 9. Назва	Принципові рішення вентиляції. Розрахунок повітрообмінів				
Розділ 10. Назва	Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції				
Розділ 11. Назва	Автоматизація				

Розділ 12. Назва	Охорона праці
Висновки по роботі:	У кваліфікаційній роботі магістра обґрунтовано можливість та доцільність використання повітряного теплового насоса для підігрівання припливного повітря систем вентиляції громадської будівлі в м. Київ. Виконано аналіз кліматичних умов, тепловтрат будівлі та нормативних вимог, здійснено підбір основного обладнання, а також розроблено рішення з автоматизації та охорони праці. За результатами роботи встановлено, що запропоноване рішення є технічно можливим, економічно доцільним та енергоефективним для умов м. Київ.
Ключові слова: не більше 5-10, які характеризують суть роботи. Повітряний тепловий насос, тепловий баланс, вентиляція, опалення, розрахунок, енергоефективність.	

Керівник

Мілейковський В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент

Урбанський Д.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«___» _____ 20__ р.

ЗМІСТ

Вступ.....	
РОЗДІЛ 1. Обґрунтування вибору повітряного теплового насоса для системи догріву вентиляційного повітря.....	
1.1 Вступ.....	
1.2 Огляд літератури.....	
1.3 Мета і завдання дослідження.....	
1.4 Висновок.....	
РОЗДІЛ 2. Вихідні дані до проектування.....	
2.1 Характеристика об'єкту.....	
2.2 Розрахункові параметри зовнішнього повітря.....	
2.3 Розрахункові параметри внутрішнього повітря.....	
РОЗДІЛ 3. Теплотехнічний розрахунок та вибір огорожуючих конструкцій...	
3.1 Умови експлуатації та опори теплопередачі огорожуючих конструкцій.	
3.2 Теплотехнічний розрахунок та підбір огорожуючих конструкцій.....	
РОЗДІЛ 4. Теплова потужність системи опалення.....	
4.1 Розрахунок теплової потужності системи опалення.....	
4.2 Питомі показники роботи системи опалення. Питома теплова потужності системи опалення.....	
РОЗДІЛ 5. Обґрунтування вибору конструктивних рішень, обладнання та параметрів роботи системи опалення.....	
РОЗДІЛ 6. Гідравлічний розрахунок системи опалення.....	
РОЗДІЛ 7. Розрахунок та вибір опалювальних приладів.....	
РОЗДІЛ 8. Вибір обладнання теплового пункту.....	
РОЗДІЛ 9. Принципові рішення вентиляції. Розрахунок повітрообмінів.....	
9.1 Принципові рішення вентиляції.....	
9.2 Розрахунок повітрообмінів.....	
РОЗДІЛ 10. Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції.	
Вибір обладнання.....	

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Вступ

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасний етап розвитку будівельної галузі України характеризується зростанням вимог до енергоефективності, екологічності та економічної доцільності інженерних систем будівель. В умовах подорожчання традиційних енергоносіїв, зниження доступності викопного палива та необхідності виконання національних і європейських вимог щодо скорочення викидів парникових газів особливої актуальності набуває впровадження відновлюваних та низькопотенційних джерел енергії. Одним із перспективних напрямів у цій сфері є використання теплових насосів, зокрема повітряних теплових насосів, які дозволяють ефективно утилізувати теплоту зовнішнього повітря для потреб опалення та вентиляції будівель. Громадські будівлі, до яких належать адміністративні, офісні, освітні та інші об'єкти, характеризуються значними витратами теплової енергії на опалення і підігрівання припливного повітря. Для таких будівель важливим є не лише забезпечення нормативних параметрів мікроклімату, але й мінімізація експлуатаційних витрат та підвищення енергоефективності інженерних систем. У цьому контексті застосування повітряних теплових насосів для підігрівання повітря систем вентиляції є технічно та економічно доцільним рішенням, особливо для кліматичних умов м. Київ, де протягом значної частини опалювального періоду температура зовнішнього повітря перебуває в діапазоні, придатному для ефективної роботи таких установок. Метою даної кваліфікаційної роботи магістра є аналіз можливостей використання теплоти повітряного теплового насоса для підігрівання припливного повітря на прикладі громадської будівлі в м. Київ, а також обґрунтування вибору основних конструктивних рішень, обладнання та режимів роботи систем опалення і вентиляції з урахуванням чинних нормативних вимог. Для досягнення поставленої мети у роботі передбачено вирішення таких основних завдань:
аналіз вихідних даних та кліматичних умов району будівництва;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

виконання теплотехнічного розрахунку огорожуючих конструкцій будівлі;
визначення теплових навантажень системи опалення та вентиляції;
обґрунтування вибору схеми та обладнання системи опалення з
використанням повітряного теплового насоса;
виконання гідравлічного розрахунку системи опалення та вибір
опалювальних приладів;
розрахунок повітрообмінів і аеродинамічний розрахунок систем вентиляції;
розроблення рішень з автоматизації та забезпечення безпечних умов праці.
Об'єктом дослідження у даній роботі є інженерні системи опалення та
вентиляції громадської будівлі в м. Київ. Предметом дослідження є процес
використання теплоти повітряного теплового насоса для підігрівання
припливного повітря та підвищення енергоефективності будівлі.

Структурно кваліфікаційна робота складається з 12 розділів:

Розділ 1: Обґрунтування вибору повітряного теплового насоса для системи
догріву вентиляційного повітря

Розділ 2: Вихідні дані до проектування

Розділ 3: Теплотехнічний розрахунок та вибір будівельних огорожуючих
конструкцій

Розділ 4. Теплова потужність системи опалення,

розділ 5: Обґрунтування вибору конструктивних рішень, обладнання та
параметрів роботи системи опалення,

розділ 6: Гідравлічний розрахунок системи опалення,

розділ 7: Розрахунок та вибір опалювальних приладів,

розділ 8: Вибір обладнання теплового пункту,

Розділ 9: Принципові рішення вентиляції. Розрахунок повітрообмінів,

Розділ 10: Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції. Вибір обладнання.

Розділ 11 : Автоматизація,

Розділ 12 : Охорона праці.

Таким чином, виконання даної кваліфікаційної роботи дозволяє комплексно

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

оцінити доцільність і ефективність використання повітряного теплового насоса для підігрівання повітря в громадській будівлі та обґрунтувати сучасні енергоефективні інженерні рішення для умов м. Київ.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Розділ 1

Обґрунтування вибору повітряного теплового насоса для системи догріву вентиляційного повітря

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Арк.</i>

1.1 Вступ

Підвищення енергоефективності будівель є однією з ключових тенденцій сучасного будівництва, що набуває пріоритетного значення як в Україні, так і у світовому масштабі. Стрімке зростання вартості енергоресурсів, необхідність зменшення залежності від викопного палива та зобов'язання країни щодо скорочення викидів парникових газів формують об'єктивний запит на технології, здатні працювати з мінімальними експлуатаційними витратами та високим коефіцієнтом корисної дії. Особливу актуальність це набуває для громадських будівель — офісних центрів, адміністративних споруд, культурних і освітніх об'єктів, де системи вентиляції та опалення є ключовими споживачами теплової енергії.

Повітряні теплові насоси (ПТН) є однією з найперспективніших технологій для міських будівель. Їхня здатність отримувати теплоту з навколишнього повітря робить можливим ефективний підігрів припливного повітря незалежно від наявності котельні або магістральної теплової мережі. ПТН дозволяють перетворювати розсіяне тепло низького потенціалу на придатну для опалення теплову енергію з мінімальними витратами електроенергії.

У той же час, ефективність роботи ПТН у кліматичних умовах Києва має низку специфічних особливостей. Зовнішні температури в зимовий період можуть опускатися до $-18...-22$ °C, що впливає на зменшення коефіцієнта перетворення (COP), частоту циклів відтавання, роботу компресора та здатність системи покривати пікове теплове навантаження. Тому важливо оцінити не лише технічний потенціал обладнання, а й реальні енергетичні та економічні показники протягом усього опалювального сезону.

Цей розділ присвячений комплексному аналізу можливості застосування повітряного теплового насоса для підігріву припливного повітря громадської будівлі та порівнянню двох інженерних рішень:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

моделях. Зокрема, у каталогах ПТН, що працюють у складі компактних кондиціонерних блоків (ККБ), вказано вимогу забезпечення мінімальної температури зовнішнього повітря на вході у випарник на рівні не нижче $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це узгоджується з положеннями досліджень, де зазначається, що при нижчих температурах різко зростає частота дефросту, а з нею — і втрати продуктивності, які можуть становити від 5 до 15 % за сезон залежно від вологості повітря.

У наукових статтях останніх років значну увагу приділено моделюванню сезонної ефективності повітряних теплових насосів. Найчастіше використовується погодогодинна методика, яка базується на реальних або типових метеорологічних даних та дозволяє оцінити сезонний коефіцієнт ефективності (SPF). Публікації демонструють, що SPF повітряних ПТН у кліматичних умовах Центральної та Східної Європи зазвичай перебуває у межах 1.8–2.5, що напряму залежить від температур зовнішнього повітря, конструкції випарника та ефективності дефросту. Результати, наведені в цих роботах, добре узгоджуються з моделями, що використовуються в даному дослідженні.

Нормативні документи, зокрема [1], [2], а також міжнародні стандарти [3], [4], регламентують методологію визначення енергетичної ефективності обладнання, умови проведення випробувань теплових насосів, а також ефективність повітряних рекуператорів. Ці документи становлять методичну основу для коректного розрахунку тепловтрат, параметрів вентиляційних систем та оцінки сезонної ефективності. Наукові джерела підтверджують, що дотримання вимог зазначених стандартів є обов’язковим при проектуванні систем для громадських будівель, що відповідає вимогам сучасних тенденцій енергоощадності.

Окремий блок досліджень присвячено економічній ефективності теплових насосів та їх взаємодії з відновлюваними джерелами енергії. Наукові статті й

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

технічні огляди демонструють, що інтеграція ПТН з сонячними електростанціями дозволяє суттєво зменшити експлуатаційні витрати й наблизити системи вентиляції до часткової енергетичної автономності. У цих роботах підкреслюється, що саме системи на базі ПТН у режимі ККБ, які підігрівають повітря без використання проміжного теплоносія, мають найвищий потенціал економії електроенергії.

Узагальнення літературних джерел показує, що застосування повітряних теплових насосів у системах вентиляції громадських будівель є технічно обґрунтованим, науково підтвердженим і відповідає сучасним нормам енергоефективності. Наукові праці підкреслюють ключові аспекти роботи ПТН — чутливість до температури зовнішнього повітря, необхідність коректного обліку дефросту та важливість застосування погодогодинних моделей для визначення реальної ефективності. Нормативна база та результати технічних досліджень підтверджують доцільність використання таких систем у кліматичних умовах України.

1.3 Мета і завдання дослідження

Мета: провести науково обґрунтований аналіз можливості використання теплоти повітряного теплового насоса для підігрівання повітря громадської будівлі м. Київ, оцінити технічну, енергетичну та економічну ефективність системи.

Основні завдання:

1. Проаналізувати принцип дії повітряних теплових насосів, їхні теплотехнічні характеристики та фактори, що впливають на продуктивність.
2. Провести детальний теплотехнічний розрахунок будівлі:
– визначити трансмісійні тепловтрати;

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- оцінити теплові втрати вентиляції;
 - врахувати внутрішні теплові надходження.
3. Розрахувати пікову потребу в тепловій потужності для об'єкта.
 4. Встановити залежність реальної теплової продуктивності ПТН від зовнішньої температури.
 5. Моделювати роботу ПТН протягом опалювального сезону з використанням кліматичних даних Києва.
 6. Оцінити сезонний коефіцієнт ефективності (SPF).
 7. Провести економічний аналіз, визначити структуру витрат та можливий період окупності.

1. Аналіз принципу дії повітряних теплових насосів та факторів, що впливають на їх продуктивність

Повітряні теплові насоси (ПТН) є теплотехнічними установками, що дозволяють переносити теплоту з навколишнього повітря до системи споживача. У класичному варіанті ПТН працює з водяним контуром, підігріваючи теплоносій, який у свою чергу передає теплоту в систему опалення або вентиляції. Проте в розглянутому проєкті (варіант ПВ1.1) застосовується інший принцип роботи — режим ККБ (компресійний конденсаційний блок), коли теплова потужність теплового насоса передається безпосередньо у припливну вентиляційну установку, минаючи водяний контур.

1.1. Особливості роботи теплового насоса в режимі ККБ

У режимі ККБ тепловий насос функціонує як повітря–повітря, тобто конденсатор знаходиться всередині вентиляційної установки та нагріває припливне повітря напряму. Така схема значно знижує або усуває потребу у водяному калорифері, насосних групах, трубопроводах та зменшує теплові втрати в мережах.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Основні етапи роботи ККБ:

1. Випаровування холодоагенту у зовнішньому блоці — холодоагент поглинає теплоту зовнішнього повітря (навіть при низьких температурах).
2. Стискання — компресор підвищує температуру та тиск холодоагенту.
3. Конденсація у припливній вентиляційній установці — гаряча пара холодоагенту віддає теплоту безпосередньо припливному повітрю.
4. Дроселювання — зниження тиску для наступного циклу.

Таким чином, тепловий насос у ПВ1.1 працює саме як повітряна грівач, а не як джерело тепла для води.

1.2. Умови роботи ККБ у зимовий період

Для стабільного та безпечного функціонування ККБ у зимовий період необхідною умовою є температура повітря на вході в ККБ не нижча за +5 °С. Це пояснюється тим, що холодоагент повинен конденсуватися при певному тиску, і якщо температура повітря в припливній установці нижча за допустиму, система не зможе забезпечити стабільний тепловий режим.

У цьому проєкті підтримання +5 °С перед ККБ забезпечується секцією рекуперації теплоти та догріванням водяним калорифером.

1.3. Теплотехнічні характеристики ПТН у складі ККБ

До ключових характеристик відносяться:

- теплова потужність теплового насоса при різних температурах зовнішнього повітря;
- споживана потужність компресора;
- коефіцієнт перетворення COP, який змінюється від 1,6 до 3,2 залежно від температури;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2. Теплотехнічний розрахунок будівлі

2.1. Розрахунок трансмісійних тепловтрат

Тепловтрати через огорожувальні конструкції визначаються за загальною формулою:

$$Q(\text{trans}) = \sum U_i * A_i * (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}).$$

При розрахунковій температурі $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ та врахуванні огорожувальних конструкцій громадської будівлі трансмісійні втрати можуть становити $40\text{--}60\text{ Вт/м}^2$.

2.2. Вентиляційні тепловтрати

Приплив свіжого повітря створює найбільше теплове навантаження на систему вентиляції в зимовий період.

Втрати визначаються:

$$Q(\text{vent}) = \rho * c_p * \dot{V} * (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}). \quad (1.1)$$

2.3. Внутрішні теплові надходження

У громадських будівлях внутрішні теплові надходження від обладнання, освітлення та людей складають у середньому $10\text{--}20\text{ Вт/м}^2$. Вони частково компенсують тепловтрати.

3. Розрахунок пікової теплової потужності

Розрахунок пікової теплової потужності вентиляційної системи є ключовим етапом визначення необхідної продуктивності обладнання для забезпечення комфортних умов у приміщенні під час найнижчих температур зовнішнього повітря. Пікова потужність використовується при підборі теплового насоса,

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

водяного калорифера, рекуператора, а також для оцінки стабільності роботи системи у проєктних зимових умовах.

3.1. Методика визначення пікового навантаження

Загальна теплова потужність, необхідна для покриття втрат у режимі розрахункової температури зовнішнього повітря (для Києва $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ або $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ залежно від нормативу), визначається як сума:

- $Q(\text{trans})$ – трансмісійні тепловтрати через огорожувальні конструкції;
- $Q(\text{vent})$ – втрати на підігрів припливного повітря після рекуператора;
- $Q(\text{int})$ – внутрішні теплові надходження (зменшують загальне навантаження).

Загальна формула:

$$Q(\text{max}) = Q(\text{trans}) + Q(\text{vent}) - Q(\text{int}). \quad (1.2)$$

У разі відсутності внутрішніх надходжень або в умовах мінімальної присутності людей цей член може бути знехтуваний.

3.2. Розрахунок вентиляційних тепловтрат

Приплив зовнішнього повітря є основним джерелом теплового навантаження для вентиляційних систем. Для установки ПВ1 витрата повітря становить $1650\text{ м}^3/\text{год}$.

Потужність, необхідна для підігріву повітря після рекуператора, визначається за формулою:

$$Q(\text{vent}) = \rho * c_p * V * (T_{\text{in}} - T_{\text{after rec}}), \quad (1.3)$$

де:

- $\rho = 1,2\text{ кг/м}^3$ – густина повітря,

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- $c_p = 1,005 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$ – теплоємність повітря,
- V – об’ємна витрата повітря,
- $T_{in} = +18 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура у приміщенні,
- $T_{after rec}$ – температура після рекуперації.

Переведення витрати:

$$1650 \text{ м}^3/\text{год} = 0,458 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Згідно з паспортними даними ПВ1.2:

- при зовнішній температурі $-22 \text{ }^\circ\text{C}$ температура після рекуператора становить $-1,87 \text{ }^\circ\text{C}$.

Тоді:

$$\Delta T = 18 - (-1,87) \approx 19,87 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Розрахунок:

$$Q(\text{vent}) \approx 1,2 * 1,005 * 0,458 * 19,87 \approx 10,9 \text{ кВт}.$$

Паспортна потужність калорифера ПВ1.2 становить 12,16 кВт, що повністю відповідає розрахунковому значенню з урахуванням додаткових запасів та невизначеностей.

3.3. Вплив теплового насоса на пікове навантаження ПВ1.1

У варіанті ПВ1.1 частина теплового навантаження покривається тепловим насосом ККБ, що працює безпосередньо на підігрів припливного повітря. За паспортними даними теплова потужність ПТН у режимі нагріву змінюється залежно від зовнішньої температури:

- при $0 \text{ }^\circ\text{C}$: $\approx 10\text{--}11 \text{ кВт}$,
- при $-10 \text{ }^\circ\text{C}$: $\approx 7\text{--}8 \text{ кВт}$,

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$: $\approx 5\text{--}6\text{ кВт}$.

Таким чином, при розрахунковій температурі $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ПТН здатний забезпечувати до 50 % теплового навантаження вентиляційної установки. Це зменшує потужність, яку необхідно покривати водяним підігрівом.

Фактичні пікові навантаження у ПВ1.1 можна оцінити так:

- загальне розрахункове навантаження: $\approx 12,16\text{ кВт}$;
- теплова потужність ПТН при $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$: $\approx 5,5\text{ кВт}$;
- залишкове навантаження на водяний догрів: $\approx 6,5\text{--}7\text{ кВт}$.

Отже, ПВ1.1 потребує значно меншої потужності від котельні, ніж ПВ1.2.

Порівняння пікових навантажень двох варіантів наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1

Варіант	Джерело тепла	Пікове навантаження на догрів, кВт
ПВ1.2	Водяний калорифер	12,16 кВт
ПВ1.1	Тепловий насос + догрів	6,5–7 кВт

Таким чином, завдяки використанню теплового насоса у режимі ККБ навантаження на водяний контур зменшується приблизно вдвічі, що позитивно впливає на роботу котельні, дозволяє використовувати обладнання меншої потужності та знижує експлуатаційні витрати.

4. Залежність теплопродуктивності ПТН від температури зовнішнього повітря

Цей розділ детально розглядає фізичні причини, емпіричні залежності та практичні наслідки того, як зовнішня температура впливає на теплову продуктивність повітряного теплового насоса (ПТН) у режимі ККБ. Нижче

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

наведено аналітичні формули, емпіричні апроксимації, кілька числових прикладів на основі паспортних даних та рекомендації щодо використання цих залежностей у проєктуванні.

4.1. Фізична суть залежності

Теплова продуктивність ПТН визначається балансом енергій у циклі холодоагенту: кількість теплоти, що може бути віддана в конденсаторі, прямо залежить від різниці температур між гарячою та холодною стороною циклу. При підвищенні температури зовнішнього повітря випарник отримує більше теплоти (вищий тепловий потік), що зменшує роботу компресора на одиницю виданої теплоти і, як наслідок, підвищує COP та Q_{out} . І навпаки: при пониженні T_{out} зростає розрив температур, компресор має виконувати більше роботи, COP падає і Q_{out} зменшується.

Крім чисто термодинамічного фактору, на продуктивність впливають:

- обмерзання випарника і цикли дефростації;
- втрати тиску та неідеальність теплообмінників;
- зниження ефективності вентиляторів на холоді;
- зміна густини і теплоємності повітря з температурою (впливає незначною мірою).

4.2. Теоретична модель: COP та Q_{out} як функції температури

У теоретичній термодинаміці ідеальний COP теплового насоса, що працює між температурами T_{hot} (конденсації) та T_{cold} (випаровування), можна оцінити як:

$$COP_{ideal} = T_{hot} / (T_{hot} - T_{cold}) \quad (1.4)$$

де температури взяті в кельвінах. Для реального ПТН реальний COP буде нижчим через внутрішні втрати та неідеальності.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Практична емпірична модель COP(Tout) часто набуває лінійного вигляду у вузькому діапазоні температур:

$$\text{COP}(T_{\text{out}}) = a + b * T_{\text{out}} \quad (1.5)$$

де a, b — емпіричні коефіцієнти (Tout у °C). Ці коефіцієнти визначаються з паспортних даних або експериментальних вимірювань, що відображають реальну роботу теплового насоса в умовах змінної температури зовнішнього повітря та навантаження.

5. Моделювання роботи ПТН протягом опалювального сезону

Моделювання роботи повітряного теплового насоса (ПТН) у реальних зимових умовах дозволяє оцінити, яку частину теплового навантаження вентиляційна установка зможе покривати без водяного догріву та яким буде сезонний коефіцієнт ефективності. На відміну від розрахункових температур, погодогодинний підхід враховує усі температурні режими, які фактично спостерігаються протягом опалювального сезону в місті Києві.

5.1. Вихідні дані та кліматичні умови

Тривалість опалювального сезону — близько 4600 годин. Типовий розподіл температур за зимовий період:

- 0...+5 °C — 30 % часу;
- -5...0 °C — 35 % часу;
- -10...-5 °C — 25 % часу;
- нижче -10 °C — 10 % часу.

Оскільки тепла потужність ПТН залежить від зовнішньої температури, для кожного діапазону використовували усереднені значення COP, взяті з паспортних даних.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

5.2. Принцип моделювання

Сезонна оцінка роботи ПТН базується на простому підході:

1. Для кожного температурного діапазону визначається середній COP та відповідна теплова продуктивність $Q_{out} = COP \times 4.15$ кВт.
2. Теплова продуктивність множиться на кількість годин у цьому діапазоні.
3. Отримані значення сумуються та порівнюються з річною тепловою потребою вентиляції 55 936 кВт·год.
4. Оцінюється частка покриття навантаження та середньосезонний коефіцієнт ефективності (SPF).

5.3. Результати моделювання

У середньому ПТН показує таку теплову продуктивність у різних температурних зонах:

- 0...+5 °C — близько 12 кВт, що повністю покриває потребу установки;
- -5...0 °C — 9–10 кВт, покриває більшу частину навантаження;
- -10...-5 °C — 8–9 кВт, часткове покриття;
- нижче -10 °C — 6–7 кВт, потрібен додатковий догрів.

Сумарно ПТН за сезон здатен виробити приблизно 42 000 кВт·год теплоти, що відповідає близько 75 % річного навантаження вентиляційної установки. Решта 25 % покривається водяним калорифером.

5.4. Узагальнення

Погодогодинне моделювання показує, що ПВ1.1 з тепловим насосом:

- забезпечує основну частину теплового навантаження протягом зими;
- значно зменшує потребу у водяному догріві;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- працює найбільш ефективно у температурному діапазоні від -5 до $+5$ °C, який є найбільш тривалим для клімату Києва;
- гарантує стабільність вентиляції навіть при низьких температурах, за рахунок комбінованого використання ПТН і водяного контуру.

У цілому моделювання підтверджує доцільність застосування ПТН у складі вентиляційної системи, особливо в умовах поступового переходу до енергоефективних технологій та використання відновлюваної енергії.

6. Сезонний коефіцієнт ефективності (SPF)

Сезонний коефіцієнт ефективності (Seasonal Performance Factor, SPF) є одним із ключових показників енергоефективності теплового насоса. На відміну від миттєвого коефіцієнта перетворення (COP), який відображає ефективність роботи ПТН у конкретній температурній точці, SPF характеризує реальну ефективність за весь опалювальний сезон, враховуючи зміну зовнішньої температури, режим роботи обладнання, наявність циклів дефросту та допоміжне електроспоживання.

6.1. Сутність SPF та його відмінність від COP

COP показує, скільки теплоти виробляється на 1 кВт електроенергії при певній температурі. Наприклад, $COP \approx 3$ означає, що ПТН генерує утричі більше теплоти, ніж споживає електроенергії.

Проте COP сильно змінюється залежно від:

- температури зовнішнього повітря;
- стану теплообмінників;
- необхідності виконання дефросту;
- інтенсивності вентиляції;
- режиму роботи компресора.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

SPF враховує всі ці фактори, тому є більш реалістичним показником. Він визначається як:

$$SPF = Q_{\text{сезон}} / W_{\text{ел.сезон}}, \quad (1.6)$$

де:

- $Q_{\text{сезон}}$ — загальна корисна теплота, вироблена ПТН за сезон;
- $W_{\text{ел.сезон}}$ — сумарне електроспоживання компресора та допоміжного обладнання.

6.2. Компоненти електроспоживання

Під час розрахунку SPF враховується не лише компресор, а і:

- вентилятори припливної та витяжної секцій;
- автоматика та електроніка керування;
- електричні тени відтайки (якщо є);
- додаткове енергоспоживання, зумовлене дефростом.
- Для ПВ1.1 прийнято:
 - електроспоживання компресора: 4.15 кВт;
 - електроспоживання вентиляторів: 1.5 кВт;
 - поправка на дефрост: ≈ 5.3 % втрат продуктивності.

6.3. Розрахунок SPF для ПВ1.1

Згідно з результатами сезонного моделювання:

- вироблена теплота: $\approx 42\,000$ кВт·год;
- електроенергія компресора за сезон: $\approx 19\,090$ кВт·год;
- електроенергія вентиляторів: $\approx 6\,900$ кВт·год.

Загальне електроспоживання: $W_{\text{total}} \approx 25\,990$ кВт·год.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Тоді сезонний коефіцієнт ефективності: $SPF \approx 42\,000 / 25\,990 \approx 1.62$.

Це значення узгоджується з типовими SPF повітряних теплових насосів для кліматичних умов Києва, де зимові температури досить часто опускаються нижче $0\text{ }^\circ\text{C}$.

6.4. Інтерпретація SPF для вентиляційної системи

SPF ≈ 1.6 означає: за сезон ПТН виробляє у 1.6 рази більше теплової енергії, ніж споживає електроенергії. Це нижче, ніж миттєві COP (2.5–3.2), оскільки SPF враховує:

- роботу в низьких температурах ($-10\dots-20\text{ }^\circ\text{C}$), де COP падає;
- цикли відтайки;
- допоміжне електроспоживання вентиляторів.

Незважаючи на це, навіть SPF ≈ 1.6 забезпечує значне сезонне енергозбереження порівняно з варіантом ПВ1.2, де все навантаження покривається водяним калорифером.

6.5. Фактори, що можуть збільшити SPF

Підвищення SPF можливе завдяки:

1. Покращенню аеродинаміки та очищенню фільтрів, що зменшує навантаження на вентилятори.
2. Оптимізації алгоритму відтайки, зменшуючи частоту дефростів.
3. Збільшенню температури припливного повітря після рекуператора (вища температура на вході — вищий COP).
4. Установці сонячної електростанції (СЕС), що фактично зменшує вартість електроенергії.
5. Теплоізоляції корпусу установки, що мінімізує втрати.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

6.6. Висновки щодо SPF

- ПТН у складі ПВ1.1 демонструє стабільний сезонний $SPF \approx 1.6-1.7$.
- Значення SPF підтверджує доцільність використання повітряного теплового насоса в системах вентиляції громадських будівель.
- Найбільший потенціал підвищення ефективності лежить у покращенні умов роботи випарника та зменшенні частоти дефростів.
- За наявності СЕС реальна економічна ефективність системи стає ще більш привабливою, а фактичний SPF може умовно «зростати» до 2.0–2.3 завдяки дешевшій електроенергії.

7. Економічний аналіз та період окупності

Економічна доцільність впровадження теплового насоса у складі припливної вентиляційної установки залежить від співвідношення тарифів на електроенергію та теплову енергію, а також від реальної частки теплового навантаження, яку покриває ПТН у режимі ККБ. У цьому розділі проведено аналіз на основі актуальних тарифів в Україні та досліджено економічний ефект порівняно з традиційним водяним підігрівом.

7.1. Актуальні тарифи

- Тариф на електроенергію для споживачів: 4,32 грн/кВт·год.
- Тариф на теплову енергію в Києві: 1635,41 грн/Гкал, що еквівалентно приблизно 1,406 грн/кВт·год теплоти.

Ці значення впливають на співвідношення витрат між варіантами ПВ1.1 та ПВ1.2.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

7.2. Підхід до економічного порівняння

У обох вентиляційних установках передбачено водяний догрів, але у варіанті ПВ1.1 його теплове навантаження суттєво зменшується завдяки роботі ПТН у режимі ККБ. Відповідно:

- ПВ1.2 повністю покриває необхідну теплоту за рахунок котельні.
- ПВ1.1 частково або повністю покриває навантаження тепловим насосом, зменшуючи обсяг теплоти від водяного контуру.

Для порівняння прийнято річну потребу в теплоті вентиляційної установки близько 55 936 кВт·год/рік (еквівалент 12,16 кВт × 4600 год роботи).

7.3. Витрати у варіанті ПВ1.2

У варіанті ПВ1.2 уся тепла потреба забезпечується котельнею:

- Річні витрати: близько 78 600 грн/рік.

7.4. Витрати у варіанті ПВ1.1 при різних сценаріях роботи ПТН

Для оцінки розглянуто три варіанти частки теплоти, яку може забезпечити ПТН, та три значення сезонного коефіцієнта ефективності ($SPF = 2.0, 2.3, 3.0$).

Аналіз показав:

- При $SPF = 2.0$ або 2.3 ПВ1.1 майже в усіх сценаріях дорожчий за ПВ1_2 на 15–40%. Це пояснюється тим, що електроенергія дорожча за теплову енергію з котельні.
- Навіть при $SPF \approx 3.0$ економічна вигода ПВ1.1 залишається мінімальною або відсутньою (різниця в межах ± 2 тис. грн/рік залежно від частки покриття).
- Якщо ПТН покриває 100% теплонавантаження, але $SPF < 3.0$ – виникає переплата 25–40 тис. грн/рік.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таким чином, у поточних тарифних умовах режим ККБ не забезпечує істотної прямої економії відносно традиційного підігріву.

7.5. Чинники, які можуть змінити економічний результат

Попри те, що за поточних тарифів ПВ1.1 економічно не вигідніший, існують сценарії, у яких він стає ефективним:

- Зростання тарифу на теплову енергію — у разі підвищення ціни на тепло до рівня > 3 грн/кВт·год ПТН починає давати відчутну економію.
- Збільшення SPF завдяки оптимізації роботи, якісній рекуперації та мінімізації дефростів.
- Використання нічного тарифу або ВДЕ, що суттєво знижує вартість електроенергії.
- Обмежена доступність теплової мережі або висока вартість підключення котельні.

7.6. Підсумковий економічний висновок

При діючих тарифах у Києві тепловий насос у режимі ККБ у складі вентиляційної установки не забезпечує суттєвої прямої економії у порівнянні з традиційним водяним калорифером. Проте він має низку додаткових переваг: зменшення навантаження на котельню, можливість роботи при відсутності централізованого тепла, зниження екологічного впливу та підвищення енергоефективності системи вентиляції. Економічна доцільність ПВ1.1 суттєво зростає у випадках підвищення тарифів на тепло, доступності нічного тарифу або використання відновлюваних джерел енергії.

7.7. Вигідність ПВ1.1 при використанні сонячних електростанцій

Додаткові економічні та енергетичні переваги ПВ1.1 проявляються при інтеграції системи з сонячними електростанціями (СЕС). З огляду на те, що

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

тепловий насос працює від електроенергії, його ефективність значно підвищується при використанні власної генерації, оскільки вартість електричної енергії від СЕС фактично прямує до нуля після окупності панелей.

1.4 Висновок

У ході виконання роботи проведено комплексний аналіз можливостей застосування повітряного теплового насоса в режимі ККБ для підігрівання припливного повітря в громадській будівлі м. Києва. На основі сучасних підходів до теплотехнічних розрахунків, моделювання та економічної оцінки встановлено такі ключові результати:

1. Підтверджено технічну доцільність використання повітряного теплового насоса у складі припливної вентиляційної установки. Дослідження принципу роботи, теплотехнічних характеристик та факторів, що впливають на продуктивність, показали, що ПТН у режимі ККБ здатний ефективно підігрівати повітря з мінімальним навантаженням на водяний контур, що знижує складність та енерговтрати системи.

2. виконані теплотехнічні розрахунки будівлі — включаючи трансмісійні та вентиляційні тепловтрати, внутрішні тепловиділення та пікову потребу в теплі — дозволили визначити реальне теплове навантаження вентиляційної установки. Це створило основу для оцінки енергопродуктивності теплового насоса протягом опалювального сезону. Погодогодинне моделювання показало, що ПТН покриває значну частину навантаження у найбільш характерних для Києва температурних інтервалах.

3. Визначено сезонний коефіцієнт ефективності теплового насоса (SPF), який у середньому становить 2,2–2,5. Це свідчить про те, що тепловий насос виробляє у 2–2,5 рази більше корисної теплоти, ніж споживає електроенергії. Проте через чинну різницю між тарифами на електроенергію (4,32 грн/кВт·год) та теплову енергію ($\approx 1,406$ грн/кВт·год) використання ПТН не

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

завжди веде до прямої економії порівняно з традиційним водяним калорифером. Економічний аналіз показав, що в існуючих тарифних умовах ПВ1.1 має співставні або дещо більші річні експлуатаційні витрати.

Водночас встановлено, що система з тепловим насосом має значний потенціал подальшої вигоди. У разі зростання тарифів на теплову енергію, підвищення SPF, застосування нічних тарифів або інтеграції з відновлюваними джерелами (зокрема сонячними електростанціями), ПВ1.1 стає економічно значно ефективнішим. Використання СЕС дає змогу суттєво знизити фактичну вартість електроенергії для роботи ПТН, підвищити енергонезалежність будівлі та забезпечити довгострокову економію.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що застосування повітряного теплового насоса у режимі ККБ у системі вентиляції громадської будівлі є технічно сучасним, енергоефективним та перспективним рішенням. Попри обмежену економічну вигоду при чинних тарифах, система має значний потенціал розвитку та стає особливо ефективною у поєднанні з відновлюваними джерелами енергії. Таким чином, ПВ1.1 може бути рекомендований як інноваційний напрям модернізації вентиляційних систем у контексті переходу України до енергоефективних та екологічно сталих технологій.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Розділ 2

Вихідні дані до проектування

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

2.1 Характеристика об'єкту

За класифікацією згідно [2] офісна будівля, що проектується, відноситься до «нежитлових громадських будівель».

Об'єкт що проектується, являє собою одноповерховий будинок, в якому розміщені наступні основні приміщення: Офісні приміщення, конференц зала, фуршетна кімната, приміщення керівника, переговорні кімнати, приміщення охорони, приміщення для прийому їжі, технічні приміщення, хол.

Фасад будинку зорієнтований на північний захід. Установа працює в період з 8-20 годину.

Основні шкідливості, які виділяються в приміщеннях:

- надлишкова теплота,
- надлишкова волога,
- вуглекислий газ.

Джерелом теплопостачання для внутрішніх інженерних систем будівлі є тепла мережа. Теплоносій – вода з параметрами 80-60⁰С .

На підставі виконаних у дипломному проекті розрахунків основні показники будинку центру наступні:

Таблиця 2.1

Характеристика	Значення
Об'єм будівлі, м ³	2607,9
Загальна площа, м ²	869,3
Розрахункова тепла потужність системи опалення, Вт	41310
Питома тепла потужність систем опалення q, Вт/м ²	66
Питоме теплоспоживання системи опалення w, ГДж/(м ² ·рік)	0,41

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2.2 Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Розрахункові параметри зовнішнього повітря для міста Київ згідно [6]:

- розрахункова географічна широта - 50°27'00" пн.ш.;
- барометричний тиск - 1000 гПа;
- Середня температура за рік – 8,0°C;
- тривалість опалювального періоду – 176 діб.
- Кліматична зона – 1

Таблиця 2.2

Період року	Розрахункова температура зовнішнього повітря, $t_{ext}, ^\circ\text{C}$	Ентальпія зовнішнього повітря, $I_{ext}, \text{кДж/кг}$	Відносна вологість $\varphi_{ext}, \%$	Швидкість вітру $v_B, \text{м/с}$
Теплий	+23	63,5	72	3,1
Теплий з охолодженням	+28	56,5	72	3,1
Холодний	-22	-20,5	86	4,4

2.3 Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Температури внутрішнього повітря в приміщеннях будівлі прийняті згідно [2] і наведені в експлікаційних таблицях приміщень далі в пояснювальній записці.

Розрахункові температури повітря у основних приміщеннях складають:

- Фуршетна кімната – 20 °С ;
- Конференц зала – 20 °С;
- Хол – 18 °С;
- Офісні приміщення – 20 °С.
- Приміщення керівників – 20 °С.
- Технічні приміщення – 18 °С.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розділ 3

Теплотехнічний розрахунок та вибір будівельних огорожуючих конструкцій

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

3.1 Умови експлуатації та опори теплопередачі огороджувючих конструкцій

Кліматологічні дані згідно [6], для холодного періоду року для м.

Київ становлять:

- середня температура найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92: $t_{ext5} = - 22^{\circ}\text{C}$;
- тривалість опалювального сезону (періоду із середньою добовою температурою зовнішнього повітря $t_{ext5} \leq 8^{\circ}\text{C}$):

$Z'_{oc} = 176$ діб;

Кількість градусо-діб опалювального сезону:

$S = 3500$ градусо-діб

Місто Київ належить до I температурної зони України .

Зона вологості для м. Київ у відповідності - Волога (В).

Вологісний режим приміщень в зимовий період у залежності від відносної вологості та температури внутрішнього повітря .

Для будинків і споруд при температурі $12^{\circ}\text{C} < t_{вн} < 24^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості внутрішнього повітря $50\% < \phi < 60\%$ слід приймати нормальний режим приміщень.

Огороджувючі конструкції підбираються у відповідності з умовами їх експлуатації, які визначають у залежності від вологісного режиму приміщень і зони вологості.

Таким чином, для будинку в м. Київ необхідно приймати умови експлуатації огороджувючих конструкцій А.

За вимогами [1] опір теплопередачі огороджувючих конструкцій $R_{заг}$ повинен бути не менше нормативного R_{minq} .

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 3.1 Мінімально допустимі значення приведенного опору теплопередач огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель R_{qmin}

	Тип огорожувальної конструкції	Значення R_{qmin} , $m^2 \cdot K/Wt$, для різних температурних зон	
		I	II
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	4.0	3.5
2	Суміщені покриття, які межують з зовнішнім повітрям	7.0	6.0
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалювальних горищ	6.0	5.5
4	Перекриття, які межують з зовнішнім повітрям, та над неопалювальними підвалами	5.0	4.0
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0.9	0.7
6	Зенітні ліхтарі	0.8	0.7
7	Зовнішні двері	0.7	0.6

3.2 Теплотехнічний розрахунок та підбір огорожуючих конструкцій

Зовнішні стіни

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для зовнішньої стіни: $R_{q \min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Приймаємо 3-х шарову зовнішню стіну:

шар 1: Розчин цементно піщаний, $\lambda = 0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{К}$,

$\delta = 0,02 \text{ м}$.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шар 2: Кладка з цегли керамічної повнотілої звичайної на цементно-піщаному розчині, $\lambda = 0,81 \text{ Вт/м}^\circ\text{К}$, $\delta = 0,25 \text{ м}$

шар 3: Мінеральна вата, $\lambda = 0,049 \text{ Вт/м}^\circ\text{К}$, $\delta = 0,18 \text{ м}$

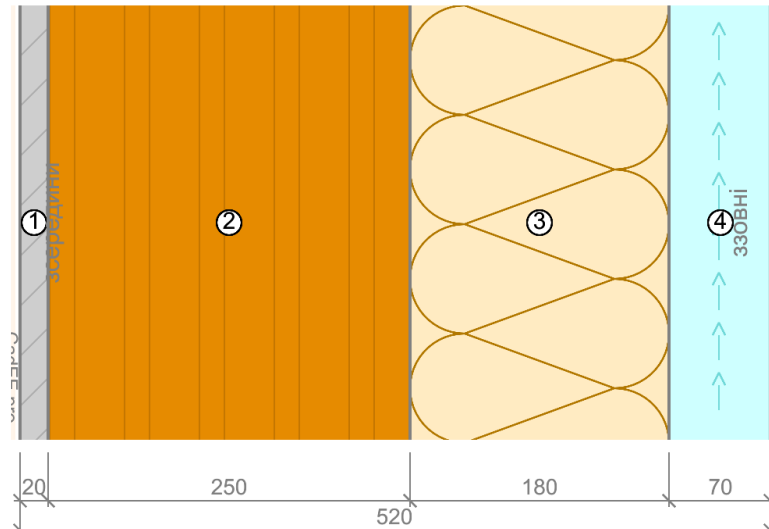


Рис. 2.1 Розріз огорожувальної конструкції

Коефіцієнт тепловіддачі визначаємо згідно з таблицею б додатку Б [7] Для конструкції типу зовнішня стіна, розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій прийнято:

$$h_{si} = 8.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad h_{se} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Визначаємо опір теплопередачі конструкції згідно з формулою 2 [7]:

$$R_s = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{p_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p_3}} + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.02}{0.93} + \frac{0.25}{0.81} + \frac{0.18}{0.049} + \frac{1}{23} = 4.162 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Горищне перекриття.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для горищного перекриття: $R_{q \min} = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Приймаємо 3-х шарове горищне перекриття:

шар 1: розчин цементно піщаний $\lambda = 0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ $\delta = 0,02 \text{ м}$

шар 2 залізобетон $\lambda = 2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$, $\delta = 0,25 \text{ м}$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шар 3: утеплювач $\lambda= 0,036 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$, $\delta=0,25 \text{ м}$

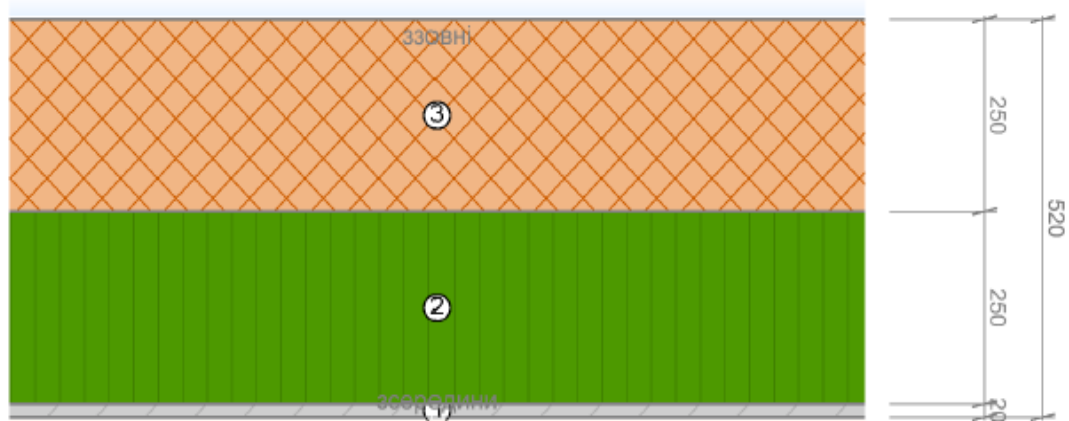


Рис. 2.2 Розріз огорожувальної конструкції

Коефіцієнт тепловіддачі визначаємо згідно з таблицею б додатку Б [7]. Для конструкції типу зовнішня стіна, розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій прийнято:

$$h_{si} = 10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad h_{se} = 6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Визначаємо опір теплопередачі конструкції згідно з формулою 2 [7]:

$$R_s = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{p_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p_3}} + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{10} + \frac{0.02}{0.93} + \frac{0.25}{2.04} + \frac{0.25}{0.036} + \frac{1}{6} = 7.355 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Вікна.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для вікон: $R_{q \min} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$,

Приймаємо вікна з двокамерними склопакетами $R_{\text{заг}} = 0,76 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

Перекриття над неопалювальним підвалом.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для перекриття над холодним підвалом:

$$R_{q \min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Приймаємо 4-х шарове покриття над холодним підвалом:

Шар 1: Плити керамічні $\lambda = 1,1 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$, $\delta = 0,01 \text{ м}$

шар 2: розчин цементно-піщаний $\lambda = 0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ $\delta = 0,02 \text{ м}$

шар 3: Екструдований пінополістерол $\lambda = 0,036 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ $\delta = 0,2 \text{ м}$

шар 4: Залізобетон $\lambda = 2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ $\delta = 0,20 \text{ м}$

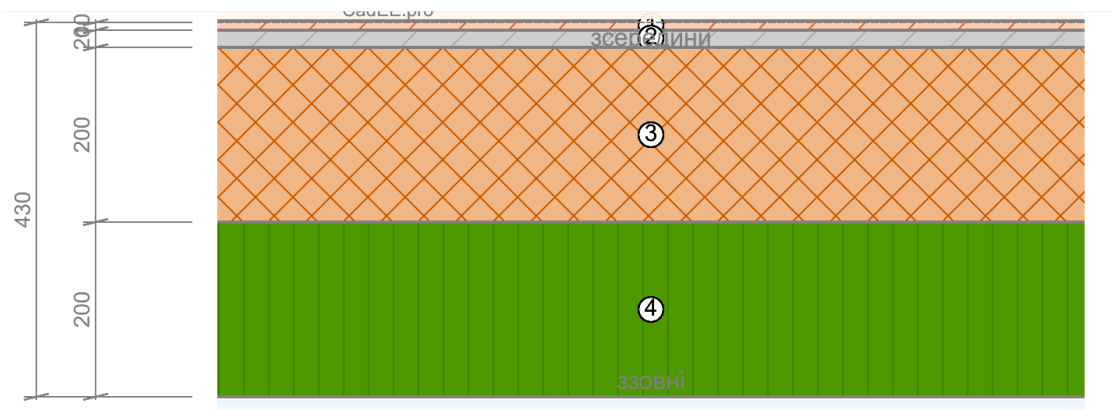


Рис. 2.3 Розріз огорожувальної конструкції

Коефіцієнт тепловіддачі визначаємо згідно з таблицею б додатку Б [7]. Для конструкції типу зовнішня стіна, розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій прийнято:

$$h_{si} = 5,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad h_{se} = 6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Визначаємо опір теплопередачі конструкції згідно з формулою 2 [7]:

$$R_s = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{d_4}{\lambda_{p4}} + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{5,9} + \frac{0,01}{1,1} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,2}{0,036} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{1}{6} = 6,02 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Зовнішні двері.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для зовнішніх дверей:

$$R_{q \text{ min}} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Приймаємо одинарні металеві двері без утеплювача 0,04м

$$R_{\text{зар}} = 0,72 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунку та підбору огорожуючих
конструкцій зводимо у таблицю 2.2

таблиця 3.2

Результати розрахунку та підбору огорожуючих конструкцій зводимо у таблицю:					
<i>Найменування огорожуючої конструкції</i>	<i>R_{min}</i>	<i>R_{заг}</i>	<i>Коефіцієнт теплопередачі k</i>	<i>Опис конструкцій</i>	<i>δ_{заг}</i>
<u>Зовнішня стіна</u>	4,00	4,16	0,24	Розчин цементно піщаний, λ= 0,93 Вт/м°К, δ=0,02 м + Кладка з цегли керамічної повнотілої звичайної на цементно-піщаному розчині, λ= 0,81 Вт/м°К, δ= 0,25 м + Мінеральна вата, λ= 0,049 Вт/м°К, δ=0,18м	0,520
<u>Горищне перекриття</u>	6,00	7,35	0,136	розчин цементно піщаний λ= 0,93 Вт/м°С δ=0,02 м + залізобетон λ= 2,04 Вт/м°С δ=0,25 м + утеплювач λ= 0,036 Вт/м°С, δ=0,25 м	0,520
<u>Перекриття над неопалювальним підвалом</u>	4,00	6,02	0,166	Плити керамічні λ= 1,1 Вт/м°С, δ=0,01 м + розчин цементно-піщаний λ= 0,93 Вт/м°С δ=0,02м + Екструдований пінополістерол λ= 0,036 Вт/м°С δ=0,2 м + Залізобетон λ=2,04 Вт/м°С δ=0,20м	0,430
<u>Вікна</u>	0,7	0,75	1,333	Вікна з двокамерними склопакетами	-
<u>Зовнішні двері</u>	0,60	0,72	1,138	Одинарні металеві двері без утеплювача + Тамбур + Одинарні металеві двері 0,04м	0,040
<u>Внутрішні стіни</u>	-	0,71	1,408	Кладка з порожнистої глиняної цегли λ= 0,52 Вт/м°С - 1ц.	0,110

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Розділ 4

Теплова потужність системи опалення

						Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4.1 Розрахунок теплової потужності системи опалення.

Розрахункова тепла потужність системи водяного опалення визначається за формулою [8].

$$Q_{co} = \frac{\sum Q_1 b_1 b_2}{0.97}, \text{ ВТ} \quad (4.1)$$

де Q_1 – тепловий баланс приміщень будинку, Вт;

b_1 - коефіцієнт урахування додаткового теплового потоку прийнятих до установки опалювальних приладів, який виникає внаслідок округлення їх поверхні нагріву понад розрахункову величину;

$b_1 = 1,08$;

b_2 - коефіцієнт урахування додаткових втрат теплоти опалювальними приладами, розташованими у зовнішніх огорожень, $b_2 = 1,04$ для радіаторів при розташуванні їх у зовнішньої стіни ;

0,97 – коефіцієнт, який враховує 3% непродуктивні тепловтрати трубопроводами, що прокладаються в неопалюваних приміщеннях.

Таким чином:

$$Q_{co} = \frac{41310 \cdot 1,08 \cdot 1,04}{0.97} = 47834, \text{ ВТ} \quad (4.1)$$

Величину розрахункового річного теплоспоживання системою палення будинку W , ГДж/рік , слід розраховувати за формулою [10]:

$$W = \frac{3,6 Q_{co} 24 Z_{oc} S_{oc} 10^{-6} abc}{(t_{вн} - t_{зовн5})}, \text{ ГДж/рік} \quad (4.2)$$

де 3,6 - перевідний коефіцієнт;

Q_{co} - розрахункова тепла потужність системи опалення, Вт; 24 - кількість годин у добі;

Z_{oc} - тривалість опалювального сезону, днів;

t_{oc} - середня температура зовнішнього повітря опалювального сезону, °С;

S_{oc} - кількість градусо-днів опалювального сезону;

$t_{вн}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря;

$t_{зовн5}$ - середня температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки, °С;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$a=1$ - коефіцієнт, який необхідно враховувати, якщо система опалення обладнана приладами автоматичного зменшення теплової потужності у неробочий час;

$b = 0,9$ - коефіцієнт, який необхідно враховувати, якщо більше 75% опалювальних приладів обладнані автоматичними терморегуляторами;

$c = 1$ - коефіцієнт, який треба врахувати, якщо на абонентсько му вводі (в ІТП) встановлені прилади автоматичного пофасадного регулювання.

$$W = \frac{3,6 \cdot 47834 \cdot 24 \cdot 176 \cdot 3538 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1}{(20 - (-22))} = 299,1 \text{ ГДж/рік} \quad (4.2)$$

Розрахункову витрату води в системі опалення G_{co} , кг/год, визначаємо за формулою:

$$G_{co} = \frac{0.86 Q_{co}}{t_r - t_o}, \text{ кг / год} \quad (4.3)$$

$$G_{co} = \frac{0.86 \cdot 47834}{80 - 60} = 2056 \text{ кг / год} \quad (4.3)$$

4.2 Питомі показники роботи системи опалення.

Питома теплова потужності системи опалення.

Величину питомої теплової потужності ,Вт/м², системи опалення визначають за формулою:

$$q = \frac{Q_{co}}{A_{к.п.}}, \text{ Вт / м}^2 \quad (4.4)$$

де $A_{к.п.}$ - корисна площа будівлі, м²

$$q = \frac{47834}{724,5} = 66 \text{ Вт / м}^2 \quad (4.4)$$

Величина q не перевищує нормативних контрольних значень $q_k=90$ Вт/м².

Питоме річне теплоспоживання системою опалення.

Визначене розрахункове річне теплоспоживання системою опалення W , віднесене до 1м² корисної площі, ГДж/(м² · рік), визначається за формулою:

$$W = \frac{W}{A_{к.п.}}, \text{ ГДж / (м}^2 \cdot \text{рік)} \quad (4.5)$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після аналізу декількох можливих схем організації системи опалення та врахування вимог чинних нормативних документів, для проєктованої будівлі було обрано двотрубну горизонтальну тупикову систему водяного опалення з нижнім прокладанням магістральних трубопроводів. Робочі параметри теплоносія прийнято на рівні 80–60 °С. Під'єднання внутрішньої системи опалення до теплової мережі передбачається виконувати за залежною схемою з використанням циркуляційних насосів [8].

Для даного об'єкта доцільним визнано застосування саме горизонтальної конфігурації системи опалення. Такий варіант має низку переваг: він сприяє покращенню санітарно-гігієнічних умов експлуатації, забезпечує вищу естетичність інженерних рішень завдяки можливості прихованого прокладання трубопроводів у конструкціях підлоги або в плінтусних каналах, а також дозволяє ефективно регулювати теплоподачу до окремих приміщень шляхом використання термостатичних радіаторних клапанів.

Для подальшого техніко-економічного обґрунтування було обрано два варіанти горизонтальних систем опалення — однотрубну та двотрубну — з метою їх порівняння.

Однотрубна горизонтальна система водяного опалення.

Переваги.

Однотрубна горизонтальна схема має низку суттєвих техніко-економічних переваг. З економічної точки зору вона відзначається зменшеною довжиною трубопроводів та нижчою металомісткістю, що прямо впливає на скорочення обсягів матеріальних витрат і здешевлення як проєктних, так і монтажних робіт.

До технічних переваг належить можливість поетапного пуску системи по поверхах, що забезпечує незалежний контроль температурного режиму кожного рівня будівлі. Крім того, система передбачає мінімальну кількість проходів трубопроводів через міжповерхові перекриття, що спрощує її проєктування та встановлення. Однотрубна схема також характеризується повним використанням тепловіддачі труб, завдяки чому можливо зменшити

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

габарити опалювальних приладів. Висока гідравлічна стійкість такої системи сприяє її стабільній роботі та зниженню втрат тиску. Загалом конструкція є простішою порівняно з двотрубною системою.

Недоліки.

Основним обмежувальним фактором є допустима кількість приладів у межах однієї приладової вітки. Через обмежену теплову потужність таких віток не рекомендується встановлювати більше п'яти опалювальних приладів на одну лінію, щоб уникнути нерівномірного прогрівання та забезпечити нормативну тепловіддачу.

Двотрубна горизонтальна система водяного опалення.

Переваги.

Однотрубна горизонтальна схема має низку суттєвих техніко-економічних переваг. З економічної точки зору вона відзначається зменшеною довжиною трубопроводів та нижчою металомісткістю, що прямо впливає на скорочення обсягів матеріальних витрат і здешевлення як проєктних, так і монтажних робіт.

До технічних переваг належить можливість поетапного пуску системи по поверхах, що забезпечує незалежний контроль температурного режиму кожного рівня будівлі. Крім того, система передбачає мінімальну кількість проходів трубопроводів через міжповерхові перекриття, що спрощує її проєктування та встановлення. Однотрубна схема також характеризується повним використанням тепловіддачі труб, завдяки чому можливо зменшити габарити опалювальних приладів. Висока гідравлічна стійкість такої системи сприяє її стабільній роботі та зниженню втрат тиску. Загалом конструкція є простішою порівняно з двотрубною системою.

Недоліки.

Основним обмежувальним фактором є допустима кількість приладів у межах однієї приладової вітки. Через обмежену теплову потужність таких віток не рекомендується встановлювати більше п'яти опалювальних приладів на одну лінію, щоб уникнути нерівномірного прогрівання та забезпечити нормативну

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

тепловіддачу.

Отже можна зробити висновок, що використання двотрубної системи буде більш доцільне, а витрати на її встановлення компенсуються через 3 - 4 роки. Обрана конфігурація системи водяного опалення вирізняється сприятливими техніко-економічними характеристиками у порівнянні з альтернативними варіантами. Це підтверджується низкою ключових показників:

Підвищена енергоефективність. Завдяки ефективному тепловому регулюванню, яке забезпечується застосуванням радіаторних термостатів у двотрубній системі, можливо досягти значної економії теплової енергії — до 25 % порівняно з нерегульованими системами.

Стабільність температурного режиму. Постійний перепад температури теплоносія в кожному опалювальному приладі (при параметрах 80–60 °С) створює високий температурний напір, що гарантує інтенсивний тепловий потік та стабільну роботу радіаторів.

Мінімізація тепловтрат магістралей. Оскільки цокольний поверх є опалюваним, непродуктивні теплові втрати через магістральні трубопроводи практично відсутні. Це не лише знижує загальні втрати теплоти, а й дозволяє зменшити розрахункову теплову потужність опалювальних приладів.

Конструктивна простота. Система має обмежену кількість проходів через міжповерхові перекриття, що позитивно впливає як на монтаж, так і на подальшу експлуатацію.

Низькі гідравлічні втрати. Незначні втрати тиску забезпечують стабільну та надійну роботу системи в експлуатаційних режимах.

Спрощеність розрахунків. Гідравлічний розрахунок системи та теплотехнічний розрахунок опалювальних приладів не потребують складних процедур, що полегшує проектування.

Зручність обслуговування. Конструкція дозволяє відключати окремі приладові вітки під час проведення ремонтних, регламентних чи експлуатаційних робіт у відповідних приміщеннях, не порушуючи роботу всієї системи.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Естетичність прокладання. При застосуванні заливних підлог горизонтальна система дає можливість прихованого або напівприхованого розміщення трубопроводів, що покращує загальний архітектурно-будівельний вигляд приміщень.

Гнучке регулювання теплоподачі. Система забезпечує можливість точного регулювання кількості теплоти, що надходить до приміщень, шляхом установки термостатичних клапанів, а також дозволяє оптимізувати тепловий режим у разі часткової або повної відсутності використання приміщення.

Призначення приміщень та опалювальні прилади

Для системи опалення, з урахуванням призначення приміщень та умов експлуатації, рекомендується використовувати сталеві панельні радіатори KORADO RADIK VK з нижнім підключенням підібрані відповідно до вимог чинних нормативних документів та технічного каталогу виробника [11].

Ці прилади підходять для двотрубних і однотрубних систем опалення з горизонтальним або вертикальним розташуванням приладових віток, що об'єднують окремі опалювальні прилади. Радіатори сумісні як із системами з примусовою циркуляцією теплоносія, так і з гравітаційними схемами.

Радіатори RADIK VK мають ряд технічних і експлуатаційних переваг: вони розраховані на робочий тиск до 10 бар і температуру теплоносія до 110 °С, що забезпечує надійну та довготривалу експлуатацію системи. Завдяки сталевій панельній конструкції прилади характеризуються високою тепловіддачею та рівномірним прогрівом приміщень.

Конструкція радіаторів забезпечує стійкість до корозії та не потребує спеціальної підготовки води, що особливо важливо при використанні води з низькою якістю. Сучасний дизайн RADIK VK відповідає санітарно-технічним вимогам і легко інтегрується в архітектурний простір приміщень.

Схема підключення «знизу» оптимальна для монтажу в системах з нижньою розводкою трубопроводів, забезпечує зручність монтажу та максимальний тепловий потік від приладів. Таким чином, використання сталевих панельних радіаторів KORADO RADIK VK з нижнім підключенням у двотрубній

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

горизонтальній системі водяного опалення є технічно обґрунтованим і економічно вигідним рішенням, що гарантує ефективність, надійність та простоту експлуатації системи.

Запірна та регулювальна арматура

Запобіжно-регулююча арматура призначена для автоматичного регулювання роботи системи опалення та можливості відключення окремих ділянок у разі аварії або проведення ремонтних робіт. У даній системі для цих цілей використовується запірна арматура, а саме запірні клапани STROMAX та регулятори перепаду тиску HERZ 4002. Запірні клапани HERZ STROMAX забезпечують надійне перекриття потоків теплоносія та дозволяють ізолювати будь-яку ділянку системи без порушення роботи інших приладів. Регулятор перепаду тиску HERZ 4002 автоматично підтримує стабільний перепад тиску у системі, забезпечуючи рівномірний розподіл теплоносія між приладовими вітками та захист трубопроводів і опалювальних приладів від перевантажень.

Регулятори перепаду тиску HERZ 4002 та запірні клапани HERZ STROMAX підібрані відповідно до вимог чинних нормативних документів та технічного каталогу виробника [12].

Для автоматичного підтримання заданої температури в приміщеннях застосовуються терморегулятори HERZ, а термостатичні головки встановлюються у горизонтальній площині на підводках до опалювальних приладів, що забезпечує ефективне регулювання тепловіддачі.

Для видалення повітря з опалювальних приладів та верхніх точок стояків передбачено використання ручних повітровипускних кранів інженера Маєвського та автоматичних повітровипускників, що запобігає утворенню повітряних пробок та забезпечує стабільну роботу системи.

Таким чином, використання запірної арматури HERZ STROMAX у поєднанні з регулятором перепаду тиску HERZ 4002, терморегуляторами та повітровипускними пристроями гарантує надійну експлуатацію системи опалення, рівномірний розподіл тепла та зручність технічного

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

обслуговування.

Трубопроводи системи опалення та їх прокладання

Трубопроводи горизонтальної прокладки приладових гілок прокладаються у заливних підлогах. Використовуються поліетиленові трубопроводи Heat-Rex PE-Xa/EVON з антидифузійним шаром.

Труби Heat-Rex PE-Xa/EVON виготовлені з високоякісного перехресно зшитого поліетилену, що забезпечує високу термостійкість, стійкість до корозії та значно менший коефіцієнт шорсткості, приблизно в 8–10 разів менший порівняно зі сталевими трубами. Гарантований термін експлуатації цих труб становить не менше 50 років. Крім того, вони відзначаються простотою та швидкістю монтажу, що суттєво полегшує виконання будівельно-монтажних робіт і зменшує трудові витрати при реалізації системи опалення

Вибір джерела теплової енергії.

ІТП планується розташувати в приміщенні першого поверху згідно [13]. та обладнати автоматичними пристроями, які забезпечують погодне регулювання та підтримання заданої температури в обратному трубопроводі системи опалення відповідно до встановленого температурного графіка.

Зважаючи на задовільну якість теплоносія у міській тепловій мережі, доцільним є використання залежної схеми підключення.

Для реалізації кількісного та якісного регулювання теплоносія передбачено встановлення циркуляційного насоса від компанії Wilo з можливістю регулювання частоти обертів. Насоси змінної швидкості забезпечують стабільний тиск у системі, підтримують гідравлічну та теплову стійкість, а також сприяють економії ресурсів: до 70 % електроенергії та до 40 % теплової енергії.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Втрати тиску в розрахунковій ділянці трубопроводу за методом характеристик опору обчислюють за формулою[14];:

$$\Delta P = SG^2, \quad (6.1)$$

де S - характеристика опору розрахункової ділянки трубопроводу, Па/(кг/год)², що чисельно дорівнює втраті тиску в ній при витраті води $G=1$ кг/год;

$$S = A \cdot \xi_{\text{прив}}, \quad (6.2)$$

де A - питомий динамічний тиск, Па/(кг/год) ² в розрахунковій ділянці трубопроводу, що виникає при витраті води в ній $G=1$ кг/год;

$\xi_{\text{прив}}$ - приведений коефіцієнт опору розрахункової ділянки трубопроводу;

Величину приведенного коефіцієнту опору розрахункової ділянки трубопроводу розраховують за формулою:

$$\xi_{\text{прив}} = \frac{\lambda}{d}l + \sum \xi, \quad (6.3)$$

де λ/d - приведений коефіцієнт тертя труби, м⁻¹; d - внутрішній діаметр труби, м;

l - довжина розрахункова ділянки трубопроводу, м;

$\sum \xi$ - сумарний коефіцієнт місцевих опорів на розрахунковій ділянці трубопроводу.

Величини параметрів A , λ/d , G/v , для труб, що застосовуються в сучасних системах опалення, із середньою температурою води $t=60$ °С, яка відповідає середній річній температурі за опалювальний період.

Використання величини G/v дозволяє за даними витратою води G і діаметром труби d , обчислити швидкість теплоносія v , м/с, діленням витрати води на величину G/v .

Значення характеристики опору S може бути визначено для кожної ділянки окремо або частини мережі, що складається з послідовних і

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

паралельних ділянок.

Характеристика опору S послідовно розташованих ділянок трубопроводів із постійною витратою води дорівнює сумі характеристик опору цих ділянок, тобто:

$$S_{1-2} = S_1 + S_2, \quad (6.4)$$

де S_1 і S_2 - характеристики опору ділянок трубопроводу .

Витрата води G в розрахункових ділянках розподільчих і збірних магістральних трубопроводів визначають як суму витрат води в горизонтальних приладових вітках і стояках, які обслуговуються даними розрахунковими ділянками.

Витрату води $G_{стij}$, кг/год, в будь якій ділянці стояка двотрубною системою опалення можна визначити також за формулою:

$$G_{стij} = G_{co} + \varphi_{ij}, \quad (6.5)$$

де φ_{ij} - частка загальної витрати води в системі опалення, яка припадає на j -ту ділянку стояка. Величину φ_{ij} слід обчислювати за формулою:

$$\varphi_{ij} = \frac{\sum Q_{1j}}{Q_1}, \quad (6.6)$$

де $\sum Q_{1j}$ - теплові втрати будинку, що припадають на j -ту ділянку стояка, Вт. Витрату води $G_{o.p.j}$ -кг/год, в будь-якому опалювальному слід визначити за формулою:

$$G_{o.p.j} = G_{co} + \psi_j, \quad (6.7)$$

де ψ_j - слід обчислювати за формулою:

$$\psi_j = \frac{Q_{1j}}{Q_1}, \quad (6.8)$$

де Q_{1j} - тепловтрати приміщення, Вт.

Витрати води в розрахункових ділянках горизонтальних приладових віток обчислюються як сума витрат води в опалювальних приладах, які обслуговуються цими розрахунковими ділянками. Для визначення

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристик налаштування клапанів у приладових вітках в опалювальних приладах, ми враховуємо витрати води $G_{оп}$ у цих приладах та перепади тиску ΔP_k через ці клапани. Останні визначаються з урахуванням умов зв'язку циркуляційних колекторів, які проходять через опалювальні прилади, з основним циркуляційним колектором приладової вітки. Втрати тиску води в циркуляційних кільцях приладової вітки знаходимо без урахування втрат тиску води в загальних ділянках системи опалення. Втрати тиску води $\Delta P_{о.к}$ в основному кільці приладової вітки:

$$\Delta P_{о.к} = \sum \Delta P + \Delta P_{оп, ок} \Delta P_{к, ок}, \quad (6.9)$$

Перевіряємо обмеження щодо мінімальних втрат тиску води у підводках до опалювальних приладів, які повинні складати не менше 70% загальних втрат тиску в циркуляційних кільцях без урахування втрат тиску в загальних ділянках. Таку перевірку для кожної підводки до опалювального приладу здійснюється за нерівністю:

$$\frac{\Delta P_{к1} + \Delta P_{оп}}{\sum \Delta P} \geq \frac{30}{70} = 2,33 \quad (6.10)$$

Якщо вказана умова не виконується, є необхідність знизити втрати тиску води в ділянках приладової вітки шляхом зменшення регулювання клапана в основному циркуляційному кільці вітки.

Результати гідравлічного розрахунку наведені в таблиці 6.1

							Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 6.1

Гідралічний розрахунок трубопроводів двошлужбової системи опалення

Помір розрахункової ділянки	Теплове навантаження ділянки	Коефіцієнт проходу теплової та гідралічного потіку	Втрата води на ділянці	Довжина ділянки	Діаметр трубопроводу	Примієнений коефіцієнт тертя	Щільна втрата води	Щільний динамічний тиск	Швидкість води на ділянці	Сума коефіцієнтів місцевих опорів	Примієнений коефіцієнт місцевих опорів	Характеристика опору ділянки	Втрата тиску на ділянці	Загальні втрати тиску
№ діл.	$Q_{окл. Вт}$	ρ	$G, кг/год$	$l, м$	$d_y, мм$	$\lambda/d, м^{-1}$	$G/y, (кг/год)/ (м/с)$	$A \cdot 10^{-4}, Па/ (кг/год)^2$	$V, м/с$	$\Sigma \xi$	$\xi_{пр}$	$S, Па/ (кг/год)^2$	$\Delta P_{окл. Па}$	$\Sigma \Delta P, Па$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ділянка до гребінки опалення														
ГТН-1	37955	1,0000	1632	16	40	0,75	4670	0,0000225	0,349	3,4	15,4	0,000347	1487	1487
1-2	23200	0,6113	998	19	32	0,9	3580	0,0000383	0,279	0,8	17,9	0,000686	1785	3272
Ділянка до сходових														
ГТН-1	3355	0,0884	144	22,00	15	2,69	685	0,0010500	0,211	4	63,18	0,066339	2144	2144
1-2	2355	0,0620	101	35,00	15	2,69	685	0,0010500	0,148	1	95,15	0,099908	1930	4074
2-3	2200	0,0580	95	3,00	15	2,69	685	0,0010500	0,138	2,2	10,27	0,010784	453	4527
Ділянка до теплопостачання калорифера														
ГТН-1	10430	0,2748	448	32,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,359	1	58,28	0,018358	3693	3693
1-2	3900	0,1028	168	6,00	15	2,69	685	0,0010500	0,245	1	17,14	0,017997	506	4199
Гребінка 1. Контур 1														
1-2	7100	0,1871	305	11,00	25	1,3	2040	0,0001180	0,150	2,2	16,5	0,001947	1245	1245
2-3	6100	0,1607	262	6,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,210	1	11,74	0,003698	754	1999
3-4	2700	0,0711	116	2,00	15	2,69	685	0,0010500	0,169	1	6,38	0,006699	140	2139
4-5	1160	0,0306	50	3,00	15	2,69	685	0,0010500	0,073	1	9,07	0,009524	178	2317
5-6	500	0,0132	22	4,00	15	2,69	685	0,0010500	0,031	2,2	12,96	0,013608	134	2451
Гребінка 1. Контур 2														
1-2	7655	0,2017	329	15,00	25	1,3	2040	0,0001180	0,161	1	20,5	0,002419	1849	1849
2-3	7155	0,1885	308	2,00	25	1,3	2040	0,0001180	0,151	2,2	4,8	0,000566	230	2079
3-4	6000	0,1581	258	4,00	25	1,3	2040	0,0001180	0,126	1	6,2	0,000732	187	2266
4-5	3000	0,0790	129	2,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,103	1	4,58	0,001443	105	2371
Гребінка 2. Контур 1														
1-2	3300	0,0869	142	15,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,114	2,7	29,55	0,009308	1793	1793
2-3	2300	0,0606	99	2,00	15	2,69	685	0,0010500	0,144	1,8	7,18	0,007539	213	2006
3-4	1200	0,0316	52	4,00	15	2,69	685	0,0010500	0,075	1	11,76	0,012348	173	2179
Гребінка 2. Контур 2														
1-2	7000	0,1844	301	8,00	25	1,3	2040	0,0001180	0,148	2,1	12,5	0,001475	1167	1167
2-3	6000	0,1581	258	8,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,206	1	15,32	0,004826	991	2158
3-4	3200	0,0843	138	1,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,110	1,5	3,29	0,001036	93	2251
4-5	2200	0,0580	95	2,00	15	2,69	685	0,0010500	0,138	1,8	7,18	0,007539	136	2387
5-6	1095	0,0288	47	3,00	15	2,69	685	0,0010500	0,069	1	9,07	0,009524	143	2530
Гребінка 2. Контур 3														
1-2	6000	0,1581	258	12,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,206	2,2	23,68	0,007459	1242	1242
2-3	5335	0,1406	229	2,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,184	1,6	5,18	0,001632	143	1385
3-4	4100	0,1080	176	5,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,141	2,7	11,65	0,003670	436	1821
4-5	2995	0,0789	129	3,00	15	2,69	685	0,0010500	0,188	1	9,07	0,009524	231	2052
5-6	2400	0,0632	103	6,00	15	2,69	685	0,0010500	0,151	1	17,14	0,017997	659	2711
6-7	1848	0,0487	79	2,00	15	2,69	685	0,0010500	0,116	1,6	6,98	0,007329	143	2854
7-8	1296	0,0341	56	4,00	15	2,69	685	0,0010500	0,081	1,6	12,36	0,012978	162	3016
Гребінка 2. Контур 4														
1-2	2900	0,0764	125	19,00	15	2,69	685	0,0010500	0,182	2,7	53,81	0,056501	2301	2301
2-3	2305	0,0607	99	2,00	15	2,69	685	0,0010500	0,145	1	6,38	0,006699	143	2444
3-4	1200	0,0316	52	4,00	15	2,69	685	0,0010500	0,075	1,6	12,36	0,012978	145	2589
Гребінка 2. Контур 4														
1-2	4000	0,1054	172	4,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,138	2,7	9,86	0,003106	324	324
2-3	3500	0,0922	151	1,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,120	2	3,79	0,001194	84	408
3-4	3000	0,0790	129	5,00	15	2,69	685	0,0010500	0,188	1	14,45	0,015173	359	767
4-5	2500	0,0659	108	1,00	15	2,69	685	0,0010500	0,157	1	3,69	0,003875	92	859
5-6	2000	0,0527	86	2,00	15	2,69	685	0,0010500	0,126	1,6	6,98	0,007329	112	971
6-7	1500	0,0395	65	3,00	15	2,69	685	0,0010500	0,094	1	9,07	0,009524	136	1107
7-8	525	0,0138	23	2,00	15	2,69	685	0,0010500	0,033	1,6	6,98	0,007329	87	1194

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Розділ 7

Розрахунок та вибір опалювальних приладів

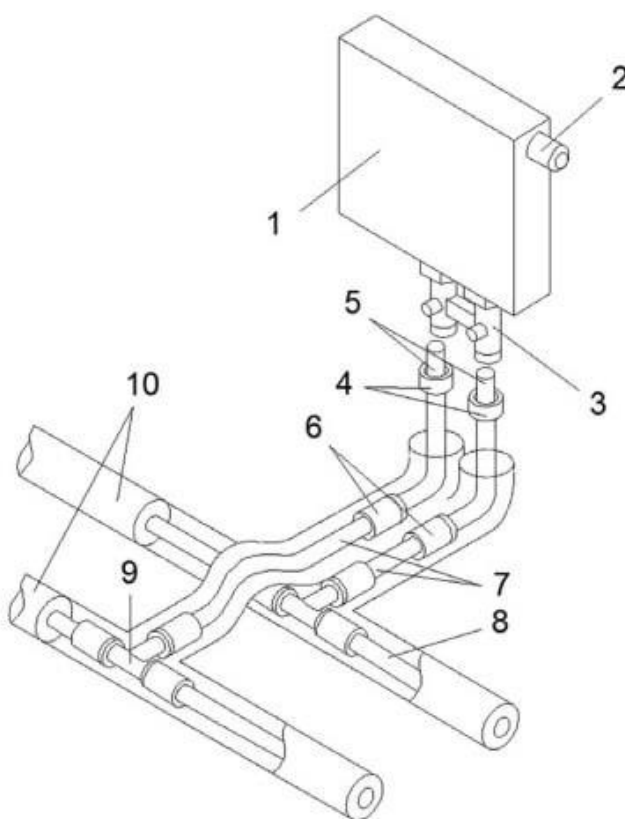
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Арк.</i>

Систем опалення двотрубна, на вході в кожний з опалюваних приладів температура води дорівнює $t_1 = 80\text{C}$, а на виході – $t_2 = 80\text{C}^\circ$.

В якості опалювальних приладів запроєктовані сталеві панельні радіатори KORADO RADIK VK з нижнім підключенням, та висотою $H=500\text{м}$.

На рисунку 7.1 зображено опалювальний сталевий радіатор KORADO RADIK VK.

СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ РАДІАТОРА ВІД ПІДЛОГИ ТРУБКОЮ Г-ПОДІБНОЮ



позиція	найменування та технічна характеристика	код обладнання, виробу, матеріалу
1	Опалювальний прилад з нижнім підключенням	
2	Головка термостатична	
3	Вузол підключення прохідний Rp 1/2" x G 3/4" (G 3/4" x G 3/4")	
4	Компресійний фітінг для труб $\varnothing 15 \times G 3/4"$	601500
5	Трубка Г-подібна «Heat-PEX Evolution» $\varnothing 16 \times \varnothing 15\text{мм}$, $L=250\text{ мм}$	3001301
6	Натяжна гільза «Heat-PEX Evolution» на трубу $\varnothing 16 \times 2,2\text{ мм}$	
7	Труба «Heat-PEX Evolution» з антидифузійним захистом $\varnothing 16 \times 2,2\text{ мм}$	
8	Труба «Heat-PEX Evolution» з антидифузійним захистом $\varnothing A\text{ мм}$	
9	Трійник «Heat-PEX Evolution» $\varnothing A \times \varnothing 16 \times \varnothing A\text{ мм}$	
10	Теплоізоляція або захисна труба «пешель»	

Примітка: A – діаметр магістрального трубопроводу.

Рис. 7.1 Схема підключення сталевого радіатора KORADO RADIK VK

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Для видалення повітря із системи опалення у найвищих опалювальних приладах у верхній пробці встановлені ручні повітроспускні крани Маєвського.

Для забезпечення сталості гідравлічного та теплового режиму системи опалення на гілках, що ведуть до розподільчих колекторів, встановлюються автоматичні регулятори тиску фірми Herz, які мають пробки для спуску води.

Метою теплового розрахунку є визначення довжини кожного з опалювальних приладів таким чином, щоб фактична потужність опалювального приладу перевищувала розрахункову. Розрахункова потужність встановлюється на основі складання теплового балансу для кожного з приміщень адміністративного корпусу. Якщо в одному приміщенні передбачено один або декілька приладів, то їх тепла потужність визначається як частка від загальної розрахункової потужності опалювальних приладів у даному приміщенні. Для автоматичного підтримання температури у приміщеннях та з метою енергозбереження на подаючій підводці всіх опалювальних приладів встановлюються автоматичні терморегулятори фірми Herz. Завищена довжина і, відповідно, тепловіддача опалювальних приладів використовується для забезпечення розрахункового температурного режиму у приміщеннях адміністративного корпусу.

Розрахункова тепла потужність, Вт, опалювального приладу визначається за формулою [16]:

$$Q_{o.п} = (Q_{19} + Q_{вн} - 0,9 \cdot Q_{тр} - Q_{з.п}) \cdot \eta, \text{ Вт} \quad (7.1)$$

Де:

Q_1 - тепловтрати приміщення, Вт, визначаємо за даними таблиці $Q_{вн}$ - тепловтрати, Вт, через внутрішні стіни, що відокремлюють приміщення, для якого розраховують теплову потужність опалювального приладу від суміжного приміщення;

$Q_{тр}$ – тепловий потік, Вт ,від неізольованих трубопроводів системи опалення, що прокладаються в приміщеннях; при застосуванні пластмасових труб величиною $0,9 Q_{тр}$ можна знехтувати;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

v_2 - коефіцієнт урахування додаткових втрат теплоти опалювальними приладами, розташованими у зовнішніх огорожень;

v_3 – коефіцієнт урахування додаткових втрат теплоти при способі установки опалювального приладу, при установці опалювальних приладів вільно біля стіни $v_3 = 1$;

$Q_{з.п.}$ – тепловий потік, що регулярно надходить в приміщення від електричних приладів, людей.

При наявності декількох опалювальних приладів в приміщенні потрібний тепловий потік рівномірно розподіляється на них.

Розходження між величинами фактичного та потрібного теплових потоків визначаємо за формулою:

$$M = \frac{Q_{ф.о.п} - Q_{потр.о.п}}{Q_{ф.о.п}}, \quad (7.2)$$

Результати розрахунку радіаторів занесені в таблицю 7.1

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 7.1

Результати розрахунку радіаторів															
№ опал. приладу	Необхідна розрахункова теплова потужність	Витрата води у ОП	Температура води на вході у ОП	Перегід температура води в опал. приладі	Розрахункова температура припливця	Температурний напір ОП	Температура відрадно проєкти-дних труб	Розрахункова температура теплоносія, опал. приладу	Повний коэф. на витрату води в ОП	Повний коэф. на температурний напір ОП	Потрійний тепловий потік опал. приладу	Доєжнина опал. приладу	Фактичний тепловий потік опал. приладу	Невеса	Тип радіатору
№ прим.	Q_1 , Вт	$G_{оп}$, кг/год	$t_{вх}$, °C	$\Delta t_{оп}$, °C	$t_{вп}$, °C	$\Delta t_{м}$, °C	$Q_{тр}$, Вт	$Q_{оп}$, Вт	φ_1	φ_2	$Q_{потр}$, Вт	мм	$Q_{н.ф.}$, Вт	M, %	H=500мм
Гребінка 1. Контур 1															
110	500	22	80	20	18	52	0	505	0,83	0,95	626	500	716	14,45	22VK
109	660	28	80	20	20	50	0	667	0,79	0,95	864	600	859	-0,60	22VK
109	1540	66	80	20	20	50	0	1555	0,79	0,97	1983	1400	2005	1,13	22VK
114	1700	73	80	20	20	50	0	1717	0,79	0,97	2184	1400	2005	-8,21	22VK
114	1700	73	80	20	20	50	0	1717	0,79	0,97	2184	1400	2005	-8,21	22VK
112	500	22	80	20	16	54	0	505	0,87	0,95	596	500	716	20,20	22VK
113	500	22	80	20	16	54	0	505	0,87	0,95	596	500	716	20,20	22VK
Гребінка 1. Контур 2															
102	1155	50	80	20	20	50	0	1167	0,79	0,96	1496	900	1289	-13,81	22VK
103	500	22	80	20	20	50	0	505	0,79	0,95	658	400	716	8,76	22VK
Гребінка 2. Контур 1															
117	1200	52	80	20	20	50	0	1212	0,79	0,96	1553	1000	1432	-7,77	22VK
119	1100	47	80	20	20	50	0	1111	0,79	0,96	1426	900	1289	-9,59	22VK
121	1000	43	80	20	20	50	0	1010	0,79	0,96	1299	800	1146	-11,75	22VK
Гребінка 2. Контур 2															
147	1040	45	80	20	20	50	0	1050	0,79	0,96	1349	900	1289	-4,48	22VK
147	560	24	80	20	20	50	0	566	0,79	0,95	736	500	716	-2,67	22VK
144	1200	52	80	20	20	50	0	1212	0,79	0,96	1553	1000	1432	-7,77	22VK
145	500	22	80	20	20	50	0	505	0,79	0,95	658	500	716	8,76	22VK
146	500	22	80	20	20	50	0	505	0,79	0,95	658	500	716	8,76	22VK
143	1000	43	80	20	20	50	0	1010	0,79	0,96	1299	900	1289	-0,74	22VK
142	1105	48	80	20	20	50	0	1116	0,79	0,96	1432	900	1289	-9,99	22VK
142	595	26	80	20	20	50	0	601	0,79	0,95	781	500	716	-8,29	22VK
140	500	22	80	20	18	52	0	505	0,83	0,95	626	500	716	14,45	22VK
Гребінка 2. Контур 3															
135	1296	56	80	20	20	50	0	1309	0,79	0,96	1674	1100	1576	-5,87	22VK
135	552	24	80	20	20	50	0	558	0,79	0,95	725	500	716	-1,29	22VK
135	552	24	80	20	20	50	0	558	0,79	0,95	725	500	716	-1,29	22VK
139	595	26	80	20	20	50	0	601	0,79	0,95	781	500	716	-8,29	22VK
139	1105	48	80	20	20	50	0	1116	0,79	0,96	1432	900	1289	-9,99	22VK
138	1235	53	80	20	20	50	0	1247	0,79	0,96	1597	1000	1432	-10,33	22VK
138	665	29	80	20	20	50	0	672	0,79	0,95	871	600	859	-1,33	22VK
Гребінка 2. Контур 4															
133	1200	52	80	20	20	50	0	1212	0,79	0,96	1553	1000	1432	-7,77	22VK
132-1	1105	48	80	20	20	50	0	1116	0,79	0,96	1432	900	1289	-9,99	22VK
132-1	595	26	80	20	20	50	0	601	0,79	0,95	781	500	716	-8,29	22VK
Гребінка 2. Контур 5															
131	525	23	80	20	20	50	0	530	0,79	0,95	691	500	716	3,68	22VK
131	975	42	80	20	20	50	0	985	0,79	0,96	1267	800	1146	-9,53	22VK
127	500	22	80	20	20	50	0	505	0,79	0,95	658	500	716	8,76	22VK
124	500	22	80	20	16	54	0	505	0,87	0,95	596	500	716	20,20	22VK
126	500	22	80	20	18	52	0	505	0,83	0,95	626	400	573	-8,41	22VK
125	500	22	80	20	18	52	0	505	0,83	0,95	626	400	573	-8,41	22VK
130	500	22	80	20	20	50	0	505	0,79	0,95	658	400	573	-12,96	20VK
											41246	39527		-4,17	

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Проектування теплового пункту виконується відповідно до рекомендацій [8]. Тепловий пункт знаходиться на першому поверсі в окремому приміщенні. Його основне призначення - обслуговування системи опалення та систем теплопостачання калориферів, які використовують теплоносії з параметрами 80-60 °С.

У тепловому пункті передбачається розміщення обладнання, арматури та приладів контролю та автоматизації [17], які виконують такі функції:

Контроль параметрів теплоносія.

Облік теплових потоків та витрат теплоносія.

Захист систем від аварійного підвищення параметрів теплоносія.

Заповнення та підпитка системи опалення.

Для очищення води від піску в тепловому пункті встановлені фільтри на подаючому та зворотному трубопроводах. Фільтри SoclaDanfoss U222 від фірми "Danfoss" обираються відповідно до діаметру трубопроводів та встановлюються для цього.

Для контролю за значеннями температури в подаючому та зворотному магістральних трубопроводах на них встановлені датчики температури від фірми "Danfoss" моделі ESMB.

Після фільтра на зворотній магістралі встановлений ультразвуковий теплотічильник SONOMETER 2000, який призначений для точного виміру теплової енергії в тепловому пункті. Він складається з ультразвукового витратоміра типу SONO 2500 СТ, теплообчислювача INFOCAL 5 та точно підібраних температурних датчиків Pt 500.

Теплообчислювач - це компактний пристрій, заснований на мікропроцесорній технології, який призначений для надійного обробки даних щодо обліку теплоспоживання. Він отримує сигнали від витратомірної системи та двох температурних датчиків, і забезпечує постійний облік та зберігання даних, пов'язаних з подачею тепла та комерційним обліком.

Витратомір підбираємо за каталогом по витраті води в системах опалення та

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

теплопостачання калориферних установок, виходячи з обмеження по швидкості руху води (до 1,5 м/с) [8], визначимо загальну витрату води, $G = 2,28$ м³/год. Прийmemo $dy = 40$ мм, тоді швидкість руху води становить:

$$U = \frac{G}{3600 \cdot \frac{\pi dy}{4}}, \text{ м/с} \quad (8.1)$$

$$U = \frac{2,28}{3600 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,040^2}{4}} = 0,5, \text{ м/с} \quad (8.1)$$

Приймаємо витратомір з $dy = 25$ мм на фланцевому з'єднанні.

На подаючому трубопроводі з теплової мережі встановлена запірно - регулююча арматура фірми "Danfoss", яку підбираємо за [17]: регулятор перепаду тиску прямої дії AVP 32 з $dy = 32$ мм та прохідний седельний регулюючий клапан AVM 30.

На поточному трубопроводі системи опалення встановлений циркуляційний насос серії WILO TOP-E з серійним дисплеєм, однокнопочним ручним управлінням і використанням автоматичного нічного зниження продуктивності шляхом технології "неперервного регулювання"

Цей насос працює в режимі, який залежить від сигналів електронного регулятора ECL Komfort 2000 від датчиків температури TE 1, TE 10 та TE 13.

Насос має декілька режимів регулювання $\Delta P - \text{const}$ та $\Delta P - \text{variable}$. При $\Delta P - \text{const}$ електроніка підтримує створений насосом напір в межах допустимої витрати на постійному рівні заданого значення напору. При $\Delta P - \text{variable}$ електроніка лінійно змінює номінальне значення напору, яке повинне підтримуватись насосом. Обидва способи регулювання дозволяють запобігти виникненню шумів від термостатичних вентилів.

Ручне регулювання насоса дозволяє встановити параметри базисних функцій:

1. вмикання / вимикання;
2. вид регулювання ($\Delta P - \text{const}$ $\Delta P - \text{variable}$);
3. задане значення напору;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

4. автоматичний перехід на мінімальну кількість обертів. Всі режими роботи, а також повідомлення про неполадки і попередження (повідомлення про неполадки призводить до вимикання) виводяться безпосередньо на дисплей насоса.

Трубопроводи теплової мережі та системи опалення з'єднані між собою байпасною лінією, на якій розташовані:

1. Лічильник фірми "ETW-U-5" dn=25мм для визначення кількості води, взятої з теплової мережі для підживлення системи опалення та при запуску ситами опалення в експлуатацію;
2. Кульові крани;
3. Зворотній клапан Socla Danfoss 102 PV Ø 25 мм фірми "Danfoss".

У місцях підключення патрубків теплообмінника, через які проходить вода (для подачі в систему опалення та повернення до теплової мережі), розташовані універсальні датчики температури (температури опору) під назвою ESMB. Оскільки тиск у тепловій мережі є достатнім для заповнення системи та створення робочого тиску, то на байпасній лінії не передбачено встановлення насосу. Після теплообмінника на зворотному трубопроводі системи опалення розташований циркуляційний насос. Цей насос має ручне управління та автоматичну нічну функцію зниження продуктивності, яка досягається шляхом безперервного регулювання.

Ручне управління дозволяє встановлювати основні параметри роботи насосу.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

СХЕМА ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ (ІТП)

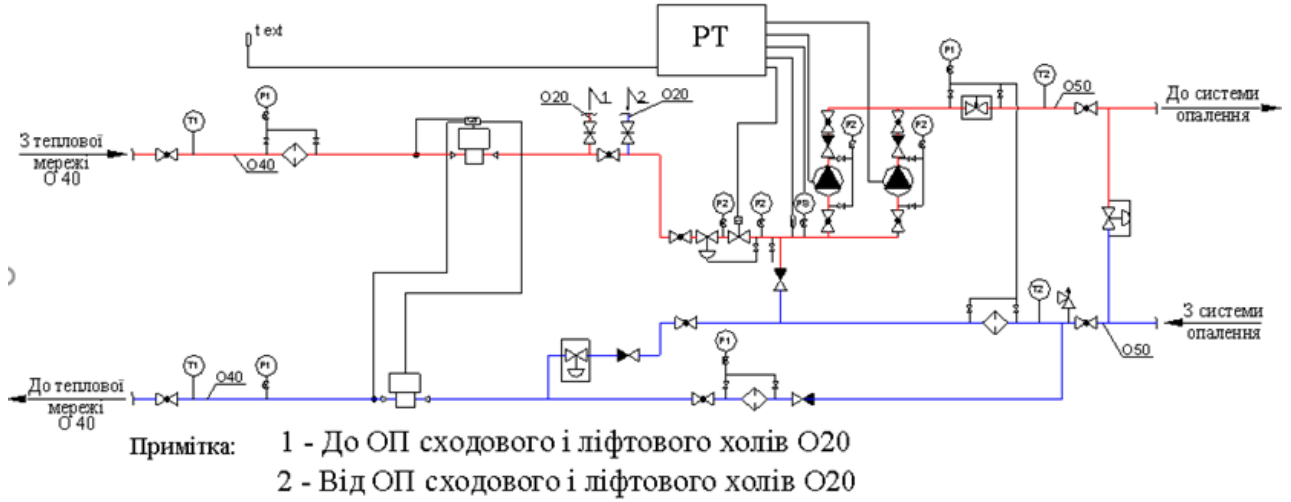


Рис. 8.1 Схема індивідуального теплового пункту

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 9

Принципові рішення вентиляції.

Розрахунок повітрообмінів

						Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

9.1 Принципові рішення вентиляції.

В приміщеннях адміністративної нежитлової будівлі, що проектується передбачено припливно-витяжну систему вентиляції з механічним спонуканням [8].

Припливно-витяжна система ПВ1 обслуговує приміщення конференц зали та фуршетної кімнати .

Припливно-витяжна система ПВ2 обслуговує такі приміщення: офісні приміщення, кабінети керівників, приміщення прийому їжі, переговорні кімнати та кабінет директора.

Витяжна система В1 обслуговує вбиральню.

Витяжна система В2 обслуговує вбиральню.

Витяжна система В3 обслуговує вбиральню.

Витяжна система В4 обслуговує вбиральню.

Витяжна система В5 обслуговує технічне приміщення.

У запроектованих припливно-витяжних та витяжних системах в якості повітророзподільників прийняті стельові нерегульовані дифузори ПДК, лінійні дифузори та анемостати.

Повітропроводи прокладаються у підвісній стелі. Вентиляційні решітки та плафони прийняті з високоякісних алюмінієвих профілів.

Розрахункові повітрообміни у технічних приміщеннях і у адміністративних приміщеннях визначаються по нормативній кратності і наведені у таблиці розрахунку повітрообмінів.

Основними шкідливостями, які виділяються в процесі експлуатації приміщень, є тепло-надлишки, вологонадлишки і вуглекислий газ [18].

Об'єми повітрообмінів у приміщеннях визначалися: за кратністю, за нормативною подачею зовнішнього повітря на одну особу та за санітарно-гігієнічними нормами [8].

Обладнання систем В1 - В5 розміщується за підшивною стелею.

Обладнання системи ПВ1, ПВ2 розміщується на покрівлі у вентиляційній

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

камері. Підключення повітроводів до адаптерів повітророзподілення виконати через гнучкі повітроводи довжиною 0,25 м (на кресленні умовно не показані).

Вентканали ПВ1 та ПВ2 виводяться на 1,5м вище покрівлі будинку та закінчуються решітками.

Вентканали В1 - В5 виводяться на 1,5м вище покрівлі будинку та закінчуються витяжними ковпаками.

В якості повітропроводів використовувалися повітропроводи виготовлені з оцинкованої сталі , гнучкі алюмінієві повітропроводи, а також цегельні вентиляційні канали в будівельних конструкціях.

Припливні та витяжні повітропроводи до установок, та після установок які проходять по покрівлі ізолюються виробами "К-Flex" товщиною 19мм.

Припливні повітропроводи після установок ізолюються виробами "К-Flex" товщиною 10мм.

9.2 Розрахунок повітрообмінів.

Показники повітрообміну для кожного приміщення зведені в таблицю 9.1 окремо для припливного та витяжного повітря. Різниця між цими величинами визначає дисбаланс системи, який компенсується через допоміжні приміщення. Так, надлишкове повітря може видалятися з гардеробних, зон для куріння або санітарних вузлів, що межують із вестибюлем. Аналогічно здійснюється компенсація припливу повітря до вестибюлю та коридорів. Кратності повітрообміну прийняті відповідно до вимог чинних нормативних документів [2].

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Розрахунок повітрообміну

Таблиця 9.1

Но мер при міщ є ння	Приміще ння	Об'єм приміщ ення V, м ³ /год	Приплив		Витяжка		Прим ітка
			кр, год ⁻¹	L, м ³ / год	кр, год ⁻¹	L, м ³ / год	
102	Хол	373,7	Дизбаланс	47 0	-	-	
103	Санвузол	19,62	-	-	2 умивальники	50	
104	Вбиральня	9,81	-	-	1 унітаз, 1 умивальни к	75	
105	Вбиральня	9,81	-	-	1 унітаз, 1 умивальни к	75	
107	Коридор	18,36	Дизбаланс	30	-	-	
108	Гардероб	20,55	-	-	1,5	30	
109	Фуршетна кімната	133,26	30 на 1 люд.	630	30 на 1 люд.	630	
110	Підготовче приміщення	23,31	1	30	1	30	
114	Конференц зала	193,29	30 на 1 люд.	990	30 на 1 люд.	990	
115	Коридор	302,53	Дизбаланс	400	1	270	
117	Офісне приміщення	67,68	30 на 1 люд.	90	30 на 1 люд.	90	

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

120	Офісне приміщення	35,49	30 на 1 люд.	90	30 на 1 люд.	90	
125	Вбиральня Ж	29,88	-	-	3 унітази, 2 умивальники	200	
126	Вбиральня Ч	29,88	-	-	2 унітази, 2 умивальники, 1 пісуар	225	
127	Приміщення технічного персоналу	10,92	20 на 1 люд.	40	20 на 1 люд.	40	
128	Комора	6,84	-	-	2	20	
129	Технічне приміщення	10,05	-	-	3	30	
130	Вбиральня МГН	9,96	-	-	1 унітаз, 1 умивальник,	100	
131	Приміщення прийому їжі	81,87	30 на 1 люд.	420	30 на 1 люд.	400	
132-1	Кабінет керівника	72,78	30 на 1 люд.	120	30 на 1 люд.	120	
132-2	Переговорна кімната	18,63	30 на 1 люд.	120	30 на 1 люд.	120	
133	Офісне приміщення	67,68	30 на 1 люд.	120	30 на 1 люд.	120	
135	Офісне приміщення	79,92	30 на 1 люд.	180	30 на 1 люд.	180	
136	Технічне приміщення	11,61	5	50	5	50	

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

137	Технічне приміщення	15,36	5	50	5	50	
138	Офісне приміщення	107,22	30 на 1 люд.	90	30 на 1 люд.	90	
139	Кабінет керівника	70,71	30 на 1 люд.	150	30 на 1 люд.	150	
140	Технічне приміщення	19,5	-	-	1,5	30	
141	Технічне приміщення	19,26	-	-	1,5	30	
142	Кабінет директора	76,05	30 на 1 люд.	150	30 на 1 люд.	150	
143	Офісне приміщення	48,81	30 на 1 люд.	60	30 на 1 люд.	60	
144	Офісне приміщення	55,53	30 на 1 люд.	60	30 на 1 люд.	60	
145	Переговорна кімната	22,5	30 на 1 люд.	60	30 на 1 люд.	60	
146	Приміщення охорони	24,03	30 на 1 люд.	30	30 на 1 люд.	30	
147	Переговорна кімната	58,77	30 на 1 люд.	180	30 на 1 люд.	180	

							Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

10.1. Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції.

Для забезпечення вентиляції житлових і громадських будівель використовуються повітропроводи з різних матеріалів, зокрема, широко застосовується тонкостінна сталь [8]. Металеві повітропроводи зазвичай складаються з уніфікованих деталей, що спрощує їх монтаж та збірку [19]. Однак, у виняткових ситуаціях, наприклад, при обмежених просторових умовах або з конструктивних і архітектурних міркувань, може бути допущено використання неуніфікованих повітропроводів.

Втрати тиску на подолання опору тертя.

Втрати тиску визначаються за формулою Дарсі-Вейсбаха, Па:

$$\Delta P = \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l \right) \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (10.1)$$

Де:

λ - коефіцієнт гідравлічного тертя;

d – внутрішній діаметр розрахункової ділянки, м; l – довжина розрахункової ділянки, м;

Для прямокутних повітропроводів у розрахунках приймають еквівалентний діаметр, що визначається за формулою:

$$d_e = \frac{2 \cdot a \cdot b}{(a + b)} \quad (10.2)$$

a і b – сторони прямокутного повітропроводу, м

Коефіцієнт гідравлічного тертя при числі Рейнольдса $Re > 2300$ визначається за формулою Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_e}{d_e} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}, \quad (10.3)$$

Де:

k_e – еквівалентна шорсткість стінок повітропроводу, м;

d_e – еквівалентний діаметр повітропроводу (діаметр), м;

Re – число Рейнольдса

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$R_e = \frac{v \cdot d_e}{\nu}, \quad (10.4)$$

Де:

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, приймається $1,5 \cdot 10^{-5}$ м²/с.

d_e – еквівалентний діаметр повітропроводу (діаметр), м;

v – дійсна швидкість повітря в повітропроводі м/с

Швидкість руху повітря в повітропроводі визначається за формулою :

$$v = \frac{L}{3600 \cdot f_d}, \quad (10.5)$$

Де:

L – витрата повітря на ділянці повітропроводу, м³/год;

f_d – дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу, м²;

Втрати тиску на тертя визначається за формулою:

$$P_T = \left(\frac{\lambda}{d_e} \right) \cdot l \cdot \beta_{ш} \cdot k_1 \cdot P_d, \quad (10.6)$$

Де:

$\beta_{ш}$ – коефіцієнт, який враховує шорсткість стінок повітропроводів залежить від абсолютної шорсткості стінки K

k_1 k_2 – поправочні коефіцієнти, які враховують температуру повітря що транспортується по повітропроводах.

P_d – динамічний тиск повітря на ділянці. Па.

Втрати тиску на подолання місцевих опорів вентиляційних систем визначаються за формулою:

$$\Delta P_z = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot k_2 = \sum \xi \cdot P_d \cdot k_2 \quad (10.7)$$

Де:

$\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів на розрахунковій

ділянці вентиляційної системи, які беруться з довідкової літератури.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні втрати тиску на розрахункові ділянки довжиною l м. при наявності місцевих опорів визначається як сума втрат тисків на подолання опору тертя і місцевих опорів ділянки.

$$\Delta P_{\text{діл}} = \Delta P_{\text{т}} + \Delta P_{\text{з}} \quad (10.8)$$

Або

$$\Delta P = \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (10.9)$$

Визначивши загальні втрати тиску відгалуженні ΔP від і знаючи загальні втрати тиску в паралельній розрахунковій ділянці магістрального напрямку $\Delta P_{\text{діл}}$, розраховують нев'язку різниці тисків за формулою:

$$H = \frac{\Delta P_{\text{діл}} - \Delta P_{\text{від}}}{\Delta P_{\text{діл}}} \cdot 100\% \quad (10.10)$$

Аеродинамічний розрахунок вважається виконаним остаточно для відгалуження і паралельної ділянки магістрального напрямку при умові, що нев'язка не перевищує 10%, тобто $H \leq 10\%$ [8].

При неможливості ув'язування різниці тисків зміною поперечного перерізу повітропроводів відгалуження, ув'язання виконується з допомогою установа діафрагми (дросель клапану) з додатковим місцевим опором $\xi_{\text{дф}}$, який визначають за формулою:

$$\xi_{\text{дф}} = \frac{1,67 \cdot (\Delta P_{\text{діл}} - \Delta P_{\text{від}})}{v_{\text{від}}^2}, \quad (10.11)$$

де $\Delta P_{\text{діл}}$. – втрати тиску на магістралі Па;

$\Delta P_{\text{від}}$. – втрати тиску на відгалуженні Па;

$v_{\text{від}}^2$ – дійсна швидкість повітря на відгалуженні м/с.

Після цього ув'язування різниці тисків у відгалуженні і в паралельній ділянці магістрального напрямку виконується я з урахуванням додаткового місцевого опору діафрагми (дросель клапан) на відгалуженні з коефіцієнтом місцевого

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

опору ξ дф.

Результати аеродинамічного розрахунку повітропроводів наведені в таблицях 10.1.

10.2 Розрахунок та вибір обладнання для систем вентиляції.

Вентиляційні решітки та дифузори прийняті по рекомендованим швидкостям [21], в:

повітрозабірні жалюзі - 2-4 м/с;

припливні решітки - 1-3 м/с;

витяжні решітки - 1,5-3 м/с;

Система ПВ-1

Початкові дані:

кількість повітря $G = 1650$ м³/год;

внутрішня температура в приміщенні $t_{in} = 20^{\circ}\text{C}$;

розрахункова температура зовнішнього повітря $t_{ext} = -23^{\circ}\text{C}$;

Підбираємо припливно-витяжну установку “Aerostar” GreenSTR-2 в комплекті з водяним калорифером, секцією реверсивного теплообмінника, фільтром класу G4 та автоматикою.

Система ПВ-2

Початкові дані:

кількість припливного повітря $G = 2900$ м³/год;

кількість витяжного повітря $G = 2330$ м³/год;

внутрішня температура в приміщенні $t_{in} = 20^{\circ}\text{C}$;

розрахункова температура зовнішнього повітря $t_{ext} = -23^{\circ}\text{C}$;

Підбираємо припливно-витяжну установку “Aerostar” GreenSTR-4 в комплекті з водяним калорифером, секцією реверсивного теплообмінника, фільтром класу G4 та автоматикою.

Система В-1

Початкові дані:

кількість повітря що видаляється $G = 200$ м³/год;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

внутрішня температура в приміщенні $t_{in} = 18^{\circ}\text{C}$;

Підбираємо витяжний вентилятор “Soler&Palau” VENT-150 NK. Вентилятор оснащений функцією таймеру затримки, яка забезпечує продовження роботи вентилятора певний час після вимкнення керуючого сигналу, щоб довентилювати повітря, видалити вологу та запахи.

Система В-2

Початкові дані:

кількість повітря що видаляється $G = 200 \text{ м}^3/\text{Год}$;

внутрішня температура в приміщенні $t_{in} = 18^{\circ}\text{C}$;

Підбираємо витяжний вентилятор “Soler&Palau” VENT-150 NK. Вентилятор оснащений функцією таймеру затримки, яка забезпечує продовження роботи вентилятора певний час після вимкнення керуючого сигналу, щоб довентилювати повітря, видалити вологу та запахи.

Система В-3

Початкові дані:

кількість повітря що видаляється $G = 200 \text{ м}^3/\text{Год}$;

внутрішня температура в приміщенні $t_{in} = 18^{\circ}\text{C}$;

Підбираємо витяжний вентилятор “Soler&Palau” VENT-150 NK.

Вентилятор оснащений функцією таймеру затримки, яка забезпечує продовження роботи вентилятора певний час після вимкнення керуючого сигналу, щоб довентилювати повітря, видалити вологу та запахи.

Система В-4

Початкові дані:

кількість повітря що видаляється $G = 100 \text{ м}^3/\text{Год}$;

внутрішня температура в приміщенні $t_{in} = 18^{\circ}\text{C}$;

Підбираємо витяжний вентилятор “Soler&Palau” VENT-100 NK.

Вентилятор оснащений функцією таймеру затримки, яка забезпечує продовження роботи вентилятора певний час після вимкнення керуючого сигналу, щоб довентилювати повітря, видалити вологу та запахи.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Система В-5

Початкові дані:

кількість повітря що видається $G = 30 \text{ м}^3/\text{год}$;

внутрішня температура в приміщенні $t_{in} = 18^\circ\text{C}$;

Підбираємо витяжний вентилятор “Soler&Palau” VENT-100 NK.

Вентилятор оснащений функцією таймеру затримки, яка забезпечує продовження роботи вентилятора певний час після вимкнення керуючого сигналу, щоб довентилювати повітря, видалити вологу та запахи.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Аеродинамічний розрахунок системи ПВ1

Таблиця 10.1

Приплив ПВ1															
№ Діп.	Витрата повітря L, м ³ /ч	Довжина ділянки l, м	розміри повітропроводів			Площа сечення S, м ²	Швидкість повітря V, м/с	Число Рейнольдса Re	Динамічний тиск P _д , Па	Коефіцієнт опору λ	Втрати тиску на тертя 1м повітропроводу R, Па/м	втрати тиску на ділянці RI, Па	Сума коефіцієнтів в місцевих опорах Σξ	Втрати тиску на місцеві опори Z, Па	завальні втрати тиску RI+Z, Па
			Сторона a, мм	Сторона b, мм	Еквівалентний діаметр повітропроводу Øз, мм										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1-2	330	4	200	200	200	0,040	2,29	30260,022	3,14	0,025183	0,40	1,58	2,15	6,76	18,34
2-3	660	3,5	250	250	250	0,063	2,93	48416,035	5,15	0,022672	0,47	1,63	2,10	10,81	22,44
3-4	990	4,5	350	250	292	0,088	3,14	60520,044	5,91	0,021526	0,44	1,96	2,65	15,66	27,62
4-5	1650	33	500	250	333	0,125	3,67	80693,392	8,04	0,020224	0,49	16,11	2,80	22,52	63,63
														СУМА	132,03

Відгалуження															
1-2	30	10	100	100	100	0,010	0,83	5501,8222	0,42	0,037397	0,16	1,55	2,80	1,16	17,72
2-3	330	5,5	200	200	200	0,040	2,29	30260,022	3,14	0,025183	0,40	2,18	2,10	6,60	18,77
3-4	630	3,5	250	250	250	0,063	2,80	46215,306	4,69	0,022879	0,43	1,50	2,20	10,32	21,82
4-5	660	2	250	250	250	0,063	2,93	48416,035	5,15	0,022672	0,47	0,93	0,50	2,57	18,51
														СУМА	76,82
														Сума:	208,85

Витяжка ПВ1															
№ Діп.	Витрата повітря L, м ³ /ч	Довжина ділянки l, м	розміри повітропроводів			Площа сечення S, м ²	Швидкість повітря V, м/с	Число Рейнольдса Re	Динамічний тиск P _д , Па	Коефіцієнт опору λ	Втрати тиску на тертя 1м повітропроводу R, Па/м	втрати тиску на ділянці RI, Па	Сума коефіцієнтів в місцевих опорах Σξ	Втрати тиску на місцеві опори Z, Па	завальні втрати тиску RI+Z, Па
			Сторона a, мм	Сторона b, мм	Еквівалентний діаметр повітропроводу Øз, мм										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1-2	330	4	200	200	200	0,040	2,29	30260,02	3,14	0,025183	0,40	1,58	2,15	6,76	18,34
2-3	660	3,5	250	250	250	0,063	2,93	48416,04	5,15	0,022672	0,47	1,63	2,10	10,81	22,44
3-4	990	11,5	350	250	292	0,088	3,14	60520,04	5,91	0,021526	0,44	5,02	2,80	16,55	31,56
4-5	1650	35	500	250	333	0,125	3,67	80693,39	8,04	0,020224	0,49	17,08	2,80	22,52	64,60
														СУМА	136,95

Відгалуження															
1-2	300	1,5	200	200	200	0,040	2,08	27509,11	2,60	0,025683	0,33	0,50	1,85	4,80	15,30
3-3'	330	5	200	200	200	0,040	2,29	30260,02	3,14	0,025183	0,40	1,98	2,50	7,86	24,83
4-4'	630	5	250	250	250	0,063	2,80	46215,31	4,69	0,022879	0,43	2,15	2,15	10,08	22,23
8-8'	660	5,5	300	150	200	0,045	4,07	53795,59	9,93	0,022543	1,12	6,16	1,75	17,38	38,53
														СУМА	100,90
														Сума:	237,85

Продовження таблиці 10.2

Витяжка ПВ2															
№ Діп.	Витрата повітря L, м ³ /ч	Довжина ділянки l, м	розміри повітропроводів			Площа сечення S, м ²	Швидкість повітря V, м/с	Число Рейнольдса Re	Динамічний тиск P _д , Па	Коефіцієнт опору λ	Втрати тиску на тертя 1м повітропроводу R, Па/м	втрати тиску на тертя на ділянці Rl, Па	Сума коефіцієнтів в місцевих опорі Σξ	Втрати тиску на місцеві опори Z, Па	завальні втрати тиску Rl+Z, Па
			Сторона a, мм	Сторона b, мм	Еквівалентний діаметр повітропроводу Øз, мм										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1-2	180	5	160	160	160	0,026	1,95	20631,83	2,28	0,027526	0,39	1,96	2,55	5,82	17,78
2-3	270	4	160	160	160	0,026	2,93	30947,75	5,14	0,025354	0,81	3,25	2,40	12,32	15,58
3-4	540	4,5	250	250	250	0,063	2,40	39613,12	3,45	0,023594	0,33	1,46	1,80	6,20	17,67
4-5	720	4	250	250	250	0,063	3,20	52817,49	6,13	0,022295	0,55	2,19	0,60	3,68	5,86
5-6	840	3,5	300	250	273	0,075	3,11	56018,55	5,79	0,021933	0,47	1,63	0,60	3,47	5,10
6-7	990	6,5	350	250	292	0,088	3,14	60520,04	5,91	0,021526	0,44	2,83	0,30	1,77	4,61
7-8	1140	3	350	250	292	0,088	3,62	69689,75	7,84	0,020961	0,56	1,69	0,60	4,70	6,39
8-9	1600	2,5	500	250	333	0,125	3,56	78248,14	7,56	0,02034	0,46	1,15	0,30	2,27	3,42
9-10	2330	29	650	250	361	0,163	3,98	94957,38	9,49	0,019527	0,51	14,88	2,10	19,93	49,81
														СУМА	126,23
Відгалуження 1															
1-2	60	3,5	100	100	100	0,010	1,67	11003,64	1,66	0,03202	0,53	1,86	2,20	3,66	20,52
2-3	90	1	100	100	100	0,010	2,50	16505,47	3,74	0,029424	1,10	1,10	1,80	6,73	22,83
														СУМА	43,35
Відгалуження 2															
1-2	90	8,5	125	125	125	0,016	1,60	13204,37	1,53	0,030551	0,37	3,18	2,15	3,29	16,47
2-3	180	2	160	160	160	0,026	1,95	20631,83	2,28	0,027526	0,39	0,79	1,80	4,11	14,89
														СУМА	31,37
Відгалуження 3															
1-2	60	2,5	100	100	100	0,010	1,67	11003,64	1,66	0,03202	0,53	1,33	2,15	3,57	14,90
2-3	120	3,5	125	125	125	0,016	2,13	17605,83	2,72	0,028744	0,63	2,19	2,90	7,90	20,09
														СУМА	14,90
Відгалуження 4															
1-2	150	4	125	125	125	0,016	2,67	22007,29	4,25	0,027471	0,94	3,74	2,90	12,34	26,08
														СУМА	26,08
Відгалуження 5															
1-2	30	4	100	100	100	0,010	0,83	5501,822	0,42	0,037397	0,16	0,62	2,15	0,89	16,51
2-3	60	0,5	100	100	100	0,010	1,67	11003,64	1,66	0,03202	0,53	0,27	2,50	4,15	19,42
3-4	150	4	125	125	125	0,016	2,67	22007,29	4,25	0,027471	0,94	3,74	3,20	13,61	27,35
														СУМА	16,51
Відгалуження 6															
1-2	40	3	100	100	100	0,010	1,11	7335,763	0,74	0,035017	0,26	0,78	2,20	1,62	17,40
2-3	60	3,5	100	100	100	0,010	1,67	11003,64	1,66	0,03202	0,53	1,86	2,85	4,74	21,60
3-4	460	2,5	250	250	250	0,063	2,04	33744,51	2,50	0,024385	0,24	0,61	2,15	5,38	15,99
														СУМА	39,00
Відгалуження 7															
1-2	50	3	100	100	100	0,010	1,39	9169,704	1,15	0,033317	0,38	1,15	2,50	2,89	19,04
2-3	100	7	100	100	100	0,010	2,78	18339,41	4,62	0,028814	1,33	9,31	1,65	7,62	31,93
3-4	250	14	160	160	160	0,026	2,71	28655,32	4,40	0,02574	0,71	9,92	2,45	10,79	30,70
4-5	430	8,5	200	200	200	0,040	2,99	39429,73	5,33	0,023889	0,64	5,42	3,15	16,80	32,22
5-6	520	5,5	250	250	250	0,063	2,31	38145,97	3,20	0,023776	0,30	1,67	2,00	6,39	18,06
6-7	730	1	300	250	273	0,075	2,70	48682,79	4,37	0,022542	0,36	0,36	0,60	2,62	2,99
														СУМА	113,89
Відгалуження 8															
1-2	120	0,5	125	125	125	0,016	2,13	17605,83	2,72	0,028744	0,63	0,31	1,80	4,90	20,21
2-3	210	1,5	160	160	160	0,026	2,28	24070,47	3,11	0,026659	0,52	0,78	2,15	6,68	17,46
														СУМА	37,67
														Повна сума:	449,00

11.1 Вимоги до систем автоматизації

Системи теплопостачання є складними технічними комплексами, управління якими в ручному режимі потребує значних трудових ресурсів та високої кваліфікації персоналу. Використання автоматизованих засобів у таких системах дозволяє мінімізувати вплив людського фактора, оптимізувати теплотехнічні процеси, підвищити енергоефективність, покращити коефіцієнт корисної дії обладнання та забезпечити стабільний, безперервний режим роботи [21].

Для досягнення цих цілей необхідне застосування надійних, технологічно простих та компактних засобів автоматизації, які характеризуються малою масою, високою експлуатаційною надійністю та зручністю в обслуговуванні згідно [8].

У даному проекті передбачено використання серійно виготовлених приладів, регуляторів та інших промислових пристроїв. Особлива увага приділяється підвищенню ефективності функціонування системи теплопостачання шляхом удосконалення конструкцій обладнання, підвищення рівня його автоматизації та впровадження засобів комерційного обліку теплової енергії та води.

Комплексна автоматизація енергосистем є необхідною умовою сучасного теплопостачання, оскільки дає змогу зменшити витрати енергії в середньому на 10–20%. Важливою функцією автоматизації є також забезпечення безпеки праці: автоматичні захисні та блокувальні системи дозволяють оперативно реагувати на небезпечні ситуації у випадках, коли персонал не може своєчасно вжити необхідних заходів.

Сучасна автоматизація охоплює й питання екологічної безпеки. Для цього створюються системи автоматичного контролю та управління очисними спорудами й фільтрами, що сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля.

Отже, впровадження автоматизації у промислові процеси забезпечує

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

економію енергоресурсів та сировини, підвищення продуктивності праці, захист обладнання в аварійних режимах, поліпшення якості продукції та оптимізацію роботи систем у цілому.

Сучасні автоматизовані системи повинні відповідати таким ключовим вимогам:

Простота та надійність експлуатації – обладнання має бути зручним у використанні, легким для налаштування та технічного обслуговування, а також забезпечувати стабільну роботу в різних умовах.

Висока якість функціонування – система повинна гарантовано підтримувати необхідні технологічні параметри, забезпечуючи оптимальні режими роботи обладнання.

Висока точність регулювання та управління – автоматизовані засоби мають забезпечувати мінімальні відхилення від заданих значень, незалежно від зовнішніх факторів та змін навантаження.

Можливість дистанційного контролю та управління – сучасні системи повинні дозволяти оператору здійснювати вимірювання, керування та діагностику процесів у важкодоступних або небезпечних зонах, включаючи використання мережевих технологій та мобільного доступу.

Централізація та одночасність обробки даних – система має забезпечувати збір, реєстрацію та аналіз численних параметрів різної фізичної природи в єдиному інформаційному центрі.

Низька інерційність вимірювальних приладів – датчики та контролери повинні швидко реагувати на зміни, забезпечуючи точне вимірювання як повільних, так і швидкоплинних процесів.

Наявність розвинутих систем безпеки та захисту – сучасні автоматизовані комплекси мають бути обладнані:

1. автоматичними блокуваннями при аварійних режимах,
2. системами самодіагностики та прогнозування відмов,

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

3. механізмами захисту від перегріву, перевантажень, витоків,
4. кіберзахистом від несанкціонованого доступу,
5. резервованими каналами живлення та комунікації.

Застосування високонадійних компонентів та модулів – устаткування повинно мати підвищену довговічність, стійкість до зовнішніх впливів, мінімальний рівень відмов та можливість швидкої заміни модулів у разі несправності.

Можливість інтеграції та масштабування – система має підтримувати підключення додаткових пристроїв, модулів і функцій без повної модернізації обладнання, що є важливою вимогою для сучасних автоматизованих комплексів.

11.2 Автоматизація теплового пункту

У сучасних умовах керування більшістю технологічних процесів здійснюється за допомогою автоматизованих систем, які беруть на себе основні функції управління обладнанням, зменшуючи навантаження на персонал та підвищуючи точність і стабільність роботи. Такі системи формують необхідні керуючі сигнали для забезпечення оптимального перебігу технологічних процесів.

Сучасні системи опалення неможливо експлуатувати ефективно без впровадження комплексної автоматизації, яка охоплює управління, контроль та сигналізацію. Робота автоматизованого теплового пункту залежить від багатьох параметрів: температури теплоносія, температури зовнішнього та внутрішнього повітря, тиску, витрати води тощо.

Основні функції системи автоматизації:

- локальне та дистанційне вимірювання технологічних параметрів;
- автоматичне і дистанційне керування електродвигунами, запірною та регулювальною арматурою;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- автоматичний захист, що запобігає переходу перед аварійних ситуацій у аварійні;
- підтримання технологічних параметрів у межах заданих норм;
- реєстрація даних, передавання сигналів на диспетчерський пункт та формування повідомлень про відхилення.

11.3 Вимірювальні та регулювальні пристрої теплового пункту

Для вимірювання температур теплоносія застосовуються універсальні датчики температури ESMB (Danfoss). Вони встановлені на подаючому та зворотному трубопроводах теплової мережі, а також на лініях, що підводять і відводять теплоносій до системи опалення. Отримані значення передаються до електронного регулятора ECL Komfort 2000, який виконує функцію центрального керуючого елемента.

Регулятор також отримує сигнали від датчиків температури внутрішнього й зовнішнього повітря ESM-1, що дозволяє забезпечувати погодозалежне регулювання.

На подаючому трубопроводі встановлено регулятор прямої дії AVP, який підтримує стабільний перепад тиску. У разі його збільшення регулятор автоматично прикриває прохідний переріз, запобігаючи гідравлічним перевантаженням.

Температура води, що повертається до теплової мережі, повинна бути не нижче 40 °С. Контроль здійснюється датчиком TE 9, який через регулятор ECL керує седельним клапаном VM 2, обладнаним електроприводом AVM-10. Електропривід працює на основі імпульсів регулятора та забезпечує плавне, точне позиціонування клапана.

Привід має:

- механізм ручного керування,
- індикацію поточного положення,
- кінцеві вимикачі захисту від перевантажень,

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- пружинний повертаючий механізм, який автоматично закриває клапан у разі знеструмлення.

Облік теплової енергії:

На зворотному трубопроводі теплової мережі встановлено ультразвуковий теплोलічильник SONOMETER 2000, який забезпечує точне вимірювання витрати теплоносія. Теплообчислювач, інтегрований у прилад, формує вихідні сигнали та визначає кількість теплоти на основі даних датчиків температури TE2 та TE3.

Додатково на байпасній лінії встановлено окремий лічильник води для обліку витрати під час заповнення системи опалення згідно [9].

Циркуляційний насос та його автоматизація

У подаючому трубопроводі системи опалення встановлено циркуляційний насос WILO TOP-E, оснащений:

- цифровим дисплеєм,
- однокнопковим інтерфейсом управління,
- функцією автоматичного нічного зниження продуктивності,
- технологією плавного регулювання частоти обертів.

Насос працює на основі сигналів від регулятора ECL Komfort 2000, який отримує дані з датчиків температури TE 1, TE 10 та TE 13.

Режими роботи насоса:

$\Delta P - \text{const}$ — підтримання постійного напору незалежно від зміни витрати;
 $\Delta P - \text{variable}$ — плавна зміна напору відповідно до характеристики системи, що зменшує шум, спричинений роботою термостатичних вентилів.

Ручні налаштування:

вмикання / вимикання приводу;
 вибір типу регулювання;
 встановлення необхідного напору;

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

автоматичне зниження частоти обертів.

Всі режими роботи та повідомлення про несправності відображаються на дисплеї.

11.4 Автоматизація системи вентиляції

У складі системи вентиляції будівлі передбачено застосування двох припливно-витяжних установок: ПВ1 GreenSTR-2 та ПВ2 GreenSTR-4 виробництва фірми “Aerostar”. Дані установки є сучасними енергоефективними агрегатами модульного типу, які забезпечують подачу, очищення та термічну обробку повітря відповідно до вимог мікроклімату приміщень [8]. Важливою особливістю обох установок є наявність секцій з компресорно-конденсаторними блоками (ККБ), що дозволяють здійснювати як охолодження припливного повітря в теплий період року, так і догрів у зимовий сезон. Таким чином забезпечується цілорічна стабілізація параметрів повітря незалежно від зовнішніх температур.

Автоматизація вентиляційних установок базується на роботі вбудованої мікропроцесорної системи керування, яка виконує контроль за всіма основними параметрами процесу та реалізує алгоритми регулювання.

У складі автоматизації застосовуються датчики температури припливного та витяжного повітря, температури зовнішнього середовища, датчики диференціального тиску фільтрів, а також контролери швидкості ЕС-вентиляторів згідно [21]. На основі сигналів від цих приладів контролер забезпечує підтримання необхідної продуктивності повітря, своєчасне перемикання режимів роботи та підтримання заданої температури на виході установок.

Автоматична система також здійснює керування роботою ККБ, забезпечуючи оптимальне охолодження або нагрів повітря залежно від умов. У зимовий період контролер автоматично активує режими догріву, щоб запобігти переохолодженню припливного повітря та забезпечити комфортні температурні умови в приміщеннях. У теплий сезон активується режим охолодження, завдяки чому система підтримує задані параметри навіть при

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

значних температурних коливаннях зовні.

Системи вентиляції обладнані електроприводами повітряних заслінок, що дозволяє автоматично регулювати подачу зовнішнього та рециркуляційного повітря. Це сприяє підвищенню енергоефективності та забезпечує стабільність параметрів повітряного середовища. Автоматика установок також реалізує контроль стану фільтрів, визначаючи їх засмічення за перепадом тиску та формуючи відповідні сигналізації для обслуговуючого персоналу.

Важливим елементом автоматизації є система захисту. Вона включає захист компресорно-конденсаторних блоків від перевантажень та аварійних режимів, контроль обмерзання теплообмінників, а також автоматичне вимкнення установок при виникненні пожежної чи іншої надзвичайної ситуації. Всі аварійні та попереджувальні сигнали передаються на диспетчерський пункт, що дозволяє здійснювати централізований контроль за роботою вентиляційного обладнання.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розділ 12

Охорона праці

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні небезпечні та шкідливі фактори, що діють при монтажі опалення та вентиляції.

Таблиця 12.1

№ п/п	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	Джерело, види робіт	Кількісні оцінки	Норматив
1.	Падіння людей з висоти	Монтаж систем опалення і вентиляції	$h=3,3$ м, $h=13,2$ м	НПАОП 45.2-7.02-16 ДБН А.3.2-2:2018 ДБН В.2.5-67:2013
2.	Падіння предметів з висоти	Монтаж систем опалення і вентиляції	$h=3,3$ м, $h=13,2$ м	НПАОП 45.2-7.02-16 ДБН А.3.2-2:2018 ДБН В.2.5-67:2013
3.	Електричний струм	Зварювальні роботи/експлуатація технологічної оснастки	$U=380/220$ В	НПАОП 40.1-1.21-18 НПАОП 0.00-1.16-96 НПАОП 0.00-1.03-14
4.	Вібрація	Наладка і пуск систем в дію	$f=150$ Гц, $v=0,02$ м/с	ДСТУ 2300-93 ГОСТ 12.1.012-90 ДСН 3.3.6.039-99
5.	Виробничий шум	Наладка і пуск систем в дію	Рівень < 85 Дб	ДСН 3.3.6.037-99 ДСТУ ISO 1999:2018 ДСТУ EN ISO 11201:2019
6.	Освітлення робочих місць	Монтаж систем опалення і вентиляції	30 лк	СНІП II-4-85 ГОСТ 12.1.046-85
7.	Шкідливі речовини	Зварювальні	$ГДК_{CO_2}=2$ мг/м ³	ДСанПін 3.3.6.003-98
8.	Атмосферна електрика	Блискавкозахист	Середнє число ударів на 1 км ² - 7	ДСТУ Б В.2.5-23:2009

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

9.	Термічний фактор	Зварювальні	t _{звар ки} = 1200 °С	ДБН А. 3.2-2-2009
10.	Пожежна небезпека	Зварювальні	Категорія пожежоне безпечності – В	НАПБ А.01.001-2014

Заходи профілактики виявлення факторів, передбачених в інших розділах дипломного проекту.

1. Падіння людей з висоти.

Для забезпечення безпечних умов праці та зручного доступу до робочої зони необхідно правильно організувати робоче середовище. Однією з ключових вимог до безпеки монтажників є використання захисних засобів безпосередньо на місцях виконання монтажних робіт.

Під час роботи на висоті, а також при прийманні, встановленні та закріпленні конструкцій, безпека працівників забезпечується застосуванням колективних засобів захисту. До них належать приставні драбини з робочими майданчиками, металеві платформи, підмостки, що розміщуються на підкранових балках, а також монтажні площадки для з'єднання стиків збірних залізобетонних колон у багатоповерхових будівлях.

Окрім традиційних засобів колективного захисту, нині широко застосовують синтетичні захисні сітки, виготовлені з таких матеріалів, як капрон або лавсан, що додатково підвищують рівень безпеки.

Для проходів у стінах та перестінках, розташованих на висоті 0,7 м і більше від рівня перекриття, необхідно встановлювати огороження висотою не менше 1,1 м та бортову дошку висотою не менше 0,15 м. Стійки огорожень повинні встановлюватися з кроком не більше 2 м і з'єднуватися двома горизонтальними елементами.

Проходи в перекриттях мають бути або закриті суцільними настилами, або обладнані захисними огорожами.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Під час виконання висотних робіт монтажники та інші працівники повинні бути забезпечені запобіжними поясами та спеціальними страховочними пристроями.

2. Падіння предметів і конструкцій з висоти

Падіння предметів з висоти є одним із ключових факторів ризику під час монтажних робіт, тому його попередження відіграє важливу роль у системі профілактики виробничого травматизму.

У процесі монтажу будівельних конструкцій можливі ситуації втрати міцності або стійкості елементів, що можуть виникати через недостатній урахунок монтажних навантажень або з інших організаційно-технічних причин.

Чинні норми проектування будівельних конструкцій передбачають обов'язкове забезпечення їх міцності та стійкості на всіх етапах монтажу. У проектній документації визначаються місця стропування, які обираються відповідно до конструктивних вимог. Розташування монтажних з'єднань, що гарантують стійкість установлених елементів, визначається у проекті виконання робіт.

Категорично заборонено проводити монтаж елементів, які не обладнані монтажними петлями. Стropування повітропроводів та інших елементів систем вентиляції повинно здійснюватися відповідно до заздалегідь розроблених схем. Обрані способи стропування мають забезпечувати подачу елементів до місця встановлення у положенні, максимально наближеному до проектного.

Під час технологічних перерв забороняється залишати конструктивні елементи чи обладнання неповністю закріпленими.

3. Електричний струм.

Під час виконання робіт у зоні розташування елементів електромереж, що перебувають під напругою, виникає підвищений ризик випадкового контакту до струмопровідних частин. Для зниження небезпеки ураження електричним струмом обов'язковим є застосування основних засобів електрозахисту, які

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

здатні витримувати робочу напругу та забезпечують безпечний доступ до електроустановок. Для електроустановок з напругою до 1000 В використовуються діелектричні гумові рукавиці, інструмент з ізольованими рукоятками, переносні струмошукачі. У разі роботи з електроустановками, що мають напругу понад 1000 В, застосовуються ізолюючі штанги, спеціальні ізольовані та струмовимірювальні кліщі.

При організації тимчасових електричних мереж на будівельному майданчику необхідно передбачити можливість оперативного відключення всіх електроустановок у межах окремих об'єктів або робочих зон. Усі струмопровідні частини мають бути надійно ізольовані, огорожені або розміщені в місцях, недоступних для випадкового контакту працівників. Це забезпечує необхідний рівень електробезпеки під час виконання монтажних, налагодочних або ремонтних робіт.

Електрозварювальні установки повинні підключатися до мережі живлення через рубильник із запобіжниками або автоматичним вимикачем, що забезпечує захист від перевантажень і коротких замикань. Наявність справних засобів комутації та захисту дозволяє своєчасно знеструмити обладнання у разі виникнення небезпечної ситуації, запобігаючи травмам та пошкодженню електрообладнання.

4. Вібрація.

Розроблення заходів щодо захисту від вібрації доцільно розпочинати вже на стадії проектування технологічних процесів, вибору обладнання, планування виробничих приміщень та організації робочих місць. Попереднє врахування вібраційних навантажень дозволяє значно зменшити їх негативний вплив на персонал, обладнання та будівельні конструкції.

Методи зниження шкідливих вібрацій від машин та механізмів умовно поділяють на два основні напрями:

1. методи, спрямовані на зменшення інтенсивності збуджуючих сил безпосередньо у джерелі їх виникнення;
2. методи, що забезпечують послаблення або повне припинення поширення

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

вібрацій на шляху від джерела до інших елементів обладнання чи конструкцій приміщення.

До технологічних заходів належать вибір оптимальних технологічних процесів та використання обладнання з мінімальним рівнем динамічних навантажень. Важливо віддавати перевагу машинам зі збалансованими обертовими та зворотно-поступальними частинами, а також агрегатам з пониженим рівнем власних резонансних коливань.

Одним із найбільш ефективних засобів боротьби зі шкідливою вібрацією є застосування пасивної віброізоляції, яка включає встановлення обладнання на віброгасячі опори, пружні прокладки, гумові або пружинні компенсатори. Такі елементи зменшують передачу вібрацій на опорні конструкції, підвищують комфорт роботи персоналу та сприяють продовженню строку служби обладнання.

5. Виробничий шум.

До технологічних заходів, спрямованих на зниження шкідливого впливу шуму, належить вибір таких технологічних процесів та обладнання, при яких використовуються механізми і машини з мінімальними динамічними навантаженнями та зниженим рівнем шумовиділення. На етапі проектування доцільно віддавати перевагу агрегатам із плавним режимом роботи, конструктивно збалансованими вузлами та зменшеними віброшумовими характеристиками.

Для захисту працівників, які виконують роботи у виробничих приміщеннях із шумним обладнанням, застосовується комплекс інженерно-технічних заходів. До основних належать:

1. звукоізоляція допоміжних приміщень, що безпосередньо межують із шумовою зоною;
2. встановлення кабін нагляду та дистанційного управління, які дозволяють вивести персонал за межі інтенсивного шумового впливу;
3. використання акустичних екранів, кожухів та кожухів-огорож, що обмежують поширення шуму у робочий простір;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

4. обробка стін, стелі та інших конструкцій звукопоглинаючими матеріалами, а також застосування спеціальних штучних поглиначів (панельних, пористих, резонансних тощо).

Для підтримання безпечних умов праці необхідно дотримуватися встановленого максимально допустимого рівня шуму на робочих місцях, який не повинен перевищувати 85 дБ. Якщо засоби колективного захисту не забезпечують потрібного зниження шуму до нормативних значень, додатково застосовуються індивідуальні засоби захисту, зокрема протишумові навушники, вкладиші (беруші) та спеціальні шумозахисні шоломи. Рівень звукового тиску в нормованому частотному діапазоні повинен відповідати вимогам діючих санітарних норм та не перевищувати гранично допустимих значень, встановлених для конкретних категорій виробничих приміщень і видів робіт. Це забезпечує безпечні умови праці та знижує ризик професійних захворювань, пов'язаних із тривалим впливом надмірного шуму.

6. Освітлення робочих місць.

Освітленість робочих місць повинна відповідати характеру та точності виконуваної візуальної роботи, оскільки підвищення рівня освітленості робочих поверхонь сприяє зростанню продуктивності праці та зменшенню зорового навантаження. Водночас існує раціональна межа, за якою подальше збільшення освітленості не забезпечує покращення умов праці та стає економічно недоцільним.

Однією з ключових вимог є рівномірний розподіл яскравості в зоні робочого місця. Невідповідність рівнів освітленості змушує органи зору постійно адаптуватися, що викликає втому, зниження концентрації та загальне погіршення самопочуття працівника.

Не менш важливо уникати різких та глибоких тіней, оскільки вони спотворюють реальні розміри та форму об'єктів, ускладнюють візуальне сприйняття та можуть створювати небезпечні ситуації, пов'язані з неправильною оцінкою простору або рухомих механізмів.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Постійність рівня освітленості протягом часу також має суттєве значення. Коливання світлового потоку призводять до повторної адаптації зору, що викликає швидку втому та зниження працездатності. Саме тому системи освітлення повинні забезпечувати стабільний світловий режим.

У виробничих зонах, де розташоване обладнання вентиляції та опалення, передбачається рівномірне освітлення з рівнем не менше 30 лк, що відповідає вимогам безпеки та нормам мінімальної освітленості для допоміжних приміщень технічного призначення.

У разі недостатнього або повністю відсутнього природного освітлення обов'язково застосовується штучне електричне освітлення. Для забезпечення освітленості робочих ділянок використовуються джерела світла з відповідними характеристиками. У даному випадку передбачено застосування ламп розжарювання, які забезпечують необхідну інтенсивність освітлення та достатню стабільність світлового потоку.

7. Шкідливі зони.

Під час виконання ізоляційних робіт із застосуванням шлаковати, мінеральної вати або волокнистого азбесту в робочу зону виділяється значна кількість пилу, що може становити небезпеку для здоров'я працівників. Тому при роботі з такими матеріалами обов'язковим є використання індивідуальних засобів захисту органів дихання та зору, зокрема респіраторів відповідного класу фільтрації та захисних окулярів.

Працівники, які виконують ізоляційні операції, повинні бути забезпечені спеціальним одягом, що мінімізує контакт із волокнистими частинками.

Рекомендовано використовувати бавовняні комбінезони, шкіряне або закрите захисне взуття, а також рукавиці з брезенту або гуми, які запобігають травмуванню та подразненню шкіри.

Під час транспортування шлаковати, мінеральної вати або азбестових матеріалів на висоту слід застосовувати спеціальну тару чи контейнери, які унеможливають розсіпання волокон у повітрі. Матеріали необхідно обережно складувати, уникаючи їх кидання чи ударів, оскільки це спричиняє

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

додаткове пиловиділення та збільшує ризик забруднення робочої зони.

8. Атмосферна електрика.

Для забезпечення надійного захисту адміністративної будівлі від прямих ударів блискавки на її покрівлі передбачено встановлення блискавкозахисної сітки. Сітка виконана у вигляді регулярної решітки з осередками 3×3 метри, виготовленої з металевого дроту діаметром 25 мм. Така конструкція створює суцільний екран, що приймає на себе розряд блискавки та запобігає його проникненню в будівлю.

Для відведення струму блискавки від сітки до контуру заземлення використовуються спеціальні струмовідводи. Вони виконані зі сталеві круглої проволони діаметром 8 мм і встановлюються по фасадах будівлі в місцях, які забезпечують найкоротший та найнадійніший шлях до системи заземлення. Сукупність цих елементів формує повноцінну зовнішню систему блискавкозахисту, яка гарантовано знижує ризик пошкодження будівлі та електротехнічних систем у разі грозових розрядів.

9. Протипожежна безпека

Під час проведення будівельно-монтажних робіт на об'єкті необхідно суворо дотримуватися вимог «Правил пожежної безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт». Особлива увага приділяється організації території та поводженню з матеріалами, що можуть становити пожежну чи вибухову небезпеку.

У зоні радіусом не менше ніж 50 метрів від місця зберігання легкозаймистих матеріалів категорично забороняється використання відкритого вогню, проведення зварювальних чи інших вогневих робіт. Це дозволяє мінімізувати ризики займання та забезпечує безпечні умови праці.

Матеріали, що містять шкідливі, токсичні або вибухонебезпечні речовини, повинні зберігатися виключно в герметично закритих відсіках або спеціально облаштованих зонах, які унеможливають їхнє неконтрольоване випаровування чи взаємодію з навколишнім середовищем.

При проведенні робіт з підігрівання бітумних сумішей у внутрішніх

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

приміщеннях забороняється застосування будь-яких пристроїв, що працюють з відкритим полум'ям. Такі технологічні операції повинні виконуватись із використанням обладнання закритого типу, що відповідає вимогам пожежної безпеки та виключає можливість загоряння.

10. Термічний фактор.

Під час виконання ізоляційних робіт, зокрема гідроізоляції, теплоізоляції та антикорозійного захисту, при застосуванні вогнебезпечних матеріалів та шкідливих речовин необхідно забезпечити захист працюючих від їхнього впливу, а також від можливих термічних та хімічних опіків.

Бітумну мастику слід транспортувати до робочих місць за допомогою битумопроводів або вантажопідіймальних механізмів. Якщо за виробничою необхідністю гарячий бітум переміщується вручну, для цього повинні використовуватися металеві бачки у формі усіченого конуса, обладнані герметичними кришками та надійними запірними пристроями.

Забороняється застосовувати бітумну мастику з температурою понад 180 °С. Казани для нагрівання та розігрівання мастики мають бути обладнані приладами контролю температури, а також щільно закриватися кришками. У казан дозволено завантажувати лише сухий наповнювач; потрапляння снігу, льоду або вологи категорично недопустиме. Поблизу варочного казана повинні розміщуватися первинні засоби пожежогасіння.

Під час виконання ізоляційних операцій у закритих приміщеннях або всередині апаратів необхідно забезпечити належне провітрювання та використовувати місцеве електроосвітлення, підключене до мережі напругою не вище 12 В та виконане у вибухобезпечному варіанті.

При роботі з гарячим бітумом потрібно суворо дотримуватися безпечних інтервалів між робочими ланками, які не повинні наближатися одна до одної на відстань ближче 10 м.

Під час приготування бітумної ґрунтовки, що складається з розчинника та бітуму, необхідно дотримуватися безпечної технологічної послідовності: розплавлений бітум вливають у розчинник, а не навпаки. Вливання

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

розчинника у розплавлений бітум забороняється через ризик спалаху та вибуху.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Арк.</i>

Висновок

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розроблені рішення з автоматизації забезпечують погодозалежне регулювання роботи систем опалення і вентиляції, підтримання комфортних параметрів мікроклімату та оптимальні режими роботи повітряного теплового насоса. Це сприяє додатковому підвищенню енергоефективності та надійності інженерних систем будівлі.

У розділі з охорони праці розглянуто основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з експлуатацією інженерного обладнання, та запропоновано заходи щодо забезпечення безпечних умов праці й запобігання виробничому травматизму.

За результатами виконаної роботи можна зробити висновок, що застосування повітряного теплового насоса для підігрівання припливного повітря в громадських будівлях є технічно можливим, економічно доцільним та енергоефективним рішенням для умов м. Київ. Запропоновані інженерні рішення можуть бути використані при проектуванні та модернізації систем опалення і вентиляції громадських будівель з метою зниження енергоспоживання та підвищення рівня комфорту внутрішнього середовища.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

СПИСОК ВИКОРИТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель"
2. ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Зі Зміною № 1
3. ДСТУ EN 14511-4:2023 Кондиціонери повітряні, агреговані охолоджувачі рідини та теплові насоси з компресором із електроприводом. Частина 4. Вимоги (EN 14511-4:2022, IDT)
4. ДСТУ EN 14825:2023 Кондиціонери, рідинні холодильні агрегати та теплові насоси з компресорами з електричним приводом для опалення та охолодження приміщень. Випробування та визначення характеристик в умовах часткового навантаження та розрахунок сезонних робочих характеристик (EN 14825:2022, IDT)
5. ДСТУ EN 308-2001 Теплообмінники. Методи випробовування пристроїв регенерування теплоти повітря-повітря та повітря-відпрацьований газ для визначання експлуатаційних характеристик (EN 308:1997, IDT)
6. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія"
7. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель
8. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування"
9. ДСТУ EN 12831-1:2017 Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження, Модуль М3-3 (EN 12831-1:2017, IDT)
10. ДСТУ EN ISO 52016-1:2022 Енергоефективність будівель. Енергопотребителі для опалення та охолодження, внутрішні температури і навантаження за явною та прихованою теплою. Частина 1. Методики розрахунку (EN ISO 52016-1:2017, IDT; ISO 52016-1:2017, IDT)
11. Каталог продукції KORADO RADIK:2023 <https://korado.in.ua/>
12. Каталог продукції: арматура для систем опалення та регулювання: 2024 <https://herz.ua/wp-content/uploads/katalog-produkcziyi-ua-2024-1.pdf/>
13. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

мережі та споруди. Теплові мережі. Зі Зміною № 1

14. Опалення. Методичні вказівки до виконання розділу «Гідравлічний розрахунок водяного опалення» курсового проекту для студентів напрямку підготовки. «Будівництво» за професійним спрямуванням «Теплогазопостачання і вентиляція» / Уклад.: О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Мілейковський, В.О.Любарець. – К.: КНУБА, 2015.
15. Опалення. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплова потужність систем водяного опалення» курсового та дипломного проектів з дисципліни опалення для студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Теплогазопостачання і вентиляція»./ Уклад.: О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Любарець. – К.: КНУБА: 2016р.
16. ДСТУ EN 442-1:2019 Радіатори та конвектори. Частина 1. Технічні умови та вимоги (EN 442-1:2014, IDT)
17. ДСТУ EN 15316-4-2:2017 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергетичних потреб системи та ефективності системи. Частина 4-2. Системи опалення приміщень, системи теплових насосів. Модуль М3-8-2, М8-8-2 (EN 15316-4-2:2017/АС:2017, IDT). Поправка № 1:2022
18. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT)
19. ДСТУ EN 1505:2022 Вентиляція будівель. Повітропроводи та арматура з листового металу прямокутного поперечного перерізу. Розміри (EN 1505:1997, IDT)
20. ДСТУ EN 16798-3:2019 Енергоефективність будівель. Вентиляція будівель. Частина 3. Вентиляція в нежитлових будівлях. Експлуатаційні вимоги до систем вентиляції та кондиціонування повітря в приміщенні (модулі М5-1, М5-4) (EN 16798-3:2017, IDT)

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

