

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ТА ЕКОЛОГІЇ

ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ

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

на тему:

**«ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА БІОСФЕРНОЇ СУМІСНОСТІ
АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ У М.КИЄВІ»**

КРИВОНОС БОГДАН ВАСИЛЬОВИЧ

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ТА ЕКОЛОГІЇ

ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф., к.екон.н. Предун К.М.

« ___ » _____ 20__ року

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

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА БІОСФЕРНОЇ СУМІСНОСТІ
АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ У М.КИЄВІ**

Виконав студент групи ТВм-2024-2

192 Будівництво та цивільна інженерія

Теплогазопостачання та вентиляції

Кривонос Богдан Васильович

Керівник Жук Г.В.

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: ФІСЕ

Кафедра: ТГПіВ

Освітній рівень: «магістр за ОПП/ОНП»

Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: Теплогазопостачання та вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету
проф., д.т.н. Приймак О.В.
„___” _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

КРИВОНОС БОГДАН ВАСИЛЬОВИЧ

1. Тема роботи : « Підвищення енергоефективності та біосферної сумісності адміністративної будівлі у м.Києві».

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

2. Керівник роботи

ЖУК ГЕННАДІЙ ВІЛІОРОВИЧ

3. Строк подання студентом роботи до захисту 20 грудня 2025 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

1. Вихідні дані до проектування.

2. Основні напрямки підвищення енергоефективності у адміністративних будівлях.

3. Розрахунок систем опалення.

4. Розрахунок системи вентиляції та кондиціонування повітря.

5. Організація та технологія монтажу інженерних систем.

6. Загальні висновки.

5. Графічний матеріал за розділами

1. Архітектурно – будівельні рішення житлового будинку.

2. Не вимагається.

3. Структурні схеми опалення. Схеми та обладнання дахової котельні.

Вузли.

4. Структурні схеми опалення. Узли.

5. Календарний план-графік виконання монтажних робіт

6. Не вимагається.

7. Календарний план виконання роботи: а) наукова частина;
б) практична частина.

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Вихідні дані до проектування.	
Розділ 2. Основні напрямки підвищення енергоефективності у адміністративних будівлях.	
Розділ 3. Розрахунок систем опалення.	
Розділ 4. Розрахунок системи вентиляції та кондиціонування повітря.	
Розділ 5. Організація та технологія монтажу інженерних систем.	
Розділ 6. Загальні висновки.	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			
Розділ 5			
Розділ 6			

9. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри

_____ (підпис)

Предун К.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник

_____ (підпис)

Жук Г.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Студент

_____ (підпис)

Кривонос Б.В.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (SUMMARY) до кваліфікаційної роботи здобувача:		<i>Кривонос Богдан Васильович</i> <i>Kryvonos Bohdan Vasylouych</i> (ПІБ здобувача українською та англійською)	
<i>ЗВО</i>	Київський національний університет будівництва і архітектури		
<i>Тема</i> (українською та англійською)	Підвищення енергоефективності та біосферної сумісності адміністративної будівлі у м.Києві Improving the energy efficiency and biosphere compatibility of an administrative building in Kyiv.		
<i>Освітній ступінь</i>	Магістр		
<i>Факультет</i>	Інженерних систем та екології		
<i>Випускова кафедра</i>	Теплогазопостачання та вентиляція		
<i>Спеціальність</i>	192 «Будівництво та цивільна інженерія»		
<i>Освітня програма</i>	Теплогазопостачання і вентиляція		
<i>Керівник</i>	<i>Жук Геннадій Віліорович</i>		
<i>Обсяг роботи:</i>	<i>пояснювальна записка, стор.</i>	<i>розділів</i>	<i>креслень формату A1_</i>
	<i>100</i>	<i>6</i>	<i>9</i>
<i>Розділ 1</i>	Вихідні дані до проектування		
<i>Розділ 2</i>	Основні напрямки підвищення енергоефективності у адміністративних будівлях		
<i>Розділ 3</i>	Розрахунок систем опалення		
<i>Розділ 4</i>	Розрахунок системи вентиляції та кондиціонування повітря		
<i>Розділ 5.</i>	Організація та технологія монтажу інженерних систем		
<i>Розділ 6.</i>	Загальні висновки		
<i>Висновки по роботі:</i>			
<i>Ключові слова:</i>	<i>Енергоефективність, біосферна сумісність.</i>		
<i>Keywords:</i>	Energy efficiency, biosphere compatibility.		

Здобувач: Кривонос Богдан / /

Керівник: Жук Геннадій Віліорович / /

“ ___ ” _____ 2025

Зміст

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1	
ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПРОЕКТУВАННЯ	
1.1.Характеристика об'єкту будівництва та географічний пункт будівництва:	
1.2.Розрахункові параметри зовнішнього повітря:	
1.3.Розрахункові параметри внутрішнього повітря:	
РОЗДІЛ 2	
Основні напрямки підвищення енергоефективності у адміністративних будівлях	
РОЗДІЛ 3 Розрахунок системи опалення	
3.1.Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій	
3.2.Організація та технологія термомодернізації зовнішніх огорожень	
3.3.Розрахунок тепловтрат	
3.4.Обґрунтування вибору та характеристика прийнятої системи	
РОЗДІЛ 4	
РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.....	
4.1.Теплонадходження в приміщені.....	
4.1.1.Теплонадходження від людей.....	
4.1.2.Теплонадходження від джерел штучного освітлення	
4.1.3.Теплонадходження від сонячної радіації	
4.2 Тепловий баланс.....	
4.3 Повітряний баланс в приміщенні	
4.4 Аеродинамічний розрахунок	
4.5.Визначення корисної та повної продуктивності центрального кондиціонера	

4.6.Організація повітрообміну і розподіл повітря в приміщенні	
4.7.Підбір обладнання систем вентиляції та кондиціонування	
Розділ 5. Організація та технологія монтажу інженерних систем	
5. Організація монтажу систем вентиляції та аспірації	
5.1 Технічна документація для виконання монтажних робіт	
5.2 Проект виробництва робіт, його склад і призначення	
5.3 Будівельна готовність об'єкту до початку монтажних робіт.....	
5.4 Техніка безпеки та охорона праці.....	
Розділ 6	
6. Загальні висновки.....	
Список використаної літератури	

ВСТУП

Вступ

Реконструкція інженерних систем є однією з ключових складових процесу модернізації адміністративних будівель у сучасних умовах розвитку будівельної галузі. Зростання вимог до енергоефективності, екологічної безпеки та рівня комфорту перебування людей у будівлях зумовлює необхідність застосування новітніх інженерних рішень і технологічних підходів. Такі рішення повинні забезпечувати оптимальні параметри мікроклімату, раціональне використання енергоресурсів та комфортні умови для працівників і відвідувачів, які здійснюють у будівлях різноманітні функціональні дії.

Інженерна інфраструктура України на сьогодні залишається одним із найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів, при цьому до 50 % таких ресурсів імпортується з-за кордону. Водночас дана сфера є однією з найменш реформованих та економічно відсталих галузей національної економіки. Незважаючи на те, що загальний рівень енергозалежності України наближається до середньоєвропейських показників і має тенденцію до поступового зниження, валовий внутрішній продукт країни залишається значно більш енергоємним у порівнянні з державами Європейського Союзу. У зв'язку з цим першочерговим завданням для сучасної України є підвищення рівня енергоефективності існуючого житлового та громадського фонду.

Основною метою реконструкції інженерних систем будівель є суттєве підвищення їх енергоефективності. Більшість наявних інженерних систем у будівлях зведених у попередні десятиліття не відповідають сучасним нормативним вимогам через використання застарілих технологій, низькоефективного обладнання або дешевих матеріалів. У результаті цього значно зростають експлуатаційні витрати на опалення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання та електропостачання, а

також ускладнюється забезпечення належного рівня комфорту для користувачів будівель.

Модернізація або повна заміна застарілих інженерних систем дозволяє суттєво скоротити споживання енергоресурсів, знизити витрати на експлуатацію будівель і, як наслідок, зменшити негативний вплив на навколишнє природне середовище. Крім того, підвищення темпів реконструкції та термомодернізації будівель є необхідним, оскільки існуючий фонд будівель становить сектор з найбільшим потенціалом енергозбереження в масштабах держави.

Будівлі відіграють надзвичайно важливу роль у досягненні стратегічних кліматичних цілей України, зокрема щодо скорочення викидів парникових газів до 2050 року на 80–95 % у порівнянні з рівнем 1990 року. Саме тому комплексна реконструкція інженерних систем адміністративних та житлових будівель є не лише технічним, а й соціально-економічним та екологічним завданням загальнодержавного значення.

Не менш важлива ціль – це покращити якість повітря, адже комп'ютерні технології розвиваються дуже швидко і в зв'язку з цим кількість тепла і пилу які надходять в приміщення збільшується, а застарілі системи вентиляції не можуть коригуватись самостійно в залежності від внутрішніх параметрів мікроклімату. Тому для досягнення комфортних умов праці чи перебування людей, дуже важливо слідкувати за актуальними технологіями.

На вдачу сучасні системи кондиціонування надають можливість створювати індивідуальні кліматичні умови для різних зон будівлі, приміщень то що. В взаємодії з автоматикою та інтелектуальними системами можна не тільки досягнути необхідних параметрів але й контролювати їх в реальному часі.

Ця атестаційно-випускна робота розроблена для аналізу існуючих інженерних систем, а також їх реконструкції з використанням сучасних підходів. У цій роботі я врахував всі моменти пов'язані з вимогами до нових систем, методами для покращення умов експлуатації та відповідно фінансовими питаннями реконструкції

РОЗДІЛ 1
ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Характеристика об'єкту будівництва та географічний пункт будівництва:

- Місто проектування: **м.Київ**
- Призначення будівлі: **Адміністративна будівля**
- Географічна широта: **50° 27'**
- Барометричний тиск: **101,08 кПа**

Таблиця 1.1

Приміщення	К-ть люде й,п, люд	Площа, F, м ²	Висо та прим і- щенн я,Н, м	Об'є м,V, м ³	Орієнтац ія зовнішнь ої стіни ходу по сторонам світу	Висот а робоч ої зони, h, м
<u>Вестибюль</u>	12	72,44	4,51	326,7	-	2
<u>Ліфтовий хол</u>	3	17,74	4,51	78,6	Сх	2
<u>Коридор</u>	2	11,09	4,51	50	-	2
<u>Сан.вузол чоловічий</u>	1	6,61	4,51	29,8	Пн/Сх	2
<u>Сан.вузол жіночий</u>	1	5,23	4,51	23,58	Сх	2
<u>Сан.вузол для МГН</u>	1	6,09	4,51	27,5	Сх	2
<u>Підсобне приміщення</u>	0	2,34	4,51	10,5	Пн	2
<u>Сходові клітини НЗ</u>	3	18,82	4,51	84,9	Зх	2
<u>Тамбур</u>	1	5,47	4,51	24,7	Зх	2
<u>Електрощитова</u>	3	17,22	4,51	77,7	Пн	2
<u>Водомірний вузол</u>	3	17,72	4,51	79,9	Пн	2
<u>Приміщення охорони, диспетчерська</u>	3	18,46	4,51	83,25	Пн	2
<u>Тамбур магазину</u>	2	12,11	4,51	54,6	Пд	2
<u>Магазин</u>	33	196,8 1	4,51	887,6	Пд/Зх	2
<u>Приміщення вводу</u>	1	6,73	4,51	30,35	Зх	2

<u>ВК</u>						
<u>Підсобне приміщення</u>	1	4,32	4,51	19,5	-	2
<u>Коридор</u>	5	28,1 1	4,51	126,8	-	2
<u>Підсобне приміщення</u>	3	15,7 9	4,51	71,21	Сх	2
<u>Теплопункт</u>	3	18,5 4	4,51	83,6	Пн/Зх	2
<u>Сходова клітина НІ</u>	3	19,2 5	4,51	86,8	Пд/Сх	2
<u>Ганок</u>	3	19,0 3	4,51	85,8	Пд	2

Інші поверхи розраховуються за схожим методом.

1.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря:

(таблиці заповненні за допомогою Id-діаграми та вихідних даних)

Таблиця 1.2

Розрахункові параметри для зовнішнього повітря

<i>Період року</i>	<i>Температура t, °C</i>	<i>Ентальпія I, кДж/кг</i>	<i>Вологовміст d, г/кг</i>	<i>Відносна вологість φ, %</i>
Теплий	28	70	16,45	69
Холодний	-22	-21	0,4	83

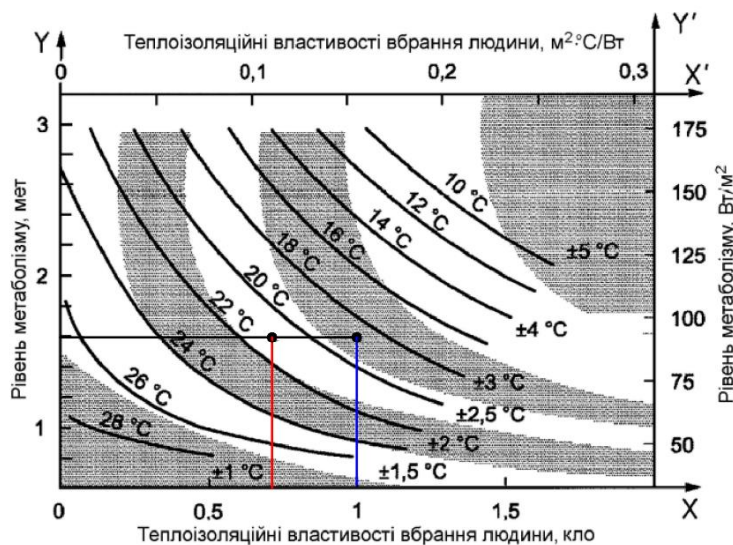
1.3 Розрахункові параметри внутрішнього повітря:

- Система кондиціонування працює для підтримання оптимальних параметри повітря в приміщенні згідно ДБН «Опалення, вентиляція та кондиціонування», дод. Д, табл.1
- Температура внутрішнього повітря залежить від рівня метаболізму людини та властивостей одягу споживача;

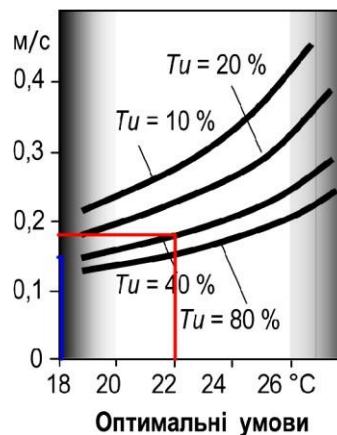
Рівень метаболізму: **116 Вт/м²** (2,0 мет), за дод. Д, табл.Д.2[2]

Теплоізоляційні властивості споживача залежать від одягу, табл. Д.3[2]:

- ✓ Холодний період року – **1,0 кло** (**0,155 м²-К/Вт**)
- ✓ Теплий період року – **0,7 кло** (**0,110 м²-К/Вт**)



- Швидкість руху повітря в робочій зоні залежить від турбулентності та температури внутрішнього повітря. Приймаємо: **Tu = 40%**



Відносна вологість повітря в робочій зоні залежить від умов мікроклімату, приймається за дод.Д, табл. Д 5[2]:

Таблиця 1.3

Умови мікроклімату	Відносна вологість повітря, %
Оптимальні умови	25-60

Таблиця 1.5

Період року	Категорія робіт	Оптимальні норми на постійних робочих місцях		
		Температура повітря 0С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с, не більше
Холодний період	Важка: III	16-18	60-40	0,3
Теплий період	Важка: III	18-20	60-40	0,4

Таблиця 1.6

Розрахункові параметри для внутрішнього повітря

Приміщення	Період року	Температура	Відносна вологість φ , %	Рухливість повітря V , м/с	ГДК CO_2 , г/м ³
Конферен.зала	Теплий	24	25-60	0,4	500
	Холодний	20		0,3	
Офісне приміщення	Теплий	24	25-60	0,2	500
	Холодний	22		0,19	
Складське приміщення	Теплий	20	40-60	0,4	500
	Холодний	18		0,3	

РОЗДІЛ 2

Основні напрямки підвищення енергоефективності у адміністративних будівлях

2. Основні напрямки підвищення енергоефективності у адміністративних будівель

Адміністративні будівлі України відіграють важливу роль у функціонуванні державних та муніципальних установ, забезпечуючи робочі умови для персоналу та надання публічних послуг населенню. До цієї категорії належать будівлі органів державної влади, місцевого самоврядування, офісні центри, навчальні та наукові установи, а також інші громадські будівлі. Більшість адміністративних будівель були зведені в період масового будівництва другої половини ХХ століття та характеризуються низьким рівнем теплозахисту, застарілими інженерними системами і високими питомими показниками споживання енергоресурсів. У сучасних умовах підвищення тарифів на енергоносії, обмеженості бюджетного фінансування та необхідності виконання міжнародних зобов'язань України у сфері енергоефективності проблема зниження енергоспоживання адміністративних будівель набуває особливої актуальності.

Одним із пріоритетних напрямків підвищення енергоефективності адміністративних будівель є **комплексна термомодернізація будівельної оболонки**. Основними шляхами тепловтрат є зовнішні стіни, покрівля, перекриття над неопалюваними підвалами, а також віконні та дверні прорізи. Утеплення фасадів із застосуванням сучасних теплоізоляційних матеріалів, таких як мінераловатні плити або пінополістирол, дозволяє знизити тепловтрати на 30–50 %. Значний ефект також забезпечує заміна застарілих вікон на енергоефективні металопластикові або алюмінієві конструкції з дво- чи трикамерними склопакетами та низькоемісійним покриттям. Теплоізоляція покрівель і підлог першого поверху сприяє зменшенню втрат тепла в холодний період року та підвищенню температурної стабільності приміщень.

Важливим елементом підвищення енергоефективності є **модернізація систем опалення адміністративних будівель**. У багатьох будівлях експлуатуються однокотурбні або розбалансовані двокотурбні системи опалення без можливості індивідуального регулювання тепловіддачі. Встановлення сучасних радіаторів із терморегуляторами, проведення гідравлічного балансування системи, заміна зношених трубопроводів і арматури дозволяють забезпечити рівномірний розподіл теплової енергії та уникнути її перевитрат. Особливу роль відіграє впровадження індивідуальних теплових пунктів з автоматичним погодним регулюванням, що забезпечують адаптацію режимів теплопостачання до змін зовнішньої температури повітря та реального теплового навантаження будівлі.

Суттєві резерви енергозбереження зосереджені у **системах вентиляції та кондиціонування повітря**. У багатьох адміністративних будівлях вентиляція здійснюється природним способом або за допомогою застарілих механічних систем без рекуперації тепла. Впровадження сучасних припливно-витяжних вентиляційних установок з рекуператорами тепла дозволяє повертати до 60–80 % теплової енергії витяжного повітря, що суттєво знижує витрати на опалення в холодний період року. Використання енергоефективних систем кондиціонування з інверторними компресорами забезпечує зменшення споживання електроенергії та підтримання комфортних параметрів мікроклімату в літній період.

Окремої уваги потребує **оптимізація систем освітлення адміністративних будівель**. Освітлення є одним із основних споживачів електроенергії, особливо в будівлях із тривалим режимом роботи. Перехід на світлодіодні світильники дозволяє знизити споживання електроенергії на 50–70 % у порівнянні з традиційними джерелами світла. Додатковий ефект забезпечує використання датчиків руху, присутності та природної освітленості, а також автоматизованих систем керування освітленням, що дозволяють вмикати світло лише за необхідності.

Важливим організаційно-технічним напрямком є **впровадження систем обліку, моніторингу та енергетичного менеджменту**. Наявність вузлів обліку теплової енергії, газу, електроенергії та води є необхідною передумовою для контролю фактичного споживання ресурсів. Запровадження систем енергоменеджменту на рівні окремих адміністративних будівель або груп об'єктів дозволяє здійснювати регулярний аналіз енергоспоживання, визначати неефективні режими роботи обладнання та оцінювати ефективність реалізованих заходів з енергозбереження. Проведення енергетичних аудитів є важливим інструментом для формування обґрунтованих програм підвищення енергоефективності.

Перспективним напрямком є **використання відновлюваних та альтернативних джерел енергії** в адміністративних будівлях. Застосування сонячних фотоелектричних панелей дозволяє частково покривати потреби будівель в електричній енергії, а сонячні колектори можуть використовуватися для приготування гарячої води. Використання теплових насосів типу «повітря–вода» або «грунт–вода» є ефективним рішенням для зменшення споживання природного газу та підвищення енергоефективності систем опалення і гарячого водопостачання. Поєднання традиційних джерел енергії з відновлюваними дозволяє створювати гібридні системи теплопостачання з високими показниками надійності та економічності.

Важливою складовою підвищення енергоефективності є **формування енергоощадної поведінки користувачів адміністративних будівель**. Навіть найсучасніші технічні рішення не забезпечать очікуваного ефекту без раціонального використання енергоресурсів персоналом. Проведення інформаційно-освітніх заходів, впровадження внутрішніх стандартів з енергозбереження, контроль режимів опалення та освітлення, а також відповідальність за дотримання енергоощадних вимог сприяють зменшенню енергоспоживання без значних фінансових витрат.

Таким чином, підвищення енергоефективності адміністративних будівель України потребує системного та комплексного підходу, що поєднує термомодернізацію будівельної оболонки, модернізацію інженерних систем, впровадження сучасних технологій управління енергоспоживанням та використання відновлюваних джерел енергії. Реалізація зазначених напрямків дозволить зменшити бюджетні витрати на утримання адміністративних будівель, підвищити комфортні умови праці та сприятиме сталому розвитку енергетичної сфери України.

РОЗДІЛ 3
РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

3.1. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

В Україні з 1 вересня 2022р. вступили в силу нові норми ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» . Цим документом визначено межі значень нормативного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій незалежно від їх матеріалу, як це було в попередніх нормах.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій температури повітря в яких відрізняються на 3 °С та більше, обов'язкове виконання умов :

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}},$$

$$\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{cr},$$

$$t_{в \text{ min}} > t_{\text{min}},$$

де $R_{\Sigma пр}$ – приведений розрахунковий опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$;

$R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі конструкції, $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$. Значення для житлових та громадських будинків залежно від кліматичної зони.

$\Delta t_{пр}$ – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С;

Δt_{cr} – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С;

$t_{в \text{ min}}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, °С;

t_{min} – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °С.

За вимогами ДБН В.2.6-31-2016 опір теплопередачі огорожуючих конструкцій $R_{заг}$ повинен бути не менше нормативного $R_{\text{min}q}$

Згідно з [5] потрібний опір теплопередачі внутрішніх конструкцій (стін,

перегородок, перекриття) між приміщеннями з нормованою температурою повітря слід визначати при різниці розрахункових температур повітря в цих приміщеннях більше 4°C.

1) Зовнішні стіни (ЗС):

1. Декоративний шар – розчин складний, 5 мм

$$\delta_1=0,005 \text{ м}, \lambda_1=0,87 \text{ Вт/м}^0\text{С}, R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,005}{0,87} = 0,006 \text{ м}^2\text{°С/Вт};$$

$$s_1=10,42 \text{ Вт/м}^2\text{°С};$$

2. Залізобетон, 200 мм.

$$\delta_2=0,14 \text{ м}; \lambda_2=2,04 \text{ Вт/м}^0\text{С}; R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,14}{2,04} = 0,069 \text{ м}^2\text{°С/Вт};$$

$$s_2=18,95 \text{ Вт/м}^2\text{°С};$$

3. Екструдований пінополістерол, 130 мм.

$$\delta_3=0,13 \text{ м}; \lambda_3=0,047 \text{ Вт/м}^0\text{С}; R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,13}{0,047} = 2,76 \text{ м}^2\text{°С/Вт};$$

$$s_3=0,57 \text{ Вт/м}^2\text{°С};$$

4. Залізобетон, 140 мм .

$$\delta_4=0,20 \text{ м}; \lambda_4=2,04 \text{ Вт/м}^0\text{С}; R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,2}{2,04} = 0,098 \text{ м}^2\text{°С/Вт};$$

$$s_4=18,95 \text{ Вт/м}^2\text{°С};$$

5. Плити облицювальні з граніту , 20 мм,

$$\delta_5=0,20 \text{ м}; \lambda_5=3,49 \text{ Вт/м}^0\text{С}; R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = \frac{0,2}{3,49} = 0,057 \text{ м}^2\text{°С/Вт};$$

$$s_5=25,04 \text{ Вт/м}^2\text{°С};$$

Визначаємо теплову інерцію зовнішньої стіни за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_{ip} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot s_{ip}$$

$$D = 0,006 \cdot 10,42 + 0,069 \cdot 18,95 + 2,76 \cdot 0,57 + 0,098 \cdot 18,95 + 0,057 \cdot 25,04 = 6,2;$$

Таким чином, згідно ДБН В 2.6-31:2016 (п.6.7) теплостійкість у літній період дозволяється не перевіряти.

Опір теплопередачі зовнішньої стіни:

$$R_{\text{заг}} = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + \frac{1}{\alpha_3}$$

α_B – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції = 8,7 Вт/м²°С;

α_H – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції = 23 Вт/м²°С;

$$R_{\text{заг}} = 0,115 + 0,006 + 0,069 + 2,76 + 0,098 + 0,057 + 0,043 = 3,148 \text{ м}^2\text{°С/Вт};$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний:

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{3,329} = 0,301 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

2) Горищне покриття:

1. Профнастил
2. Пароізоляція – 1 шар ПВХ
3. Утеплювач – ROCKWOOL, 300мм.

$$\delta_3 = 0,30 \text{ м}, \quad \lambda_3 = 0,047 \text{ Вт/м}^0\text{С}, \quad R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,3}{0,047} = 6,38 \text{ м}^2\text{°С/Вт},$$

$$s_3 = 0,57 \text{ Вт/м}^2\text{°С};$$

4. Мембрана.

Визначаємо теплову інерцію горищного покриття за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_{ip} = 6,54 \cdot 0,57 = 3,7;$$

Опір теплопередачі:

$$R_{\text{заг}} = \frac{1}{\alpha_B} + R_3 + \frac{1}{\alpha_3};$$

$$R_{\text{заг}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,047} + \frac{1}{23} = 6,54 \text{ м}^2\text{°С/Вт} > 6,0 \text{ м}^2\text{°С/Вт};$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі:

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{6,54} = 0,153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

3) Підлога (ПП):

1. ПВХ покриття "Таркетт"

$$\delta_1=0,005 \text{ м}$$

2. Залізобетонна плита

$$\rho_2=2500 \text{ кг/м}^3, \delta_2=0,27 \text{ м}, \lambda_2=2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}, s_2= 17,98 \text{ Вт/м}^2\text{C}$$

3. Гідроізоляція

4. Бетонна підготовка

$$\rho_4= 1600\text{кг/м}^3, \delta_4= 0,1 \text{ м}, \lambda_4= 0,81 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}, s_4=8,69\text{Вт/м}^2\text{C};$$

5. Грунт ущільнений

$$\rho_5= 350 \text{ кг/м}^3, \delta_5= 0,1 \text{ м}, \lambda_5= 0,19 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}, s_5= 2 \text{ Вт/м}^2\text{C}.$$

Теплопередачу огорожувальних конструкцій, які контактують безпосередньо з ґрунтом, визначають згідно з EN ISO 13370, зокрема коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги, $U_{equiv,k}$, Вт/(м²·°C), розраховують залежно від характеристичного параметру B' , м та від товщини d_t , м.

Характеристичний параметр B' для всіх приміщень визначаємо за відношенням загальної площі до половини периметру підлоги, який примикає до ґрунту. При цьому вважається, що теплопровідність ґрунту дорівнює $\lambda_g = 2,0$ Вт/м·°C, а ефект бокової теплоізоляції не враховується.

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{3665}{0,5 \cdot 259} = 28,3 \text{ м}$$

$$d_t = w + \lambda_g (R_{si} + R_f + R_{se})$$

w – повна товщина стін, включаючи всі шари;

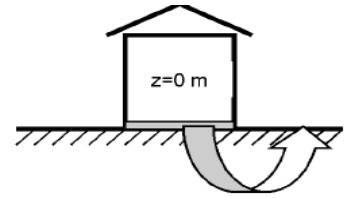
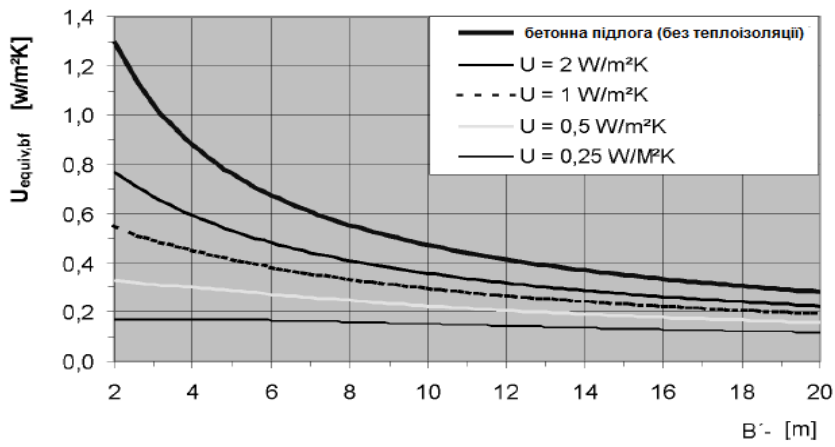
R_{si} – коефіцієнт опору теплопередачі внутрішньої поверхні

R_{se} – коефіцієнт опору теплопередачі зовнішньої поверхні

R_{sc} – коефіцієнт опору теплопередачі конструкції перекриття

$$d_t = 0,27 + 2 \cdot (0,115 + 0,132 + 0,043) = 0,852 \text{ м}$$

Так, за характеристичним параметром B' коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги першого поверху визначається за даними наведеними на рис.1:



$U_{equiv,bf}$

Рис.1. Коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги першого поверху, що розташована на рівні землі

Коефіцієнт теплопередачі для неізолюваних перекриттів, $d_t < B'$:

$$U = \frac{2\lambda_g}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right) = \frac{2 \cdot 2}{3,14 \cdot 28,3 + 0,852} \cdot \ln\left(\frac{3,14 \cdot 28,3}{0,852} + 1\right)$$

$$= 0,208 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

ОПОРИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ R_0 ДЛЯ ЗОВНІШНІХ КОНСТРУКЦІЙ

Найменування огороджуючої конструкції	Опір теплопередачі		Коефіцієнт теплопередачі k , Вт/(м ² ·°С)	Опис конструкції	$\delta_{заг}$
	R_{min}	$R_{заг}$			
<u>Зовнішня стіна</u>	3,3	3,329	0,301	<ol style="list-style-type: none"> 1. Розчин складний, $\delta_1=0,005$ м, $\rho_1=1700$ кг/м³; $\lambda_1=0,87$ Вт/м⁰С; $s_1=10,42$ Вт/м² °С; 2. Залізобетон, $\delta_2=0,14$ м; $\rho_2=2500$ кг/м³; $\lambda_2=2,04$ Вт/м⁰С; $s_2=18,95$ Вт/м² °С; 3. Екструдований пінополістерол, $\delta_3=0,13$ м; $\rho_3=50$ кг/м³; $\lambda_3=0,036$ Вт/м⁰С; $s_3=0,37$ Вт/м² °С; 4. Залізобетон, $\delta_4=0,20$ м; $\rho_4=2500$ кг/м³; $\lambda_4=2,04$ Вт/м⁰С; $s_4=18,95$ Вт/м² °С; 5. Плити облицювальні з граніту, $\delta_5=0,20$ м; $\rho_5=2800$ кг/м³; $\lambda_5=3,49$ Вт/м⁰С; $s_5=25,04$ Вт/м² °С; 	0,675
<u>Горищне покриття</u>	6	6,54	0,153	<ol style="list-style-type: none"> 1. Профнастил 2. Пароізоляція – 1 шар ПВХ 3. Утеплювач – ROCKWOOL, $\delta_3=0,30$ м, $\lambda_3=0,047$ Вт/м⁰С, $s_3=0,57$ Вт/м² °С; 4. Мембрана. 	0,3
<u>Вікна</u>	0,75	0,75	1,334	Вікна з двокамерними склопакетами	-
<u>Зовнішні двері</u>	0,60	0,60	1,667		-
<u>Внутрішні стіни</u>	-	0,59	1,704	Кладка цегляна з повнотілої цегли глиняної звичайної на цементно-перлітовому розчині, $\rho_1=1600$ кг/м ³ , $\delta_1=0,25$ м, $\lambda_1=0,7$ Вт/м ⁰ С	0,250
	-	0,40	2,492	Кладка цегляна з повнотілої цегли глиняної звичайної на цементно-перлітовому розчині, $\rho_1=1600$ кг/м ³ , $\delta_1=0,12$ м, $\lambda_1=0,7$ Вт/м ⁰ С	0,120
<u>Підлога</u>		0,29	0,208	<ol style="list-style-type: none"> 1. ПВХ покриття "Таркетт" $\delta_1=0,005$ м 2. Залізобетонна плита $\rho_2=2500$ кг/м³, $\delta_2=0,27$ м, $\lambda_2=2,04$ Вт/м⁰С, $s_2=17,98$ Вт/м² °С 3. Гідроізоляція 4. Бетонна підготовка $\rho_4=1600$ кг/м³, $\delta_4=0,1$ м, $\lambda_4=0,81$ Вт/м⁰С, $s_4=8,69$ Вт/м² °С; 5. Ґрунт ущільнений $\rho_5=350$ кг/м³, $\delta_5=0,1$ м, $\lambda_5=0,19$ Вт/м⁰С, $s_5=2$ Вт/м² °С. 	0,27

3.2 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ

ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Об'єкт – офісний комплекс з вбудованими, прибудованими приміщеннями м. Києва.

Не дивлячись на різновиди систем утеплення «Ceresit», які відрізняються за вигляду теплоізоляційного матеріалу і декоративної штукатурки, послідовність виконання робіт і технологія практично не відрізняються і включають наступні види робіт :

- підготовка поверхні зовнішньої конструкції, щоб захистити її до утеплення;
- прикріплення перфорованих профілів до нижньої частини будівлі по всьому її периметру;
- задля захисту поверхні зовнішніх конструкцій – виконують ґрунтування;
- приготування готової клейової суміші до використання в роботі;
- перед приклеюванням до поверхні конструкції наносять клейову суміш на утеплювача;
- у всіх місцях примикання утеплювача - заповнюють ущільнюючим матеріалом;
- пристрій деформаційних швів в термоізолючому покритті;
- за допомогою використання дюбелів чи схожих закріплюючих елементів, закріплюють утеплювач на конструкціях;
- зміцнення кутів будівлі та кутів отворів;
- ґрунтування поверхні гідрозахисним розчином;
- приготування декоративної штукатурної суміші;

- обштукатурювання поверхні фасаду;
- зміцнення в нижніх частинах віконних отворів металевих козирків;
- пристрій навісів з гідроізоляцією, сполучених з крівлею;
- фарбування фасаду будівлі відповідним фарбами.

Перед початком робіт по утепленню, слід виконати:

- огляд будівлі і визначення стадію готовності до виконання робіт по утепленню;
- розробку проекту виробництва робіт;
- планування майданчика біля об'єкту;
- установку лісів (або навішування люльок) і підйомників для піднімання на необхідну висоту матеріалів, виробів, інструментів і пристосувань;
- доставку на будівельний майданчик і складання матеріалів, виробів, інструментів і пристосувань;
- підготовку будівельного об'єкту до виконання робіт по утепленню.

Огляд і обстеження будівельного об'єкту

При огляді і обстеженні будівельного об'єкту встановлюють готовність його до проведення утеплюючих робіт. Перед початком робіт на об'єкті мають бути виконані роботи :

- загально-будівельні і монтажні;
- влаштування покрівлі і гідроізоляції;
- закладення і герметизація швів між блоками або панелями на фасаді будівлі;
- закладення місць сполучення віконних, дверних і балконних блоків з елементами огороджувань;

- прокладка всіх комунікацій і закладення всіх комунікаційних каналів;
- скління вікон і балконних дверей або установка склопакетів.

У випадку, якщо об'єкт підлягає реконструкції або ремонту, то перед початком теплоізолюючими роботами необхідно:

- ремонту або заміни всіх необхідних елементів будівлі, інженерних мереж та інших;
- обов'язкова перевірка відремонтованих мереж.

В процесі огляду визначають стан конструкцій об'єкту:

- наявність будь-яких пошкоджень в з'єднаннях будівельних елементів або в місцях де вони примикають один до одного;
- наявність і розміри відхилень;
- стан покрівлі, гідрозахисних і обробних покриттів на зовнішній стороні конструкцій;
- наявність забруднення на конструкціях;
- міцність всіх конструкцій;
- міцність з'єднання оздобленого шару з поверхнею конструкцій;
- штукатурку і облицювання перевіряють простукуванням по всій поверхні (по «глухому» звуку);
- наявність на поверхні конструкцій моху, поросли, грибів і тому подібне перевіряють візуально.

3.3. Розрахунок тепловтрат

Втрати тепла, які через зовнішні огорожувальні конструкції виходять в навколишнє середовище $\Phi_{T,i}$, Вт, слід обчислювати за формулою:

$$\Phi_{T,i} = (N_{T,ie} + N_{T,iue} + N_{T,ig} + N_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \text{ Вт}$$

де: $N_{T,i}$ – трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції в середовище, Вт/°С; $N_{T,iue}$ – трансмісійних тепловтрат опалювального приміщення через неопалювальне приміщення в середовище, Вт/°С; $N_{T,ig}$ – тепловтрат через огорожувальні конструкції в землю (грунт), Вт/°С; $N_{T,ij}$ – трансмісійних тепловтрат опалювального приміщення через огорожувальну конструкцію до опалювального приміщення із різницею температур, Вт/°С.

Проектне теплове навантаження опалення приміщення визначають за формулою

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}, \text{ Вт}$$

де: $\Phi_{T,i}$ – трансмісійні тепловтрати через огорожувальні конструкції, Вт; $\Phi_{V,i}$ – вентиляційні тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить ззовні, Вт; $\Phi_{RH,i}$ – додаткова компенсаційна теплова потужність для системи періодичного опалення, Вт.

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення до зовнішнього повітря

$$N_{T,ie} = \Sigma k \cdot A_k \cdot U_k \cdot e_k + \Sigma l \cdot \psi_l \cdot l_l \cdot e_l, \text{ Вт/°С}$$

Останні поправочні коефіцієнти визначаються національними будівельними стандартами. За їх відсутності, значення приймаються за додатком D.4.1 і дорівнюють 1,0. Коефіцієнт теплопередачі k -будівельної конструкції огороження приміщення U_k визначається на попередніх етапах проектування системи опалення при теплотехнічному розрахунку зовнішніх будівельних конструкцій згідно ДБН В.2.5-31:2022 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».

Коефіцієнт теплопровідності матеріалу ψ_1 l-елементу лінійного теплового мосту в конструкції будівельного огородження приймається за додатком Л як розрахункова теплопровідність в умовах експлуатації.

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення через неопалювальне приміщення до зовнішнього повітря.

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum l \psi_1 \cdot l_1 \cdot b_u, \text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення через огорожувальні конструкції, що контактують із ґрунтом

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w, \text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

де: f_{g1} – поправочний коефіцієнт, що враховує річні коливання температури ґрунту, і визначається за національними стандартами, або за даними додатку D.4.3 [7], що наводяться в Таблиці 3; G_w – корегувальний коефіцієнт, що враховує вплив ґрунтових вод, і приймається за даними додатку D.4.3 [7], що наводяться в таблиці 3; f_{g2} – поправочний коефіцієнт на можливе зниження зовнішньої температури, який враховує різницю між середнім коливанням і розрахунковим значенням температури зовнішнього повітря (середню амплітуду коливання) і визначається за формулою

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

$U_{equiv,k}$ – коефіцієнт передачі теплоти з урахуванням типу підлоги згідно з EN ISO 13370, який визначається залежно від характеристичного параметру B' , Вт/м²·°C.

Характеристика трансмісійних тепловтрат (теплонадходжень) в приміщеннях, що мають різні розрахункові температури внутрішнього повітря

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, \text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

де: f_{ij} – поправочний коефіцієнт, що враховує різницю температур у суміжних опалювальних приміщеннях і обчислюється за формулою

$$f_{ij} = \frac{\theta_{intj} - \theta_{adjacent\ space}}{\theta_{intj} - \theta_e}$$

де: $\theta_{adjacent\ space} = \theta_{int,j}$ – температура в сусідньому j-му приміщенні або у прилеглому просторі, °С.

Вентиляційні тепловтрати опалювального приміщення

$$\Phi_{V,i} = N_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \text{ Вт}$$

де: $N_{V,i}$ – характеристика вентиляційних тепловтрат приміщення, Вт/°С;

$$N_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot \rho, \text{ Вт/°С}$$

де: V_i – витрата повітря, що надходить за годину до опалювального приміщення, м³/год, яка визначається залежно від організації повітрообміну в приміщенні.

При організованій подачі в опалюване приміщення повітря вентиляційною системою

$$V_i = V_{inf,i} + V_{su,i} \cdot f_{V,i} + V_{mech,inf,i}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

де: $V_{inf,i}$ – об'ємна швидкість надходження інфільтраційного повітря до приміщення, м³/год; $V_{su,i}$ – об'ємна швидкість надходження припливного вентиляційного повітря, м³/год; $V_{mech,inf,i}$ – додаткова витрата інфільтраційного повітря для компенсації надлишку витяжного вентиляційного потоку в опалювальному приміщенні, м³/год; $f_{V,i}$ – коефіцієнт, що враховує зменшення різниці розрахункових температур внутрішнього та зовнішнього повітря.

$$f_{V,i} = \frac{\theta_{intj} - \theta_{su,i}}{\theta_{intj} - \theta_e}$$

де: $\theta_{su,i}$ – температура припливного повітря від системи вентиляції до опалюваного приміщення, або від центральної системи повітряного опалення, із сусідніх опалюваних чи неопалюваних приміщень, або від зовнішнього середовища, °С.

при відомих значеннях продуктивності припливної $V_{su,i}$ та витяжної $V_{ex,i}$ систем вентиляції в опалювальному приміщенні:

$$V_{\text{mech,inf,i}} = V_{\text{ex,i}} - V_{\text{su,i}} - V_{\text{inf,i}}, \text{ м}^3/\text{год};$$

Проектне теплове навантаження опалення будівлі визначають за формулою

$$\Phi_{\text{HL}} = \Sigma\Phi_{\text{T,i}} + \Sigma\Phi_{\text{V,i}}, \text{ Вт}$$

Методика розрахунку тепловтрат викладена в ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція і кондиціонування" з врахуванням діючих в Україні змін та доповнень.

Кліматологічні дані для холодного періоду року

Таблиця 2.2

Місто	Середня температура за рік $t_{\text{зовн,р}}, \text{ }^\circ\text{C}$	Зона вологості	Температура найхолоднішої доби $t_{\text{зовн,1}}, \text{ }^\circ\text{C}$	Температура найхолоднішої п'ятиденки $t_{\text{зовн,5}}, \text{ }^\circ\text{C}$	Опалювальний сезон		Кількість градусо-днів $S_{\text{о.с.}}, \text{ гр.}^\circ\text{-днів}$	Кліматична зона
					Середня температура $t_{\text{о.с.}}, \text{ }^\circ\text{C}$	Тривалість $Z_{\text{о.с.}}, \text{ днів}$		
Київ	8	Н	-26	-22	-0,1	176	3538	I

Напрямок і швидкість руху в січні

Таблиця 2.3

	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Повторюваність вітру, %	11,2	4,6	5,8	11,9	14,1	14,0	23,5	14,9
Швидкість вітру $V, \text{ м/с}$	3,2	2,0	1,7	2,0	2,7	3,0	3,0	2,9
Коефіцієнт β_v	0	0	0	0	0	0	0	0

Примітка: Таблиця складена на підставі ДСТУ -Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія".

Розрахунок тепловтрат

Розрахунок тепловтрат у приміщеннях житлового будинку виконуємо у табличному вигляді

Приміщення			Огородження					$(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн.5}})$	$n, \text{ } ^\circ\text{C}$	$1+\Sigma\beta$	Тепловтрати			
№ п/п	Найм. е-нування та	$A_n, \text{ м}^2$	Позначення	Орієнтація	Розміри, кількість $(a \cdot b)n, \text{ м}$		$A, \text{ м}^2$				$k, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}$	$Q_{\text{оз}}$	$Q_{\text{с}}$	$Q_{\text{н}}$
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
101	Ж. К.	18,6	ЗС	Пн	4,7	3,6	16,8	0,34	43,0	1,10	272			
	22		ЗС	С	4,7	3,6	16,8	0,34	43,0	1,10	272			
			ДВ	С	1,2	1,5	1,8	1,55	43,0	1,10	132			
			ПІ	-	4,3	4,3	18,6	0,35	25,8	1,00	170			
			БД	С	0,8	2,2	1,76	1,55	43,0	1,10	129			
											974	622	186	1410
201	Ж. К.	18,6	ЗС	Пн	4,7	3,2	15,0	0,34	43,0	1,10	243			
	22		ЗС	С	4,7	3,2	15,0	0,34	43,0	1,10	243			
			ДВ	С	1,2	1,5	1,8	1,55	43,0	1,10	132			
			БД	С	0,8	2,2	1,76	1,55	43,0	1,10	129			
											745	622	186	1190
301	Ж. К.	18,6	ЗС	Пн	4,7	3,2	15,0	0,34	43,0	1,05	231			
	22		ЗС	С	4,7	3,2	15,0	0,34	43,0	1,05	231			
			ДВ	С	1,2	1,5	1,8	1,55	43,0	1,05	126			
			БД	С	0,8	2,2	1,76	1,55	43,0	1,05	123			
											711	622	186	1150

401	Ж. К.	18,6	ЗС	<i>Пн</i>	4,7	3,2	15,0	0,34	43,0	1,00	220			
801	22		ЗС	<i>С</i>	4,7	3,2	15,0	0,34	43,0	1,00	220			
			ДВ	<i>С</i>	1,2	1,5	1,8	1,55	43,0	1,00	120			
			БД	<i>С</i>	0,8	2,2	1,76	1,55	43,0	1,00	117			
											677	622	186	1120
901	Ж. К.	18,6	ЗС	<i>Пн</i>	4,7	3,6	16,8	0,34	43,0	1,00	247			
	22		ЗС	<i>С</i>	4,7	3,6	16,8	0,34	43,0	1,00	247			
			ДВ	<i>С</i>	1,2	1,5	1,8	1,55	43,0	1,00	120			
			СТ	-	4,3	4,3	18,6	0,3	38,7	1,00	215			
			БД	<i>С</i>	0,8	2,2	1,76	1,55	43,0	1,00	117			
											945	622	186	1390
402	Ж.К.	9,9	ЗС	<i>С</i>	2,5	3,2	8,0	0,34	41,0	1,10	123			
802	20		ДВ	<i>С</i>	1,2	1,5	1,8	1,55	41,0	1,10	125			
											249	318	99	470
403	Кухня	7,3	ЗС	<i>С</i>	3,5	3,2	11,2	0,34	41,0	1,00	157			
803	20		ДВ	<i>С</i>	1,2	1,5	1,8	1,55	41,0	1,00	114			
											271	235	73	440

404	Ж. К.	18,9	ЗС	<i>С</i>	3,7	3,2	11,8	0,34	43,0	1,00	173			
804	22		ЗС	<i>Пд</i>	6,2	3,2	19,8	0,34	43,0	1,00	291			
			БД	<i>С</i>	0,8	2,2	1,8	1,55	43,0	1,00	117			
			ДВ	<i>С</i>	1,2	1,5	1,8	1,55	43,0	1,00	120			
											701	633	189	1150
405	Ж. К.	18,9	ЗС	<i>З</i>	5,2	3,2	16,6	0,34	43,0	1,10	268			
805	22		ЗС	<i>Пд</i>	6,2	3,2	19,8	0,34	43,0	1,00	291			
			ДВ	<i>Пд</i>	1,2	1,5	1,8	1,55	43,0	1,00	120			
			БД	<i>Пд</i>	0,8	2,2	1,8	1,55	43,0	1,00	117			
											796	633	189	1240
406	Ж. К.	10,2	ЗС	<i>З</i>	2,5	3,2	8,0	0,34	41,0	1,10	123			
806	20		ДВ	<i>З</i>	1,2	1,5	1,8	1,55	41,0	1,10	125			
											249	326	102	480
407	Кухня	9,3	ЗС	<i>З</i>	3,5	3,2	11,2	0,34	41,0	1,10	173			
807	20		ДВ	<i>З</i>	1,2	1,5	1,8	1,55	41,0	1,10	125			
											298	298	93	510

408	Ж. К.	9,6	ЗС	<i>З</i>	3,5	3,2	11,2	0,34	41,0	1,10	173				
808	20		ДВ	<i>З</i>	1,2	1,5	1,8	1,55	41,0	1,10	125				
											298	309	96	520	
409	Ж. К.	13,9	ЗС	<i>З</i>	3,7	3,2	11,8	0,34	43,0	1,10	191				
809	22		ЗС	<i>Пн</i>	4,7	3,2	15,0	0,34	43,0	1,00	220				
			ДВ	<i>З</i>	1,2	1,5	1,8	1,55	43,0	1,10	132				
			БД	<i>З</i>	0,8	2,2	1,8	1,55	43,0	1,10	129				
											671	465	139	1000	
А1	С.К.	23,6	ЗС	<i>С</i>	4,0	3,2	####	0,34	37,0	1,00	1518				
	16		ДВ	<i>С</i>	1,2	1,5	14,4	1,55	37,0	1,00	823				
			ДД	<i>С</i>	1,2	2,2	2,6	1,89	37,0	1,00	184				
			ПЛ	-	5,8	4,0	23,3	0,35	22,2	1,00	183				
			СТ	-	5,8	4,0	23,3	0,3	33,3	1,00	231				
											2940	###	-	6660	
Загальна площа будинку, м² -					1749,1										

3.4 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Переваги двотрубних систем водяного опалення:

Економічні показники значно відрізняються від показників інших систем опалення. Хоч і двотрубна система більш металоємна в порівнянні з однотрубною, також необхідно більше часу для монтажу та введення в експлуатацію, проте завдяки її використанню менші затрати енергетичних ресурсів на нагрівання теплоносія, також перепад температур у кожному приладі є постійним, середня температура води в будь-якому приладі залишається однакою. За цими показниками можна зробити висновок щодо економічної доцільності використання запропонованої системи опалення.

Також має ряд технічних переваг: необхідно менше число проходів через перекриття; повне використання тепловіддачі трубопроводів, що дає змогу зменшити об'ємність опалювальних приладів; в порівнянні з однотрубними системами – можна встановлювати більше число опалювальних приладів; втрати тиску у однотрубній системі значно перевищують втрати в двотрубній системі; система опалення має достатньо спрощену схему гідравлічного розрахунку при запропонованому попутному русі теплоносія; можливість поквартирного відключення приладових гілок при проведенні робіт.

Горизонтальна система опалення забезпечує кращі санітарно - гігієнічні умови, має більш естетичний вигляд, так як є можливість прокладання горизонтальних ділянок трубопроводу в підлозі, або застосувати плінтусний варіант прокладання трубопроводів, дає можливість регулювання кількості теплоти, яка надходить до приміщення, за допомогою термостатичних клапанів та можливість контролю витрати коштів на опалення кожним власником квартири окремо за допомогою встановлення водоміра.

Теплопостачання будинку здійснюється від дахової водогрійної котельні. Теплоносій – вода з параметрами 80-60°C. Опалення приміщень загального користування та сходових клітин відбувається від однієї об'єднаної системи.

Система опалення – двохтрубна горизонтальна з попутнім рухом теплоносія. Регулювання системи – якісно-кількісне (за рахунок зміни температури і витрати теплоносія).

Розводка до радіаторів виконана поліетиленовими трубами РЕХ-С фірми «REHAU» в конструкціях підлоги. Розводка до радіаторів встановлених в сходових клітках та ліфтових холах виконуються зі сталевих водогазопровідних труб по ГОСТ 3262-75*.

Всі стояки та магістралі забезпечені можливістю компенсації подовжень при температурному розширенні. При перетині перекриття всі труби прокладати в гільзах більшого діаметра, що забезпечить межу вогнестійкості конструкцій.

Підбір опалювальних приладів

В якості опалювальних приладів були прийняті сталеві панельні радіатори *PURMO Compact* з профільованими нагрівальними панелями та конвекційними елементами. Має дві варіації під'єднання - для всіх приміщень окрім сходиноквих клітин та коридорів, радіатори з нижнім підключенням і з боковим підключенням для сходиноквих клітин та коридорів.

Таблиця 2.4

Номер приміщення	Розрахункова потужність, Вт	Встановлена потужність, Вт	Тип, марка опалювального приладу	Кількість шт
102	4588 Вт	2379 Вт	KV.230,78(MINI)-2250	2 шт.
	4991 Вт	5740 Вт	MKD-500S	2 шт.
103	6400 Вт	2200 Вт	MKD-300S	3 шт.
106	1486 Вт	1495 Вт	Purmo C 33 800x450	1 шт.
109	2782 Вт	977 Вт	Purmo C 22 900x400	3 шт.
118	4347 Вт	5000 Вт	MKA-600F	1 шт.
119	1536 Вт	481 Вт	Purmo C 22 500x300	4 шт.

Гідравлічний розрахунок

Гідравлічний розрахунок магістральних трубопроводів двоотрубною поквартирної системи опалення

Номер розрахункової ділянки	Теплове навантаження ділянки		Витрата води на ділянку	Довжина ділянки	Діаметр трубопроводу	Приведений коефіцієнт тертя	Питома витрата води	Питомий динамічний тиск	Швидкість води на ділянку	Сумарна коефіцієнтів місцевих опорів	Приведений коефіцієнт місцевих опорів	Характеристика опору ділянки	Втрата тиску на ділянку	Загальні втрати тиску
№ діл.	$Q_{дл.}$ Вт	φ	G кг/год	l , м	d , мм	λ/d , м ⁻¹	G/v , (кг/год)/(м/с)	$A*10^{-4}$ Па/ (кг/год) ²	V , м/с	$\Sigma \xi$	$\xi_{пр}$	S , Па/ (кг/год) ²	$\Delta P_{дл.}$ Па	$\Sigma \Delta P$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ІП-1	73600	1,0000	3165	7,5	40	0,75	4670	0,0000225	0,678	1,2	6,825	0,000154	1538	1538
ІП"-1"	73600	1,0000	3165	8,5	40	0,75	4670	0,0000225	0,678	1,2	7,575	0,000170	1707	3245
1-2	63870	0,8678	2746	3,20	40	0,75	4670	0,0000225	0,588	1	3,4	0,000077	577	3822
1"-2"	63870	0,8678	2746	3,20	40	0,75	4670	0,0000225	0,588	1	3,4	0,000077	577	4399
2-3	55660	0,7563	2393	3,20	40	0,75	4670	0,0000225	0,513	1	3,4	0,000077	438	4837
2"-3"	55660	0,7563	2393	3,20	40	0,75	4670	0,0000225	0,513	1	3,4	0,000077	438	5276
3-4	47700	0,6481	2051	3,20	40	0,75	4670	0,0000225	0,439	1	3,4	0,000077	322	5597
3"-4"	47700	0,6481	2051	3,20	40	0,75	4670	0,0000225	0,439	1	3,4	0,000077	322	5919
4-5	40020	0,5438	1721	4,20	40	0,75	4670	0,0000225	0,368	2,2	5,35	0,000120	356	6276
4"-5"	40020	0,5438	1721	4,20	40	0,75	4670	0,0000225	0,368	2,2	5,35	0,000120	356	6632
5-6	32340	0,4394	1391	3,20	25	1,3	2040	0,0001180	0,682	1,5	5,66	0,000668	1292	7924
5"-6"	32340	0,4394	1391	3,20	25	1,3	2040	0,0001180	0,682	1,5	5,66	0,000668	1292	9215
6-7	24660	0,3351	1060	3,20	25	1,3	2040	0,0001180	0,520	1	5,16	0,000609	685	9900
6"-7"	24660	0,3351	1060	3,20	25	1,3	2040	0,0001180	0,520	1	5,16	0,000609	685	10585
7-8	16980	0,2307	730	3,20	20	1,79	1250	0,0003150	0,584	1,5	7,228	0,002277	1214	11798
7"-8"	16980	0,2307	730	3,20	20	1,79	1250	0,0003150	0,584	1,5	7,228	0,002277	1214	13012
8-9	9300	0,1264	400	3,20	15	2,69	685	0,0010500	0,584	1,5	10,108	0,010613	1697	14710
8"-9"	9300	0,1264	400	3,20	15	2,69	685	0,0010500	0,584	1,5	10,108	0,010613	1697	16407
$Q_{г} =$	9570 Вт													
$N =$	-2,82 %													

РОЗДІЛ 4
РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА
КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Система вентиляції в приміщеннях прийнята - припливно витяжна з механічним спонуканням фірми Vents, що надає необхідний повітрообмін відповідно до вимог.

4.1 Теплонадходження в приміщення

У приміщенні можливі декілька різних видів теплонадходжень.

4.1.1 Теплонадходження від людей

Теплонадходження від людей						
Питому кількість теплоти і вологи визначаємо за таблицею 4.1 [3]:						
	$t_{wz} =$	26,7	°C			
	$q_{л.п}^{mn} =$	145	Вт	$Q_{л.п}^{mn} =$	94250	Вт (145*650)
	$q_{л.я}^{mn} =$	60	Вт	$Q_{л.я}^{mn} =$	39000	Вт (60*650)
	$m_{ел} =$	120	г/год	$M_{ел} =$	78000	г/год (120*650)
	$M =$	60	г/год	$M_{CO_2} =$	39000	г/год (60*650)

4.1.2 Теплонадходження від джерел штучного освітлення

В якості освітлювальних приладів приймаємо люмінесцентні лампи, теплонадходження яких обчислюємо за формулою:

$$Q_{осв} = E \cdot F \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв} \text{ Вт};$$

E – освітленість; (для кухні, обідніх залів: $E=200$ лк; торговельних залів магазинів: $E=400$ лк;)

F – площа підлоги приміщення, м²;

$q_{осв}$ – питома тепловиділення, Вт/м²;

$q_{осв} = 0,1 \text{ Вт/м}^2$ – для люмінесцентних ламп;

$\eta_{осв}$ – доля теплоти, яка потрапляє в приміщення,

$\eta_{осв} = 0,55$ – для люмінесцентних ламп;

Теплонадходження від штучного освітлення

В якості освітлювальних приладів приймаємо люмінесцентні лампи, теплонадходження яких обчислюємо за формулою:

$$Q_{осв} = F \cdot N_{ос} \cdot \eta_{ос} \quad (3.9)$$

F - площа підлоги

$N_{ос}$ - питома потужність (13 Вт/м²)

$\eta_{ос} = 0,55$

$$Q_{осв} = 3542 \text{ Вт} \quad (495,45 \cdot 13 \cdot 0,55)$$

4.1.3 Теплонадходження від сонячної радіації :

Теплоти, Вт, яке потрапляє в приміщення кожну годину нашої розрахункової доби:

$$Q_{ок}^{cp} = (q_{ок}^{cp} + A_{q_{ок}}) \cdot F_{ок}$$

Середньодобова кількість теплоти, що поступає в приміщення через зовнішні стіни, Вт/м²:

$$q_{ок}^{cp} = K_{ок} \cdot [(t_3^p + \rho_{ок} \cdot q_{cp}^B / \alpha_3^B) - t_B^{ок}]$$

через покриття:

$$q_{ок}^{cp} = K_{ок} \cdot [(t_3^p + \rho_{ок} \cdot q_{cp}^r / \alpha_3^r) - t_B^{ок}]$$

Теплонадходження від сонячної радіації

Теплонадходження від сонячної радіації визначається як сума надходження сонячної радіації через вікна та через перекриття:

$$Q_{\Sigma}^{c.p} = Q_{вік} + Q_{пер} \quad (3.6)$$

$$Q_{вік} = q_{вік}^{c.p} \cdot A_{вік} \quad (3.7)$$

$$Q_{пер} = q_{пер}^{c.p} \cdot A_{пер} \quad (3.8)$$

$$q_{вік}^{c.p} = 160 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{пер}^{c.p} = 17 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{вік} = 5760 \text{ Вт} \quad (160 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 3)$$

$$Q_{пер} = 8423 \text{ Вт} \quad (17 \cdot 495,45)$$

$$Q_{\Sigma}^{c.p} = 14183 \text{ Вт} \quad (5760 + 8423)$$

$K_{отв}$ - коефіцієнт відносно проникнення сон. радіації через світлові прорізи ;
 $q_{п}^B$ - кількість теплоти прямої сонячної радіації , що поступає через 1 год;
 $q_{р}^B$ - кількість теплоти розсіяної сонячної радіації , що поступає через 1 год;
 $\beta_{сз}$ - коефіцієнт теплопропускання сонцезахисних конструкцій 0,7;
 $K_{інс.в}$ - коефіцієнт інсталяції 1;
 $K_{обл}$ - коефіцієнт опромінення 1
 $K_{ок} = \frac{1}{R}$ - коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції;
 t_3^p - температура найжаркішої доби забезпеченістю 0,95;
 $\rho_{ок}$ - коефіцієнт теплопоглинання зовнішньої поверхні;
 $t_v^{ок}$ - температура повітря біля огородження
 $q_{ср}$ - середньодобова кількість теплоти через огорожувальну конструкцію, Вт/м² (табл. 2.12,11):

Теплонадходження від сонячної радіації через світлопрозорі конструкції:

$$Q_{вікна} = (q_{ок.р} + q_{ок.т}) \cdot F_{ок} ; \text{Вт}$$

$$q_{ок.р} = K_{отв} \cdot \beta_{сз} [(q_{п}^B \cdot K_{інс.в} + q_{р}^B \cdot K_{обл})]$$

$K_{отв}$ - коефіцієнт відносно проникнення сон. радіації через світлові прорізи;

$q_{п}^B$ - кількість теплоти прямої сонячної радіації , що поступає через 1 год. світлової прорізі[4, додаток 17, ст. 307];

$q_{р}^B$ - кількість теплоти розсіяної сонячної радіації , що поступає через 1 год. світлової прорізі[4, додаток 17, ст. 307];

$\beta_{сз}$ - коефіцієнт теплопропускання сонцезахисних пристроїв 0,7;

$K_{інс.в}$ - коефіцієнт інсталяції 1;

$K_{обл}$ - коефіцієнт опромінення 1;

$$q_{\text{ок.т}} = \frac{t_{\text{з.ум}} - t_{\text{в}}}{R_{\text{ок}}};$$

$t_{\text{з.ум}}$ - умовна температура зовнішнього повітря;

$t_{\text{в}}$ - внутрішня температура в приміщенні;

$R_{\text{ок}}$ - опір теплопередачі світлової прорізі вікна 0,7;

$$t_{\text{з.ум}} = t_3^{\text{р}} + 0,5 \cdot A_{\text{тн}} \cdot \beta_2 + ((J_{\text{п}}^{\text{в}} \cdot K_{\text{інс}}^{\text{в}} + J_{\text{р}}^{\text{в}} \cdot K_{\text{обл}}^{\text{в}}) \cdot \rho_{\text{ок}} \cdot \frac{\beta_{\text{езу}}}{\alpha_3})$$

$t_3^{\text{р}}$ - зовнішня розрахункова температура;

$A_{\text{тн}}$ -добова амплітуда температури;

β_2 - коефіцієнт, що враховує гармонічні коливання температур зовнішнього повітря при $\epsilon=0$;

$J_{\text{п}}, J_{\text{р}}$ – кількість прямої та розсіяної теплоти від сонячної радіації, яка поступає кожну годину на вертикальну поверхню;

$\rho_{\text{ок}}$ - коефіцієнт поглинання сонячної радіації із заповненням світлової прорізі (скло=0,25);

4.2 Тепловий баланс

Для забезпечення комфортного температурного режиму в приміщенні необхідно підтримувати тепловий баланс, за якого втрати теплової енергії компенсуються відповідними теплонадходженнями. Тепловий баланс приміщення визначається співвідношенням між тепловтратами через огорожувальні конструкції та вентиляцію і внутрішніми та зовнішніми джерелами теплоти. Узагальнено це співвідношення можна подати у вигляді рівняння:

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{втрати}} - Q_{\text{надходження}}$$

де $Q_{\text{втрати}}$ — сумарні тепловтрати приміщення, зумовлені теплопередачею через стіни, перекриття, вікна, двері, а також втратами з вентиляційним і інфільтраційним повітрям;

Qнадходження — сумарні теплонадходження від внутрішніх джерел (людей, освітлення, обладнання) та зовнішніх факторів, зокрема сонячної радіації.

У випадку, коли тепловтрати значно перевищують величину теплонадходжень, виникає дефіцит теплової енергії, який необхідно компенсувати за рахунок роботи системи опалення. Саме система опалення в такому режимі забезпечує підтримання нормативної внутрішньої температури повітря та створення комфортних умов для перебування людей у приміщенні в холодний період року.

Якщо ж має місце зворотна ситуація, коли теплонадходження перевищують тепловтрати, у приміщенні виникає надлишок теплової енергії. Такий надлишок призводить до підвищення температури повітря понад комфортні значення, що негативно впливає на самопочуття та працездатність людей. У цьому випадку надлишкове тепло необхідно видаляти або перерозподіляти за допомогою систем кондиціонування повітря, вентиляції або охолодження, які забезпечують зниження температури до нормативних показників.

Таким чином, системи опалення та кондиціонування виконують взаємодоповнювальні функції і спрямовані на підтримання теплового балансу приміщення залежно від пори року, режиму експлуатації будівлі та інтенсивності внутрішніх і зовнішніх теплових впливів. Раціональне проектування та експлуатація цих систем є необхідною умовою забезпечення енергоефективності будівель і комфортного мікроклімату в приміщеннях.

4.3 Повітряний баланс в приміщенні

Значення повітрообміни в кожному приміщенні заносимо до таблиці.

$$L = K_p \cdot V \text{ (повітрообмін за кратністю)}$$

$$L = n \cdot L \text{ (повітрообмін за обладнанням)}$$

K_p – кратність повітрообміну в годину.

4.4 Аеродинамічний розрахунок

Системи вентиляції адміністративних будівель виконуються з використанням різноманітних матеріалів і конструктивних рішень залежно від функціонального призначення приміщень, розрахункових витрат повітря, вимог до енергоефективності, пожежної безпеки та архітектурно-планувальних особливостей будівлі. Найпоширенішим конструктивним елементом вентиляційних систем є повітропроводи, які забезпечують транспортування повітря між вентиляційним обладнанням і приміщеннями.

У більшості випадків повітропроводи в адміністративних будівлях виготовляються з тонколистової сталі. Металеві повітропроводи характеризуються високою міцністю, довговічністю, стійкістю до механічних пошкоджень і температурних впливів, а також відповідністю вимогам пожежної безпеки. Зазвичай для їх виготовлення використовується оцинкована сталь, яка має антикорозійне покриття та забезпечує тривалий термін експлуатації вентиляційної системи.

Металеві повітропроводи, як правило, монтуються з уніфікованих стандартних елементів, таких як прямі ділянки, відводи, трійники, переходи та фасонні частини заводського виготовлення. Використання уніфікованих деталей спрощує процес проектування та монтажу, зменшує трудомісткість робіт, підвищує якість з'єднань і забезпечує герметичність системи. Крім того, стандартизація елементів сприяє зниженню вартості монтажу та подальшого обслуговування вентиляційних систем.

В окремих випадках, зумовлених складними архітектурними рішеннями, обмеженим простором або необхідністю обходу інженерних комунікацій, допускається застосування неуніфікованих (індивідуально виготовлених) повітропроводів. Такі повітропроводи виготовляються за спеціальними кресленнями безпосередньо під конкретні умови об'єкта і дозволяють реалізувати нестандартні інженерні рішення. Однак їх використання, як правило, ускладнює монтажні роботи та може призводити до збільшення вартості системи, тому застосовується лише у виняткових випадках.

Вибір матеріалу та конструкції повітропроводів здійснюється з урахуванням санітарно-гігієнічних вимог, допустимого рівня шуму, аеродинамічного опору, а також вимог до тепло- та звукоізоляції. У разі необхідності металеві повітропроводи додатково утеплюються або оснащуються шумоглушниками для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату та акустичного комфорту в адміністративних приміщеннях.

Втрати тиску на подолання опору тертя

Одною з головних складностей аеродинамічного розрахунку є втрати тиску і переважно це втрати тиску на подолання опору тертя стінок повітропроводу. Втрати тиску визначаються за формулою Дарсі-Вейсбаха, Па:

$$\Delta P = \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l \right) \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (3.1)$$

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.

$$d_e = \frac{2 \cdot a \cdot b}{(a + b)} \quad (3.2)$$

a і b – сторони прямокутного повітропроводу, м

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

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_e}{d_e} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}, \quad (3.3)$$

де k_e – еквівалентна шорсткість стінок повітропроводу, м;

d_e – еквівалентний діаметр повітропроводу (діаметр), м;

Re – число Рейнольдса

$$Re = \frac{v \cdot d_e}{\nu}, \quad (3.4)$$

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

$$v = \frac{L}{3600 \cdot f_d}, \quad (3.5)$$

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

f_d – дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу, м;

Втрати тиску на тертя визначається за формулою

$$P_T = \left(\frac{\lambda}{d_e} \right) \cdot l \cdot \beta_{ш} \cdot k_1 \cdot P_d, \quad (3.6)$$

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.

Абсолютна шорсткість K стінок повітропроводів із різних матеріалів відповідає усередненій висоті виступів шорсткості в мм.

Втрати тиску на подолання місцевих опорів

На відміну від прямих ділянок повітропроводів, фасонні деталі, різні регулюючі пристрої та інші елементи системи вентиляції створюють перешкоди на шляху повітря. За рахунок зміни розмірів, поворотів та інших перешкод втрати енергії відбуваються в кожній такій ділянці. Тому щоб подолати ці місцеві опори і вирахувати втрати тиску, необхідно розрахувати данну формулу:

$$\Delta P_z = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot k_2 = \sum \xi \cdot P_d \cdot k_2 \quad (3.7)$$

де $\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів на розрахунковій ділянці вентиляційної системи, які беруться з довідкової літератури.

Якщо на суміжних ділянках з спільним опором є спільна перешкода, то коефіцієнт місцевого опору відноситься до ділянки з меншою витратою.

Загальні втрати тиску на ділянці вентиляційної системи

Загальні втрати тиску для кожної окремої ділянки довжиною l це сума втрат тисків на подолання опору тертя і місцевих опорів ділянки.

$$\Delta P_{діл} = \Delta P_T + \Delta P_z \quad (3.8)$$

або

$$\Delta P = \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (3.9)$$

Сума загальних втрат тиску в розрахункових ділянках це і є загальні втрати тиску у системі які в цілому відносяться до головної магістралі вентиляції.

Головна магістраль системи – це найбільш віддалена і найбільш навантажена частина системи вентиляції.

Ділянка повітропроводу з постійною витратою повітря – це і є розрахункова ділянка вентиляційної системи.

Ув'язування відгалуження системи.

Послідовно виконуємо розрахунок відгалужень системи, розрахунок є ідентичним з розрахунком магістралей, з визначенням $\Delta P_{\text{від}}$. Після цього виконуємо нев'язку різниці тисків між відгалудженнями та магістраллю $\Delta P_{\text{діл}}$:

$$H = \frac{\Delta P_{\text{діл}} - \Delta P_{\text{від}}}{\Delta P_{\text{діл}}} \cdot 100\% \quad (3.10)$$

Якщо після розрахунку виконана умова, що нев'язка не перевищує 10%, тоді можна вважати, що аеродинамічний розрахунок виконаний вірно, але якщо ця умова не виконана і з результатів розрахунку нев'язка нашої системи перевищує 10%, тоді необхідно змінити поперечний переріз нашої магістралі і провести розрахунок заново. Якщо після повторних перерахунків, ми все рівно не можемо задовольнити умову, що нев'язка має не перевищувати 10% - потрібно виконати ув'язку з допомогою використання діафрагм, тобто встановленням дросель клапану, який збільшить місцевий опір $\xi_{\text{дф}}$, значення визначають за формулою

$$\xi_{\text{дф}} = \frac{1,67 \cdot (\Delta P_{\text{діл}} - \Delta P_{\text{від}})}{v_{\text{від}}^2}, \quad (3.11)$$

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.

Вже з новими показниками місцевого опору проводимо повторну ув'язку різниці тисків між відгалудженнями та магістралями, задля того щоб

задовольнити умову. Якщо все пораховано вірно, то можна вважати, що аеродинамічний розрахунок виконано. Результати розрахунку зводимо в таблицю:

Аеродинамічний розрахунок П1-В1

Аеродинаміка (П1-В1)																			
Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці $V_{\text{діл}}, \text{ м}^3/\text{год}$	Довжина ділянки $L_{\text{діл}}, \text{ м}$	Розміри поперечного перерізу повітропроводу ВхН для прямокутного повітропроводу або d для круглого, мм	Еквівалентний діаметр $\phi_e, \text{ мм}$	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу $f_{\text{діл}}, \text{ м}^2$	Дійсна швидкість в перерізі $v_{\text{діл}}, \text{ м/с}$	Число Рейнольдса $Re=(v_{\text{діл}})/\nu$	Коефіцієнт гідравлічного тертя $\lambda=0,11((k_e/d_e)+(68/Re))^{0,25}$	Коефіцієнт шорсткості $\beta_{\text{ш}}$	Коефіцієнт K_1	Динамічний тиск на ділянці P_0	Втрати тиску на тертя $P_m = (\lambda/d_e) \cdot l \cdot \beta_{\text{ш}} \cdot k_1 \cdot P_0$	Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці $\Sigma \xi_{\text{діл}}$	Коефіцієнт K_2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z = \Sigma \xi_{\text{діл}} \cdot P_0 \cdot K_2$	Загальні втрати тиску на ділянці, $\Delta P_{\text{діл}} = P_{\text{тер}} + P_z, \text{ Па}$	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору аросельклана $\xi_{\text{фк}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Магістраль приплив</i>																			
1-2	500	8,8	-	250	0,049	2,83	47180,9	0,023	1	1	4,81	3,86	1,03	1	84,95	88,81	88,81		
2-3	1000	2,5	-	355	0,099	2,81	66452	0,021	1	1	4,73	0,70	0,38	1	1,80	2,49	91,30		
3-4	1500	2,7	-	355	0,099	4,21	99678	0,019	1	1	10,64	1,57	0,38	1	4,04	5,61	96,92		
4-5	2000	2,1	-	450	0,159	3,49	104847	0,019	1	1	7,33	0,65	0,38	1	2,78	3,43	100,35		
5-6	2500	2,7	-	450	0,159	4,37	131058	0,018	1	1	11,45	1,25	0,14	1	1,60	2,85	103,20		
6-7	3000	10,9	-	500	0,196	4,25	141543	0,018	1	1	10,82	4,19	0,14	1	1,51	5,70	108,90		
7-8	4200	1,3	-	500	0,196	5,94	198160	0,017	1	1	21,20	0,93	0,15	1	3,18	4,11	113,01		
8-9	4400	7,4	-	500	0,196	6,23	207596	0,017	1	1	23,27	5,74	0,53	1	12,33	18,08	131,08		
<i>Відгалудження</i>																			
2-10	500	5,5	-	250	0,0491	2,83	47180,9	0,023	1	1	4,81	2,41	0,24	1	78,15	80,56	80,56	9,28	1,72
3-11	500	6,7	-	250	0,0491	2,83	47180,9	0,023	1	1	4,81	2,94	0,38	1	78,83	81,76	81,76	10,45	1,99
4-12	500	6,7	-	250	0,0491	2,83	47180,9	0,023	1	1	4,81	2,94	0,38	1	78,83	81,76	81,76	15,64	3,16
5-13	500	8,3	-	250	0,0491	2,83	47180,9	0,023	1	1	4,81	3,64	0,38	1	78,83	82,46	82,46	17,82	3,73
6-14	500	8,3	-	250	0,0491	2,83	47180,9	0,023	1	1	4,81	3,64	0,38	1	78,83	82,46	82,46	20,09	4,32
15-16	300	5,5	-	250	0,0491	1,70	28308,6	0,025	1	1	1,73	0,96	0,2	1	77,35	78,31	78,31	28,09	17,71
16-17	600	3,2	-	250	0,0491	3,40	56617,1	0,022	1	1	6,92	1,95	0,24	1	78,66	80,61	80,61	28,67	4,69
17-18	900	3,2	-	355	0,0989	2,53	59806,8	0,021	1	1	3,83	0,74	0,24	1	77,92	78,66	78,66	2,37	13,71
18-7	1200	16,9	-	355	0,0989	3,37	79742,4	0,020	1	1	6,81	6,55	0,3	1	79,04	85,59	85,59	-8,81	-12,59
16-19	300	2,4	-	150	0,0177	4,72	47180,9	0,024	1	1	13,36	5,04	0,24	1	80,21	85,24	85,24	-5,81	-0,35
17-20	300	2,4	-	250	0,0491	1,70	28308,6	0,025	1	1	1,73	0,42	0,24	1	77,42	77,84	77,84	4,80	2,27
18-21	300	2,4	-	250	0,0491	1,70	28308,6	0,025	1	1	1,73	0,42	0,24	1	77,42	77,84	77,84	4,80	2,27
8-22	200	4,1	-	125	0,0123	4,53	37744,8	0,025	1	1	12,31	10,03	0,38	1	81,68	91,71	91,71	-11,21	-0,75

Магістраль витяжка																			
1-2	300	5,0	-	250	0,0491	1,70	28308,6	0,025	1	1	1,73	0,88	1,5	1	79,60	80,47	80,47		
2-3	600	3,1	-	250	0,0491	3,40	56617,1	0,022	1	1	6,92	1,89	0,68	1	4,71	6,60	87,07		
3-4	900	2,7	-	355	0,0989	2,53	59806,8	0,021	1	1	3,83	0,62	0,55	1	2,11	2,73	89,80		
4-5	1200	21,4	-	355	0,0989	3,37	79742,4	0,020	1	1	6,81	8,29	0,5	1	3,41	11,70	101,49		
5-6	1400	2,2	-	355	0,0989	3,93	93032,8	0,020	1	1	9,27	1,13	0,3	1	2,78	3,91	105,40		
6-7	4400	7,2	-	500	0,1963	6,23	207596	0,017	1	1	23,27	5,59	0,27	1	6,28	11,87	117,27		
Відгалудження																			
12-13	500	5,2	-	250	0,0491	2,83	47180,9	0,023	1	1	4,81	2,28	0,24	1	78,15	80,43	80,43	0,05	2,35
13-14	1000	2,4	-	355	0,0989	2,81	66452	0,021	1	1	4,73	0,67	0,38	1	78,80	79,47	79,47	1,20	0,20
14-15	1500	2,6	-	355	0,0989	4,21	99678	0,019	1	1	10,64	1,51	0,38	1	81,04	82,56	82,56	-2,59	-0,20
15-16	2000	2,4	-	450	0,1590	3,49	104847	0,019	1	1	7,33	0,74	0,14	1	78,03	78,76	78,76	9,54	1,14
16-17	2500	2,4	-	450	0,1590	4,37	131058	0,018	1	1	11,45	1,11	0,38	1	81,35	82,46	82,46	8,17	0,64
17-6	3000	8,7	-	450	0,1590	5,24	157270	0,018	1	1	16,49	5,61	0,2	1	80,30	85,91	85,91	15,36	0,95
13-18	500	2,7	-	500	0,1963	0,71	23590,5	0,026	1	1	0,30	0,04	0,5	1	77,15	77,19	77,19	3,07	10,80
14-19	500	2,7	-	250	0,0491	2,83	47180,9	0,023	1	1	4,81	1,18	0,24	1	78,15	79,34	79,34	0,93	7,91
15-20	500	0,9	-	250	0,0491	2,83	47180,9	0,023	1	1	4,81	0,39	0,3	1	78,44	78,84	78,84	0,63	0,33
16-21	500	0,9	-	250	0,0491	2,83	47180,9	0,023	1	1	4,81	0,39	0,24	1	78,15	78,55	78,55	2,34	0,39
17-22	500	0,9	-	250	0,0491	2,83	47180,9	0,023	1	1	4,81	0,39	0,24	1	78,15	78,55	78,55	1,15	0,19
5-11	200	5,7	-	125	0,0123	4,53	37744,8	0,025	1	1	12,31	13,94	0,24	1	79,95	93,90	93,90	-4,56	-0,92

Аеродинамічний розрахунок ПЗ

Аеродинаміка ПЗ																			
Номер ділянки	Витрата повітря на ділянку $L_{діл}, \text{ м}^3/\text{год}$	Довжина ділянки $l_{діл}, \text{ м}$	Розміри поперечного перерізу повітропроводу ВхН для прямокутного повітропроводу	Еквівалентний діаметр $\phi_e, \text{ мм}$	Дісна площа поперечного перерізу повітропроводу $f_a, \text{ м}^2$	Дісна швидкість в перерізі u_d	Число Рейнольдса $Re = (u_d \rho) / \nu$	Коефіцієнт гідравлічного тертя	Коефіцієнт шорсткості β_w	Коефіцієнт K_1	Динамічний тиск на ділянку P_d	Втрати тиску на тертя $P_m = (\lambda / d_e) \cdot l \cdot \beta_w \cdot K_1 \cdot P_d$	Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянку $\Sigma \xi_{діл}$	Коефіцієнт K_2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z =$	загальні втрати тиску на ділянку, $\Delta P_{діл} = P_m + P_z,$	Сумарні втрати тиску на ділянку від початку мережі, P_a	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Магістраль приплив</i>																			
1-2	450	2,7	-	250	0,049	2,55	42462,8	0,023	1	1	3,89	0,98	1,03	1	84,01	84,99	84,99		
2-3	900	1,2	-	400	0,126	1,99	53078,6	0,022	1	1	2,38	0,16	0,38	1	0,90	1,06	86,05		
3-4	1350	1,2	-	400	0,126	2,99	79617,8	0,020	1	1	5,35	0,32	0,38	1	2,03	2,35	88,40		
4-5	1800	1,3	-	500	0,196	2,55	84925,7	0,020	1	1	3,89	0,20	0,38	1	1,48	1,68	90,08		
5-6	2250	2,7	-	500	0,196	3,18	106157	0,019	1	1	6,09	0,62	0,14	1	0,85	1,47	91,55		
6-7	2400	6,7	-	500	0,196	3,40	113234	0,019	1	1	6,92	1,72	0,14	1	0,97	2,69	94,23		
7-8	2650	11,3	-	500	0,196	3,75	125029	0,018	1	1	8,44	3,47	0,15	1	1,27	4,73	98,97		
8-9	2800	1,8	-	500	0,196	3,96	132107	0,018	1	1	9,42	0,61	0,53	1	4,99	5,61	99,84		
9-10	5800	2,4	-	500	0,196	8,21	273649	0,016	1	1	40,44	3,11	0,53	1	21,43	24,54	123,51		
<i>Відгалудження</i>																			
2-11	450	1,4	-	250	0,0491	2,55	42462,8	0,023	1	1	3,89	0,51	0,24	1	77,93	78,44	78,44	7,70	1,68
3-12	450	1,4	-	250	0,0491	2,55	42462,8	0,023	1	1	3,89	0,51	0,38	1	78,48	78,99	78,99	8,21	1,82
4-13	450	1,4	-	250	0,0491	2,55	42462,8	0,023	1	1	3,89	0,51	0,38	1	78,48	78,99	78,99	8,21	2,42
5-14	450	1,4	-	250	0,0491	2,55	42462,8	0,023	1	1	3,89	0,51	0,14	1	77,55	78,05	78,05	1,72	3,09
6-15	150	1,1	-	125	0,0123	3,40	28308,6	0,026	1	1	6,92	1,59	0,15	1	78,04	79,63	79,63	6,30	1,72
7-16	250	0,9	-	160	0,0201	3,46	36860,1	0,025	1	1	7,16	0,99	0,2	1	78,43	79,42	79,42	0,27	2,07
8-17	150	1,1	-	125	0,0123	3,40	28308,6	0,026	1	1	6,92	1,59	0,24	1	78,66	80,26	80,26	-1,05	2,71
23-22	600	1,4	-	250	0,0491	3,40	56617,1	0,022	1	1	6,92	0,85	0,24	1	78,66	79,51	79,51	-1,37	6,37
22-21	1200	1,6	-	250	0,0491	6,79	113234	0,020	1	1	27,70	3,47	0,3	1	85,31	88,78	88,78	1,06	1,26
21-20	1800	1,8	-	400	0,1256	3,98	106157	0,019	1	1	9,51	0,81	0,24	1	79,28	80,10	80,10	-2,11	-0,17
20-19	3000	1,8	-	400	0,1256	6,63	176929	0,017	1	1	26,41	2,07	0,24	1	83,34	85,41	85,41	3,79	-0,24
19-18	3000	0,9	-	500	0,1963	4,25	141543	0,018	1	1	10,82	0,35	0,24	1	79,60	79,94	79,94	0,39	-0,09
18-9	600	6,1	-	500	0,1963	0,85	28308,6	0,025	1	1	0,43	0,13	0,53	1	77,23	77,36	77,36	0,89	1,60
22-24	600	1,4	-	250	0,0491	3,40	56617,1	0,022	1	1	6,92	0,85	0,53	1	80,67	81,52	81,52	-5,38	-0,27
21-25	600	1,6	-	250	0,0491	3,40	56617,1	0,022	1	1	6,92	0,98	0,24	1	78,66	79,64	79,64	2,31	-0,03
20-26	600	1,6	-	250	0,0491	3,40	56617,1	0,022	1	1	6,92	0,98	0,24	1	78,66	79,64	79,64	0,77	0,09
19-27	600	1,4	-	250	0,0491	3,40	56617,1	0,022	1	1	6,92	0,85	0,24	1	78,66	79,51	79,51	0,15	0,02
18-28	600	1,6	-	250	0,0491	3,40	56617,1	0,022	1	1	6,92	0,98	0,38	1	79,63	80,61	80,61	1,12	1,18

Аеродинамічний розрахунок В9

Аеродинаміка В9																			
Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці $L_{дін}, \text{ м}^3/\text{год}$	Довжина ділянки $l_{дін}, \text{ м}$	Розміри поперечного перерізу повітропроводу ВхН для прямокутного повітропроводу	Еквівалентний діаметр $d_e, \text{ мм}$	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу $f_a, \text{ м}^2$	Дійсна швидкість в перерізі U_a	Число Рейнольдса $Re=(v \cdot d_e)/\nu$	Коефіцієнт гідравлічного тертя	Коефіцієнт шорсткості $\beta_{ш}$	Коефіцієнт K_1	Динамічний тиск на ділянці P_d	Втрати тиску на тертя $P_m = (\lambda/d_e) \cdot l \cdot \beta_{ш} \cdot K_1 \cdot P_d$	Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці $\Sigma \xi_{дін}$	Коефіцієнт K_2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z =$	загальні втрати тиску на ділянці, $\Delta P_{дін} = P_m + P_z,$	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, P_a	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцвого опору
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Магістраль витяжка</i>																			
1-2	250	4,2	-	160	0,0201	3,46	36860,1	0,025	1	1	7,16	4,61	1,5	1	87,75	92,36	92,36		
2-3	400	8,8	-	160	0,0201	5,53	58976,2	0,023	1	1	18,34	22,79	0,68	1	12,47	35,26	127,62		
3-4	1000	9,2	-	315	0,0779	3,57	74890,4	0,021	1	1	7,63	4,59	0,55	1	4,20	8,78	136,40		
4-5	2400	9,3	-	315	0,0779	8,56	179737	0,018	1	1	43,95	23,18	0,5	1	21,98	45,16	181,56		
<i>Відгалудження</i>																			
2-5	150	0,7	-	125	0,0123	3,40	28308,6	0,026	1	1	6,92	1,01	0,24	1	78,66	79,68	79,68	0,68	1,41
3-6	600	1,1	-	250	0,0491	3,40	56617,1	0,022	1	1	6,92	0,67	0,38	1	79,63	80,30	80,30	-0,78	-0,09
9-8	900	6,8	-	160	0,0201	12,44	132696	0,020	1	1	92,86	79,72	0,38	1	112,29	192,01	192,01	-5,28	-0,11
8-7	900	0,7	-	160	0,0201	12,44	132696	0,020	1	1	92,86	8,21	0,14	1	90,00	98,21	98,21	1,23	0,32
7-4	1400	1,3	-	160	0,0201	19,35	206417	0,019	1	1	224,69	35,30	0,38	1	162,38	197,68	197,68	-2,95	-0,27
8-10	200	0,9	-	125	0,0123	4,53	37744,8	0,025	1	1	12,31	2,20	0,2	1	79,46	81,66	81,66	16,85	8,13
7-11	300	6,3	-	160	0,0201	4,15	44232,1	0,024	1	1	10,32	9,64	0,5	1	82,16	91,80	91,80	1,19	0,62

Аеродинамічний розрахунок В4

Аеродинаміка В4																			
Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці $L_{air}, \text{м}^3/\text{год}$	Довжина ділянки $l_{dl}, \text{м}$	Розміри поперечного перерізу повітропроводу ВхН для прямокутного повітропроводу	Еквівалентний діаметр $d_e, \text{мм}$	Діюча площа поперечного перерізу повітропроводу $f_a, \text{м}^2$	Діюча швидкість в перерізі u_a	Число Рейнольдса $Re=(v \cdot d_e)/\nu$	Коефіцієнт гідравлічного тертя	Коефіцієнт шорсткості $\beta_{ш}$	Коефіцієнт K_1	Динамічний тиск на ділянці P_a	Втрати тиску на тертя $P_m = (\lambda/d_e) \cdot l \cdot \beta_{ш} \cdot k_1 \cdot P_a$	Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці $\Sigma \xi_{dl}$	Коефіцієнт K_2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z =$	Загальні втрати тиску на ділянці, $\Delta P_{dl} = P_{тер} + P_z,$ P_a	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Магістраль витяжка</i>																			
1-2	100	1,6	-	125	0,0123	2,26	18872,4	0,028	1	1	3,08	1,12	1,5	1	81,62	82,73	82,73		
2-3	400	1,0	-	200	0,0314	3,54	47180,9	0,023	1	1	7,51	0,88	0,68	1	5,11	5,98	88,72		
3-4	400	1,7	-	200	0,0314	3,54	47180,9	0,023	1	1	7,51	1,47	0,55	1	4,13	5,61	94,32		
4-5	400	0,3	-	200	0,0314	3,54	47180,9	0,023	1	1	7,51	0,26	0,5	1	3,76	4,02	92,73		
5-6	400	0,3	-	200	0,0314	3,54	47180,9	0,023	1	1	7,51	0,26	0,5	1	3,76	4,02	98,34		
6-7	600	7,6	-	200	0,0314	5,31	70771,4	0,022	1	1	16,90	13,81	0,5	1	8,45	22,27	116,59		
<i>Відгалудження</i>																			
8-2	100	1,9	-	125	0,0123	2,26	18872,4	0,028	1	1	3,08	1,33	0,24	1	77,74	79,06	79,06	4,43	1,41
10-9	100	0,7	-	125	0,0123	2,26	18872,4	0,028	1	1	3,08	0,49	0,38	1	78,17	78,66	78,66	0,51	0,13
9-3	100	1,7	-	125	0,0123	2,26	18872,4	0,028	1	1	3,08	1,19	0,38	1	78,17	79,36	79,36	4,08	1,10
11-9	100	0,8	-	125	0,0123	2,26	18872,4	0,028	1	1	3,08	0,56	0,14	1	77,43	77,99	77,99	1,23	3,49
12-4	100	0,7	-	125	0,0123	2,26	18872,4	0,028	1	1	3,08	0,49	0,38	1	78,17	78,66	78,66	0,88	5,10
13-5	100	2,7	-	125	0,0123	2,26	18872,4	0,028	1	1	3,08	1,88	0,2	1	77,62	79,50	79,50	3,91	1,05

4.5 Визначення корисної та повної продуктивності центрального кондиціонера

Корисна продуктивність центрального кондиціонера відповідає витраті повітря, необхідній для асиміляції в приміщеннях надлишків вологи та вентиляційних шкідливостей (газів, парів, пилу тощо).

Повна продуктивність є розрахунковою для центрального кондиціонера і відрізняється від корисної на величину втрат повітря на шляху його транспортування від кондиціонера до приміщень, та втрат повітря в приміщенні.

Витрата повітря, необхідна для асиміляції надлишків теплоти складає

$$G_h = G_{wz} + \frac{3,6Q - cG_{wz}(t_{wz} - t_{in})}{k_l c(t_{wz} - t_{in})}, \text{ кг/ГОД.}$$

Для асиміляції вологонадлишків необхідно передбачити подачу повітря в кількості

$$G_w = G_{wz} + \frac{W - G_{wz}(d_{wz} - d_{in})}{d_l - d_{in}}, \text{ кг/ГОД.}$$

Якщо до приміщення надходять інші шкідливості, технологічні гази, пари, пил тощо, необхідна витрата припливного повітря становить

$$G_{po} = G_{wz} + \frac{m_{po} - \frac{1}{\rho_{in}} G_{wz} (q_{wz} - q_{in})}{\frac{1}{\rho_{in}} (q_l - q_{in})}, \text{ кг/год.}$$

Величина G_{po} визначається за виразом для кожної з вентиляційних шкідливостей, що надходять до приміщення, при густині повітря ρ_{in} , що відповідає температурі t_{in} .

При одночасному виділенні в приміщенні надлишкової теплоти та надлишкової вологи більш точним є визначення необхідної витрати припливного повітря (корисної продуктивності кондиціонера) за надлишками повної теплоти

$$G_{hf} = G_{wz} + \frac{3,6Q_{hf} - G_{wz} (I_{wz} - I_{in})}{I_l - I_{in}}, \text{ кг/год.}$$

Якщо з робочої зони повітря не видаляється місцевими відсмоктувачами, системою загально-обмінної витяжної вентиляції або на технологічні потреби, тобто при $G_{wz}=0$, вираз (4.86) набуває вигляду

$$G_{hf} = \frac{3,6Q_{hf}}{I_l - I_{in}}, \text{ кг/год.}$$

Ентальпію I_l та вологовміст d_l визначають за допомогою I, d – діаграми (рис. 4.15).

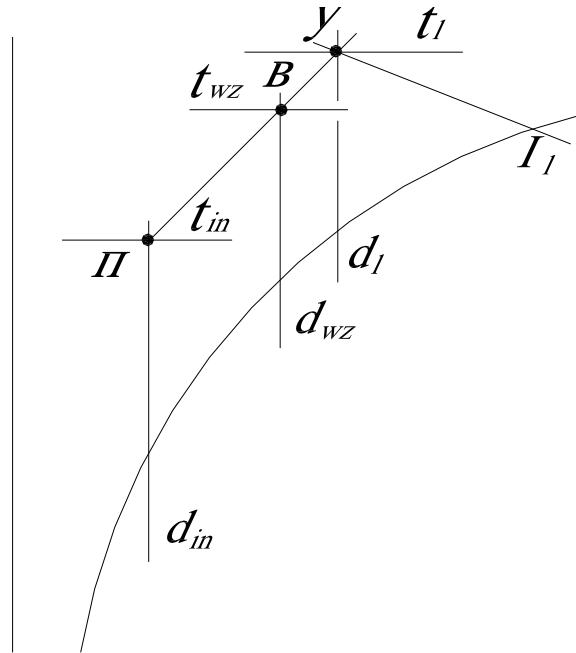


Рис.4.15 . Визначення ентальпії I_1 та вологовмісту повітря, що видаляється з приміщення

Точку y , яка відповідає параметрам повітря, що видаляється з приміщення, знаходять на перетині променя процесу асиміляції надлишків теплоти та вологи, з кутовим коефіцієнтом ϵ , та ізотерми t_l .

$$t_l = k_l(t_{wz} - t_{in}) + t_{in}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

Коефіцієнт ефективності повітрообміну k_l визначається за методикою, викладеною в параграфі 4.3.

Надходження до приміщення газів, парів, пилу, m_{po} , мг/год, визначається за технічними характеристиками технологічного обладнання. Концентрація даної шкідливості в робочій зоні приміщення, q_{wz} , мг, є гранично допустимою концентрацією, яка визначається за чинними нормативами. Концентрація цієї шкідливості в припливному повітрі, q_{in} , мг/м² та в повітрі, що видаляється, визначається за методиками розрахунку систем промислової вентиляції.

Розрахункові надлишки теплоти (як явної так і повної) розглядаються як сума теплових потоків, які надходять до приміщення від різних джерел. Так, наприклад, надлишки повної теплоти визначаються з рівняння

$$Q_{hf} = Q_{hf_1} + Q_{hf_2} + Q_{hf_3} + Q_{hf_4} + Q_{hf_5} + Q_{hf_6} + Q_{hf_7} + Q_{hf_8} + Q_{hf_9} + Q_{hf_{10}}$$

де Q_{hf_1} – надходження теплоти від людей, Вт; Q_{hf_2} - надходження теплоти від сонячної радіації, Вт; Q_{hf_3} - надходження теплоти від засобів освітлення, Вт; Q_{hf_4} - надходження теплоти від технологічного обладнання, Вт; Q_{hf_5} - надходження теплоти від їжі, що вистигає (для підприємств громадського харчування), Вт; Q_{hf_6} - надходження теплоти з відкритої поверхні води, Вт; Q_{hf_7} - надходження теплоти через внутрішні огороження, Вт; Q_{hf_8} - надходження теплоти через зовнішні огороження, Вт; Q_{hf_9} - надходження теплоти від системи опалення, Вт; $Q_{hf_{10}}$ - втрати теплоти через огороження, Вт.

Надходження теплоти від людей складають за даними табл..1.1.

$$Q_{hf_1} = Q'_{hf} \cdot n, \text{ Вт,}$$

де n – розрахункова кількість людей в приміщенні.

При розрахунках величини Q_{hf_1} слід брати до уваги, що при рівних умовах жінки виділяють в середньому 85%, а діти в середньому 50...75% теплоти і вологи, що надходить від дорослого чоловіка.

Надходження теплоти за рахунок інсоляції приміщення визначають як суму

$$Q_{hf_2} = Q'_{hf_2} + Q''_{hf_2}, \text{ Вт},$$

де Q'_{hf_2} - теплота сонячної радіації, що надходить до приміщення через світлові пройми, Вт; Q''_{hf_2} - теплота сонячної радіації, що надходить до приміщення через покриття, Вт.

Розрахунки величин Q'_{hf_1} та Q''_{hf_2} слід виконувати згідно з методикою, викладеною в довідниковій літературі.

Теплові надходження від штучного освітлення складають

$$Q_{hf_3} = N_{\text{пит}} \cdot A, \text{ Вт},$$

де $N_{\text{пит}}$ - питома потужність ламп, Вт/м², (0,15 ... 0,2 Вт/м²);

A – площа приміщення, м².

Інакше кажучи, вважаємо, що вся енергія, що витрачається на освітлення (при використанні світильників без відсмоктування від них теплого повітря), перетворюється на теплоту, яка нагріває повітря приміщення.

Надходження теплоти від технологічного обладнання Q_{hf_4} визначають відповідно до проекту технології виробничих процесів в приміщенні, за технічними характеристиками обладнання, з урахуванням використання установчої потужності, одночасності роботи.

Теплові надходження від їжі, що вистигає, при проектуванні підприємств громадського харчування розраховують за виразом

$$Q_{hf_5} = 0,28 \frac{m_1 c_{сер} (t_{cn} - t_{ck}) n_1}{\tau}, \text{ Вт},$$

де m_1 - середня маса страв на одне розрахункове місце, $m_1=0,85$ кг; $c_{сер}$ - середня теплоємність страв, $c_{сер}=3,35$ кДж/кг· $^{\circ}$ С; t_{cn}, t_{ck} - відповідно початкова та кінцева температура страв, $t_{cn}=70$ $^{\circ}$ С; $t_{ck}=40$ $^{\circ}$ С; n_1 - кількість розрахункових місць в торгівельному залі підприємства громадського харчування; τ - середня тривалість прийому їжі одним відвідувачем, год.; для ресторанів $\tau=1$ год., для їдалень без самообслуговування $\tau=0,75$ год., для їдалень з самообслуговуванням $\tau=0,3$ год.

Надходження теплоти з відкритої поверхні води становить

$$Q_{hf_6} = (5,7 + 4,06V_n)(t_A - t_{wz})A_g, \text{ Вт},$$

де V_n - швидкість руху повітря над поверхнею випаровування, м/с; t_A - температура поверхні води, $^{\circ}$ С; A_g - площа поверхні води, м 2 .

Теплові надходження через внутрішні огорожуючі конструкції розраховуються за формулою

$$Q_{hf} = k_o \cdot A_o \cdot \Delta t, \text{ Вт},$$

де k_o - коефіцієнт теплопередачі відповідного будівельного огороження, Вт/(м² · °С); A_o - площа огороження, м²; Δt - різниця температур між суміжними та кондиційованим приміщеннями, °С.

Якщо суміжні приміщення не мають власних джерел виділення теплоти та не обладнані вентиляційними системами, зазначена різниця температур визначається за формулою

$$\Delta t = (t_{ext} - t_{wz})m,$$

де t_{ext} та t_{wz} - відповідно розрахункові температури зовнішнього та внутрішнього повітря, °С; m - знижуючий коефіцієнт: для стін та інших огорожень, крім підлог, що розміщені над першим поверхом будівлі, над підвалом або на рівні землі $m=0,5$; для міжповерхового перекриття, що відділяє кондиційоване приміщення від верхнього поверху будівлі, якщо верхній поверх знаходиться безпосередньо під покрівлею, $m=0,75$; для перекриттів першого поверху, що відділяють кондиційовані приміщення від некондиційованих, $m=0,25$; для підлог на ґрунті або над підвалом $m=0$; при активній вентиляції суміжних приміщень, які не мають теплових надходжень.

Надходження теплоти через зовнішні огороження (стіни, покриття) за рахунок теплопередачі Q_{hf8} розраховують за методикою, викладеною в довідниковій літературі.

При розрахунках роботи ЦСКП в холодний період року необхідно враховувати тепловіддачу опалювальних приладів через те, що системи водяного опалення при роботі СКП не відключаються. Зважаючи на те, що розрахункові температури внутрішнього повітря при проектуванні СКП (t_{wz})

та опалення (t_p) можуть відрізнятись, надходження теплоти від опалювальних приладів оцінюється рівністю

$$Q_{hf9} = Q_{hf10} \frac{t_p - t_{ext}}{t_{wz} - t_{ext}} \cdot \frac{t_c - t_{wz}}{t_c - t_p}, \text{ Вт,}$$

де Q_{hf9} - втрата теплоти приміщення через будівельні конструкції, Вт, при внутрішній температурі t_{wz} , визначається за відомою методикою; t_c - середня температура теплоносія в системі опалення, $^{\circ}\text{C}$.

Необхідно зазначити, що при визначенні теплових втрат Q_{hf10} , приміщенням не слід враховувати додаткову витрату теплоти на підігрів інфільтраційного повітря, оскільки в кондиційованому приміщенні при роботі СКП підтримується певний надлишковий тиск.

Кількість водяної пари, що потрапляє до приміщення, визначають з огляду на технологічні процеси, що детермінують інтенсивність надходження вологи від різних джерел.

В загальному вигляді, для громадських, адміністративно-побутових та промислових споруд враховують такі надходження вологи

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5, \text{ г/год.},$$

де W_1 - кількість водяної пари, що виділяється людьми в приміщенні, г/год.; W_2 - надходження водяної пари від встигаючої їжі (для підприємств громадського харчування), г/год.; W_3 - кількість водяної пари, що надходить до приміщення при кипінні води, г/год.; W_4 - надходження водяної пари до

приміщення при випаровуванні води з температурою нижче 100 °С, г/год.;
 W_5 - надходження вологи від технологічного обладнання, г/кг.

Надходження водяної пари до приміщення від людей визначається за даними табл.1.1 в залежності від температури t_{wz} та виду виконуваної роботи за виразом

$$W_1 = W' \cdot N, \text{ г/год.}$$

Надходження водяної пари в приміщення ресторану, столової тощо від їжі, що вистигає, складає

$$W_2 = k \frac{m_1 c_{сер} (t_{сн} - t_{ск}) n_1}{\tau (2500 + c_{вн} t_{сер}) 10^{-3}}, \text{ г/год.},$$

де k - коефіцієнт, який враховує нерівномірність споживання їжі, а також наявність на стравах жирної плівки, що перешкоджає вільному випаровуванню вологи; $c_{вн}$ - теплоємність водяної пари, $c_{вн} = 1,81$ кДж/(кг · °С).

Кількість водяної пари що надходить до приміщення при кипінні води визначається за виразом

$$W_3 = 1,818 \cdot b \cdot Q_{wk}, \text{ г/год.},$$

де b - коефіцієнт, що враховує прориви водяної пари в приміщення; при укриванні поверхні та наявності відсмоктування повітря від укриття b

=0,25...1,0; при відсутності укриття та відсмоктування $b=1,0$; Q_{wk} - потужність джерела теплоти для кипіння, Вт.

Надходження водяної пари, що потрапляє до приміщення при випаровуванні води з температурою нижче $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ з відкритих поверхонь обладнання та підлоги складає

$$W_4 = \beta(P_A - P_{wz})A_{\text{вип}} \frac{101,2 \cdot 10^3}{P_0}, \text{ г/год.},$$

де β – коефіцієнт масообміну для потоку повітря, що рухається зі швидкістю V_n , м/с:

- вздовж поверхні випаровування

$$\beta = (0,134 + 0,114 \cdot V_n), \text{ г/(м}^2 \cdot \text{год.)};$$

- перпендикулярно до поверхні випаровування

$$\beta = (0,284 + 0,232 \cdot V_n), \text{ г/(м}^2 \cdot \text{год.)};$$

P_A, P_{wz} - парціальний тиск водяної пари, відповідно в стані повного насичення при температурі поверхні випаровування та у повітрі приміщення, Па; P_0 - розрахунковий барометричний тиск, Па; $A_{\text{вип}}$ - площа поверхні випаровування, м^2 .

Надходження вологи від технологічного обладнання W_5 визначається за даними проекту технології виробництва згідно з технічними характеристиками обладнання.

Повна продуктивність ЦСКП складає

$$G = k_{\text{втр}} \cdot G_{\text{wz}}, \text{ кг/год.},$$

де $k_{\text{втр}}$ - коефіцієнт втрат, який враховує втрати повітря при його транспортуванні від кондиціонера, розміщеного поза межами приміщення, що обслуговується, до повітророзподільників; для повітропроводів довжиною до 50м $k_{\text{втр}}=1,1$ [], при довжині повітропроводів, l , м, понад 50 м

$$k_{\text{втр}} = 1 + 0,002l$$

В прямококових ЦСКП витрата зовнішнього повітря, що забирається кондиціонером, відповідає повній продуктивності

$$G_{\text{ext}} = G, \text{ кг/год.}$$

Якщо за санітарно-гігієнічними вимогами в ЦСКП можливо використання рециркуляції, витрата зовнішнього повітря мусить бути мінімальною з огляду на мінімізацію енергетичних витрат на його нагрівання, охолодження, очищення.

Зовнішнє повітря в кількості, що відповідає вимогам чинних нормативів, використовується перш за все для забезпечення нормального дихання людини. Крім того, подача в систему зовнішнього повітря компенсує втрати в повітропроводах та забезпечує створення підпору в кондиційованих приміщеннях.

Нормована мінімальна витрата зовнішнього повітря на одну людину, L'_{ext} , м³/(год.·люд.), наведена в табл.4. __.

Повна витрата зовнішнього повітря відповідно до санітарно-гігієнічних вимог складає

$$G_{ext1} = \rho_{in} \cdot L'_{ext} \cdot N, \text{ кг/год.},$$

де ρ_{in} - густина припливного повітря, кг/м³.

Таблиця 4.7

Мінімальна витрата зовнішнього повітря

Приміщення	Приміщення		
	з природним провітрюванням	без природного провітрювання	
	Витрата повітря, L'_{ext}		
	на одну людину, м ³ /год.	на одну людину, м ³ /год.	Кратність, 1/год.
Виробничі	30*, 20**	60	1
Громадські та адміністративно-побутові	за вимогами відповідних нормативів	60; 20***	-

* - при об'ємі приміщення на 1 людину до 20 м³;

** - при об'ємі приміщення на 1 людину 20 м³ і більше;

*** - для глядачевих залів, залів нарад та інших приміщень, де люди знаходяться до 3 годин безперервно.

Витрата зовнішнього повітря для компенсації втрат в припливних повітропроводах визначається як різниця

$$G_{ext2} = G - G_{wz}, \text{ кг/год.}$$

Витрата повітря для створення підпору в кондиційованому приміщенні складає

$$G_{ext3} = \rho_{in} \left(n_{inf} V_p + \frac{L_{дв} N}{\tau_1} \right), \text{ кг/год.,}$$

де n_{inf} - кратність повітрообміну для запобігання інфільтрації, 1/год. []: для приміщень без вікон та зовнішніх дверей $n_{inf}=0,5\dots0,75$; для приміщень з вікнами на одну сторону $n_{inf}=1,0$; з вікнами на дві сторони $n_{inf}=1,5$; з вікнами на три та чотири сторони $n_{inf}=2,0$; вестибуль - $n_{inf}=2\dots3$; V_p - внутрішній об'єм приміщення, м³; $L_{дв}$ - додаткова кількість припливного повітря, м³/(год. · люд.), на кожну людину, що проходить через двері для створення підвищеного тиску в приміщенні, приймається за даними табл.4. __; $\frac{N}{\tau_1}$ - розрахункова кількість людей, що проходить через двері за 1

годину, люд./год.; N - розрахункова кількість людей; τ_1 - розрахунковий час евакуації людей з приміщення, год.; для підприємств громадського харчування приймається відповідно до виразу (4.); для глядачевих залів $\tau_1 = 0,2 \dots 0,3$ год.; для інших випадків приймається згідно з технологічним завданням.

Таблиця 4.8

Витрата зовнішнього повітря $L_{дв}$, м³/(год. · люд.) для створення підпору при виході людей з приміщення

Кількість людей, що проходить через двері за 1 год., $\frac{N}{\tau_1}$	Звичайні двері		Двері з тамбуром		Двері, що обертаються	
	одні	кілька	одні	кілька	одні	кілька
до 100	3,0	4,75	2,5	3,5	0,8	1,0
100...700	3,0	4,75	2,5	3,5	0,7	0,9
700...1400	3,0	4,75	2,25	3,5	0,5	0,6
1400...2100	2,75	4,0	2,25	3,25	0,3	0,3

Розрахункова витрата зовнішнього повітря складає

$$G_{ext} = G_{ext_1} + G_{ext_2}, \text{ кг/год.},$$

якщо $G_{ext_1} > G_{ext_3}$, і

$$G_{ext} = G_{ext_2} + G_{ext_3}, \text{ кг/год.},$$

якщо $G_{ext_1} < G_{ext_3}$.

Витрату рециркуляційного повітря розраховують за виразом

$$G_r = G - G_{ext_2}, \text{ кг/год.}$$

З урахуванням втрат повітря в рециркуляційних повітропроводах розрахункова продуктивність рециркуляційно-витяжного вентилятора (або вентиляторів) складає

$$L_l = \frac{1}{\rho_l} (G_{wz} + G_{hf} - G_{ext_3} + (k_{втр} - 1)G_r), \text{ м}^3/\text{год.},$$

а при відсутності видалення повітря з робочої зони місцевими відсмоктувачами, системою загально обмінної вентиляції або на технологічні проблеми

$$L_l = \frac{1}{\rho_l} (G_{hf} - G_{ext_3} + (k_{втр} - 1)G_r), \text{ м}^3/\text{год.},$$

де ρ_l - густина повітря, що видаляється, кг/м³, при температурі t_l .

4.6 Організація повітрообміну і розподіл повітря в приміщеннях

Загальні положення

Організація повітрообміну полягає в обґрунтованому виборі способу розподілу і видалення повітря, типу і продуктивності повітророзподільників та витяжних пристроїв, які необхідні для досягнення нормативних параметрів повітряного середовища у робочій зоні приміщень. Швидкість і напрямок витікання повітря з повітророзподільників, їх тип, кількість та розміщення, а також температура повітря в струмині визначають характер повітряних потоків в приміщенні. Взаємодія струмин між собою, з тепловими струминами, які виникають біля нагрітих поверхонь, з будівельними конструкціями приміщень (стіни, підлога, стеля), з технологічним обладнанням істотно впливає на швидкість, температуру, напрямок руху повітряних потоків і в кінцевому підсумку – на параметри повітря у робочій зоні.

При розподілі припливного повітря в приміщенні з кондиціонуванням необхідно враховувати всі особливості розповсюдження припливних струмин. Це дозволить забезпечити у робочій зоні потрібні параметри повітря: температуру, відносну вологість, рухливість, допустимі концентрації шкідливих виділень. Важливим фактором при кондиціонуванні повітря є рівномірність його параметрів за площею та висотою робочої зони.

Отже, для забезпечення потрібних параметрів повітря необхідно враховувати закономірності розвитку струмин.

Струмини класифікують за різними ознаками. В залежності від гідравлічного режиму струмини можуть бути ламінарними і турбулентними. За температурою припливного повітря розрізняють ізотермічні та неізотермічні струмини. Останні поділяють на слабконеізотермічні (у яких архімедовою силою можна нехтувати) та сильнонеізотермічні (на розвиток яких значно впливає архімедова сила). За наявністю перешкод розвитку струмини останні поділяють на вільні (при безперешкодному розвитку) та

обмежені. Окремо розглядаються напівобмежені струмини, тобто струмини, що насталяються на поверхню. Геометрична форма припливного насадка визначає форму і зумовлює закономірності розвитку струмини, що витікає. За формою розрізняють (рис. 4.1):

- компактну – струмину, що витікає з круглого, квадратного або прямокутного отвору (рис.4.1 а та б);
- плоску – витікає зі щілини, ширина якої менша за довжину мінімум в 20 разів (рис.4.1 в);
- кільцеву – витікає із круглої щілини (рис.4.1 г, д).

Серед компактних струмин вирізняють конічну (рис. 4.1 б), яка утворюється при витіканні з отвору, обладнаного дифузором. Серед кільцевих струмин виділяють порожнисту конічну – при $\beta=135^\circ$ (рис.4.1 г) та віялову – при $\beta=90^\circ$ (рис.4.1 д).

При $\beta>160^\circ$ кільцева струмина зливається і утворюється компактна струмина.

Компактна струмина, що витікає з круглого отвору є вісесиметричною. Якщо вона витікає із отвору іншої форми, то на певній відстані від початку струмина також стає вісесиметричною.

Окремим класом є закручені струмини, у яких здійснюється обертальний рух повітря навколо осі. Такі струмини створюються повітродозподільниками з тангенціальним підводом повітря (рис.4.1 е) або із крильчаткою (рис.4.1 ж).

Максимальні значення швидкості руху повітря, надлишкових температур та концентрацій шкідливостей в струминах відповідають їх осі або умовним поверхням максимальних параметрів (ПМП). Параметри у струмині змінюються з віддаленням припливного повітря від місця витікання.

При вирішенні питання щодо розміщення повітророзподільників та витяжних пристроїв необхідно виходити з того, що кондиціонування повітря улаштовується для частини приміщення – робочої зони. Робоча зона – це простір заввишки 2 м над рівнем підлоги або площадки. Для приміщень, в яких сидять або сидячи працюють люди, робоча зона приймається заввишки 1,5м.

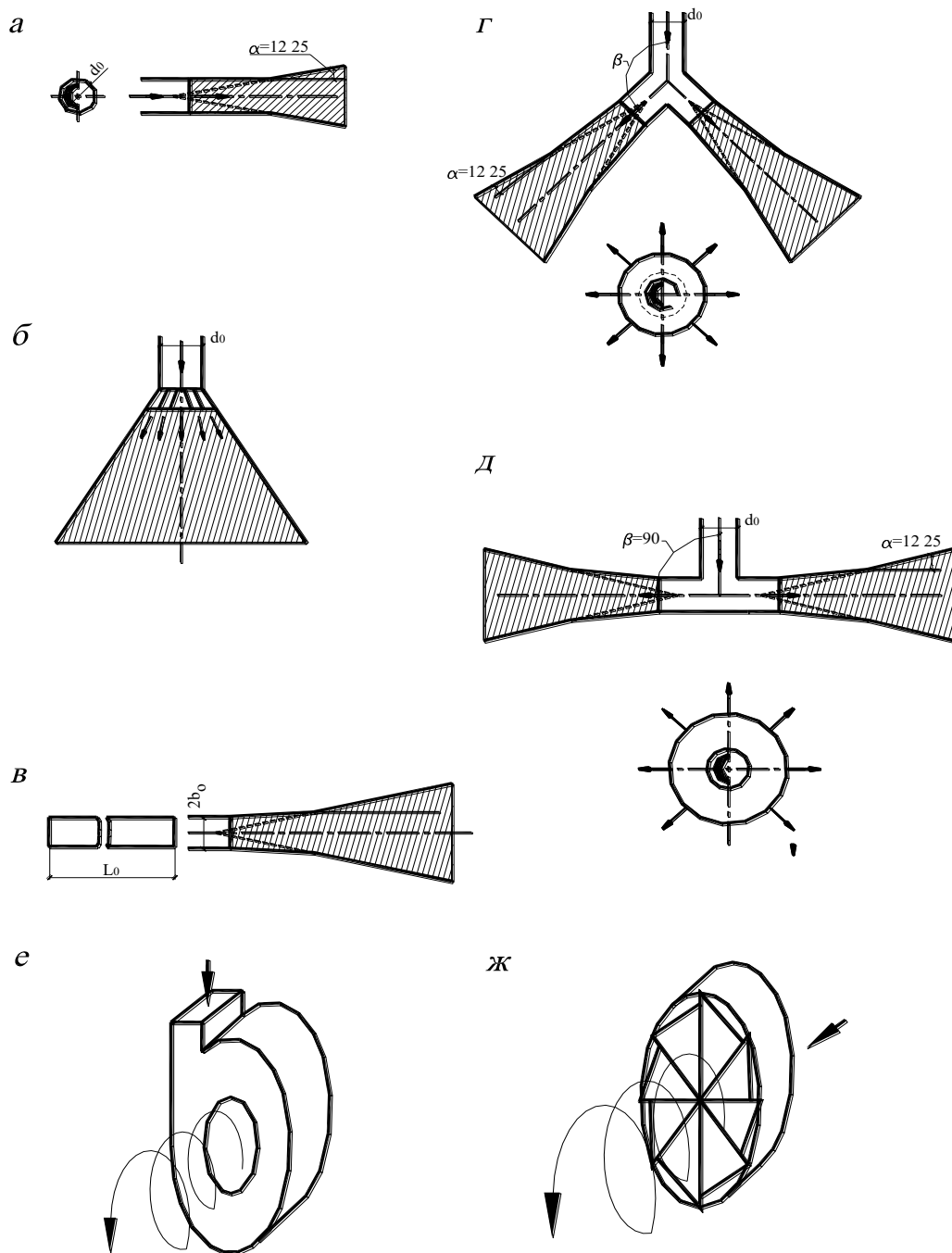


Рис. 4.1. Струмини різної форми:

а - компактна; б - конічна; в - плоска; г - кільцева (порожниста конічна);

д – віялова; е - закрутка повітря з використанням тангенціального підводу повітря; ж - повітророзподільник із крильчаткою

Від правильного розміщення, вибору конструкції та розрахунку повітророзподільників залежить економічність і ефективність роботи СКП.

Порівняння різних варіантів організації повітрообміну повинно базуватися на однакових відхиленнях параметрів від розрахункового значення. Відомо два методи оцінки відхилень від заданого рівня:

- а) заданий рівень розглядається як середній;
- б) заданий рівень приймається як граничний (гранична температура, гранично допустима концентрація).

Оцінку організації повітрообміну за середнім рівнем іноді називають балансовим методом, а оцінку за граничним рівнем – гранично-імовірним методом. Організація повітрообміну за гранично-імовірним методом пов'язана із збільшенням витрати припливного повітря. Рішення щодо схеми організації повітрообміну необхідно приймати на основі розрахунків розподілу повітря та техніко-економічного порівняння варіантів, що розглядаються, за приведеними витратами

4.7 Підбір обладнання систем вентиляції та кондиціонування

Підбір вентиляторів систем В4 і В9:

- ✓ Канальний відцентровий вентилятор серії ВЕНТС ВКС 200 для В4



Опис

Конструкція:

- Корпус вентилятора виконано з АВС-пластмаси, яка в свою чергу є високоякісною та високоміцною.
- В комплект входить герметична монтажна коробка.
- Для пришвидшення підключення та зручнішого використання вентилятор може бути оснащений шнуром живлення з електричним роз'ємом ІЕС С14 (ВК...Р).

Двигун:

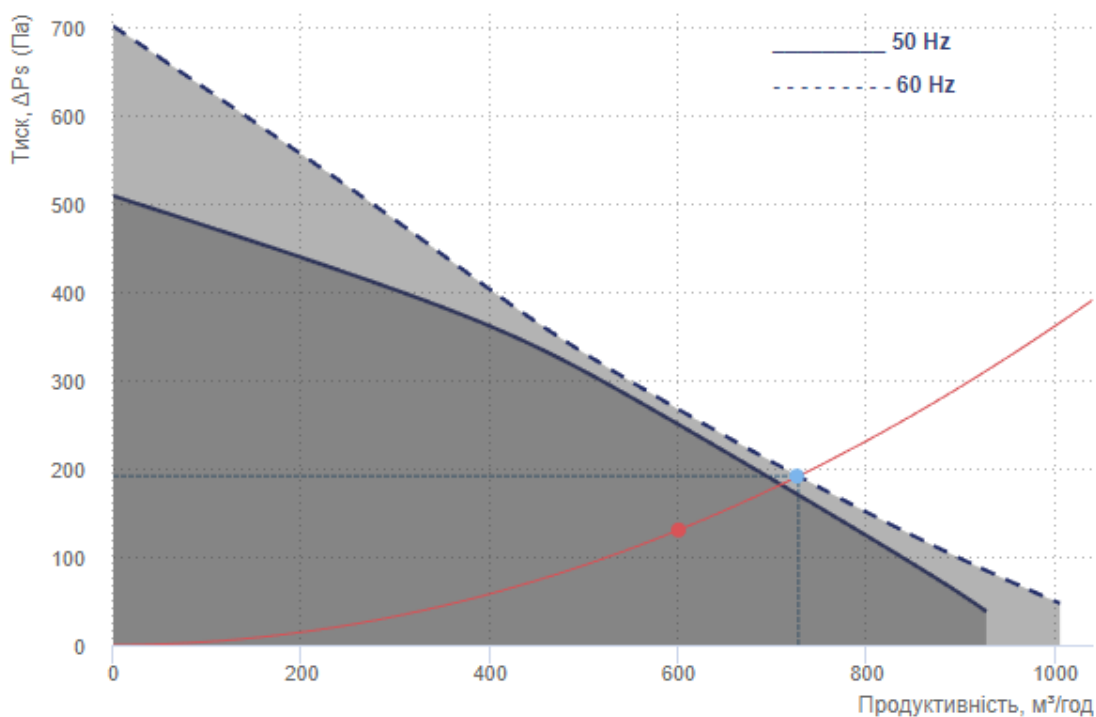
- Однофазний двигун із зовнішнім ротором обладнаний відцентровим робочим колесом із назад загнутими лопатками.
- Двигун оснащений вбудованим автоматичним перезапуском у випадку перегріву системи.
- Існують різновиди двигуна з більш потужними характеристиками (ВКС) для різних типорозмірів.
- Для збільшення терміну експлуатації двигуни обладнані підшипниками кочення (40 000 годин).
- Під час складання двигуна кожна турбіна проходить динамічне балансування для досягнення більш точних характеристик, безпечної роботи та низького рівня шуму.

Застосування:

- Ідеально підходить для використання у припливно-витяжних системах вентиляції різних адміністративних та промислових приміщень.
- Випускаються в різних типорозмірах: 100, 125, 150, 160, 200, 250, 315 мм.
- Для випадків, коли потрібно забезпечити вимоги до рівня шуму, пропонуються малошумні типи двигунів (ВК...Б).
- Якщо необхідно встановити витяжну систему в приміщеннях з підвищеною вологістю, ці двигуни ідеально підходять, так як виконані з високоякісної пластмаси, яка, на відміну від металу, не піддається корозії.



Технічні характеристики

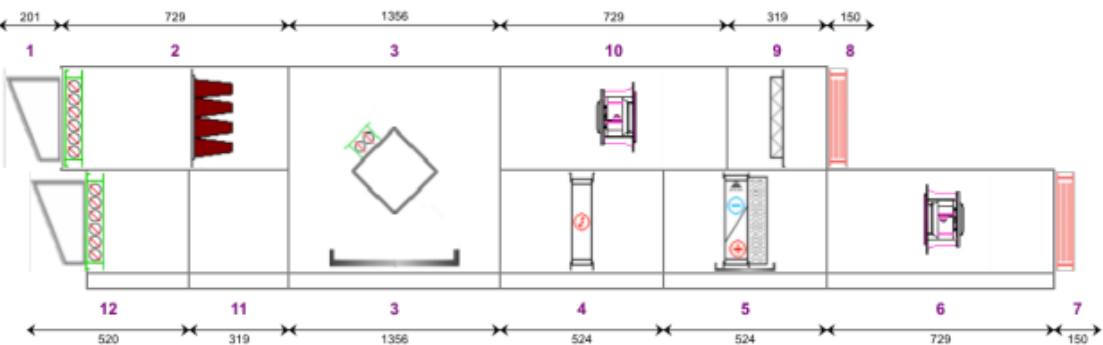
	ВК 200		ВКС 200		ВК 250 Б		ВК 250		ВК 315		ВКС 315	
Напруга, В	1~230		1~230		1~230		1~230		1~230		1~230	
Частота, Гц	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	50
Споживана потужність, Вт	107	132	173	216	108	135	173	207	200	200	310	310
Струм, А	0,47	0,58	0,76	0,94	0,47	0,59	0,76	0,9	0,88	0,88	1,36	1,36
Максимальна витрата повітря, м³/год	780	890	930	1020	865	930	1080	1090	1340	1340	1700	1700
Частота обертання, хв ⁻¹	2660	2765	2125	2155	2560	2570	2090	2120	2655	2655	2590	2590
Рівень звукового тиску на відстані 3 м, дБА	46	46	48	49	47	48	49	50	48	48	57	57
Макс. температура транспортованого повітря, °С	-25...+55	-25...+50	-25...+55	-25...+45	-25...+55	-25...+50	-25...+55	-25...+50	-25...+55	-25...+55	-25...+45	-25...+45
Клас енергоефективності	В	-	В	-	В	-	В	-	-	-	-	-
Захист	IPX4	IPX4	IPX4	IPX4	IPX4	IPX4	IPX4	IPX4	IPX4	IPX4	IPX4	IPX4



Підбір припливної і припливно-витяжної установок ПЗ і ПЗ-В1:

✓ Припливно-витяжна установка Aerostar ПЗ-В1

			
Дата: Предложение №: Подготовил:			
О проекте:	Вайн Тайм		
Описание:	Приточно-вытяжная установка Aerostar ПЗ 1		
Заказчик:			
Место:	Стоянка, Київська обл., Україна		
Подготовлено для:			
Модель: GreenSTR-5			
РАСХОД ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА	4500 m ³ /h	СВОБОДНЫЙ НАПОР НА ПРИТОКЕ	250 Pa
РАСХОД ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА	4500 m ³ /h	СВОБОДНЫЙ НАПОР НА ВЫТЯЖКЕ	250 Pa
Скорость воздуха в приточной секции	2.6 m/s	Зимняя темп. по проекту	-22 °C
		Скорость воздуха в вытяжной секции	2.6 m/s



Ширина: mm 930 (REC 930, Frame 820) **Высота:** mm 1360 + 120
Общая длина: mm 4213 **Общий вес:** kg 785
Номинальное электропотребление: 35 кВт

Размеры установки, вес и комплектация - предварительные и могут быть оптимизированы перед заказом.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ			
Изоляция	Минеральная вата	Толщина панелей	50 mm
Крыша	С крышей	Внутренняя боковая панель	Из оцинкованной стали
Сторона обслуживания	Правая	Внешняя боковая панель	Из окрашенной оцинкованной стали RAL7024
Сторона подключения	Правая	Рама 120 мм	
Eurovent data:			
Температурный диапазон установки:	-30/50 °C	Скорость воздуха в секции фильтра:	2.6/2.6 m/s
Model box:		Зимняя темп. наружн. воздуха:	-22 °C
Air density:	1.204 kg/m ³	Козф. теплопередачи:	T2 °C
Мех прочность корпуса:	D1	Тепловые мостики:	TB3
Байпас фильтра:	F9		

1	Концевой элемент
С козырьком	

2	Концевой элемент
Входная секция с передним клапаном	
Регулирующий клапан, размеры L670xH530 mm, расход воздуха 4500 m³/h	
Монтируемые элементы автоматики: GBV331.1E, AC 240 В, 3-поз., 25 Нм (107734) - 1 шт.	

2	Фильтр
G4(Coarse 70%) N°2 287 x 287 x 300 mm	
G4(Coarse 70%) N°2 435 x 287 x 300 mm	
Падение давления на чистом фильтре 56 Pa	
Расчетное падение давления на фильтре 128 Pa	
Потеря давления загр.фильтра 200 Pa	
Монтируемые элементы автоматики: PSW-500-PVC (108457) - 1 шт.	

3	Пластинчатый рекуператор		
N°2 APHE A 60 3.8 32.4			
Расход приточного воздуха	4500 m³/h	Расход вытяжного воздуха	4500 m³/h
<i>Зимние условия</i>			
Температура воздуха на входе	-22 °C	Температура воздуха на входе	20 °C
Относительная влажность на входе	100 %	Относительная влажность на входе	50 %
Температура воздуха на выходе	6.34 °C	Температура воздуха на выходе	0.86 °C
Влажность воздуха на выходе	8.75 %	Влажность воздуха на выходе	98.63 %
Внешняя потеря давления	235 Pa	Потеря давления на выбросе	255 Pa
Скорость воздуха	3.06 m/s	Скорость воздуха	3.02 m/s
Эффективность рекуперации	42.8 kW	КПД	60/67 %
		КПД по влаге	60/67 %
Эффективность осушения	60.16 %		

<i>Летние условия</i>			
Температура воздуха на входе	35 °C	Температура воздуха на входе	24 °C
Относительная влажность на входе	40 %	Относительная влажность на входе	50 %
Температура воздуха на выходе	28.52 °C	Температура воздуха на выходе	30.54 °C
Влажность воздуха на выходе	57.7 %	Влажность воздуха на выходе	34.12 %
Внешняя потеря давления	280 Pa	Потеря давления на выбросе	273 Pa
Скорость воздуха	3.37 m/s	Скорость воздуха	3.37 m/s
Эффективность рекуперации	10.04 kW	КПД	59/59 %
		КПД по влаге	59/59 %
Пластинчатый рекуператор из алюм.листов			
С корпусом из Алюминий			
С клапаном байпаса			
Каплеуловитель			
Монтируемые элементы автоматики: GDB161.1E, AC 24 В / DC 0...10 В, 5 Нм (107678) - 1 шт. ASK-AR (109892) - 1 шт. PSW-500-PVC (108457) - 1 шт.			

4	Электронагреватель		
Тип теплообменника	158 A 13/5,0	Установленная мощность	30 kW
Кол-во Тэнов	6	Потребляемая мощность	21.23 kW
Кол-во электро-ступеней	2(15/15)	Темп. вход	6.34 °C
Источник электроэнергии	3 ~ 380 V 50 Hz	Отн.вл. на входе	8.75 %
		Темп. выход	20.34 °C
Скорость воздуха в сечении	3,19 m/s	Отн. вл. на выходе	3.5 %
Вынос (ширина) +115 мм			

ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУХА		ГАЗ	
Испаритель			
Расход воздуха	4500 m ³ /h	R410A	
Температура на входе	28.52 °C	Температура испарения	7 °C
Относительна влажность на вх.	57.7 %	Температура перегрева	12 °C
Температура на выходе	19.97 °C	Температура переохлаждения	46.9 °C
Относительная влажность	79.8 %	Температура конденсации	50 °C
Мощность	22.56 kW	Расход	540.8 kg/h
Запас мощности	10 %	Потеря давления	12.917 kPa
Потеря давления воздуха	124 Pa	Кол-во газ. контуров	1
Потеря давления сухого воздуха	124 Pa		
Скорость воздуха	3.13 m/s		
Конденсатор			
Расход воздуха	4500 m ³ /h	R410A	
Температура на входе	6.34 °C	Температура конденсации	50 °C
Относительна влажность на вх.	3.5 %	Температура переохлаждения	47.9 °C
Температура на выходе	20.17 °C	Температура газа	105 °C
Относительная влажность	1.42 %	Расход	276.1 kg/h
Мощность	20.89 kW	Потеря давления	1.136 kPa
Запас мощности	52.8 %	Кол-во газ. контуров	1
Потеря давления воздуха	77 Pa		
Потеря давления сухого воздуха	77 Pa		
Скорость воздуха	3.13 m/s		
MOD EVCO GS5/4R Right			
Кол-во теплообменников	1	Кол-во контуров	10
Кол-во рядов	4	Диаметр подключения	22/28
Площадь теплообмена	27.8 m ²	Рабочее сечение	800x500 mm
Объем теплообменника	4.94 dm ³		

Поддон

Каплеуловитель

Сторона обслуживания: Правая

Сторона подключения: Правая

Вынос (ширина) +115 мм

Наружный диаметр дренажного патрубка 25 мм

Параметры управления ККБ

Тип управления: Аналоговое

Сигнал пуска: Сухой контакт

Сигнал аварии: Сухой контакт

6	Приточный вентилятор								
ВЕНТИЛЯТОР					ДВИГАТЕЛЬ				
ZIEHL									
Тип вентилятора GR35C-ZID.DC.CR - 115510/A01					Установленная мощность	EC MOTOR 2.5 kW			
Размер	355				Питание	3~ 400V 50Hz			
Производительность	4500 m³/h				Тип двигателя	EC			
Располагаемый напор	250 Pa				Класс изоляции	F			
Потеря давления в установке	532 Pa				Защита	IP54			
Полное давление	845 Pa				Эффективность	66.91 %			
Общее статическое давление	782 Pa				Макс. число оборотов	2970 rpm			
Динамическое давление	63 Pa				Потребляемая эл. мощность (лето)	1.58 kW			
Число оборотов	2577 rpm				Потребляемая эл. мощность (зима)	1.41 kW			
Уровень звуковой мощности	84.64 dB(A)				Номинальный ток	4 A			
Напряжение в рабочей точке	400 V				Ток в рабочей точке	2.44 A			
SFP класс	4/1264 W/m ³ /h				Максимальный ток	4 A			
ERP класс	2015								
Уровень звук. мощности по октавным полосам (дБ)									
F[Hz] - dB	Общий	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Supply-Lw(A)6	85	45	55	74	75	81	79	75	71
Suction-Lw(A)5	78	42	51	72	71	70	70	68	66
Звуковое давление на расстоянии 1 м. в дБ(A) с полусферическим распространением - Допуск +/- 4 дБ									
F[Hz]	dB(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Supply	85	45	55	74	75	81	79	75	71
Suction	78	42	51	72	71	70	70	68	66
External	60	37	45	57	53	52	52	44	35

Эффективность системы вентилятора рассчитана согласно производительности вентилятора

Для влажных условий

Инспекционная дверь

Необходимо устройство контроля оборотов вентилятора

Монтируемые элементы автоматики:

PSW-500-PVC (108457) - 1 шт.

7	Концевой элемент
С гибкой вставкой	
Размеры: L830xH580 mm	

8	Концевой элемент
С гибкой вставкой	
Размеры: L830xH580 mm	

9	Синтетич./метал.Фильтр
Плоский фильтр, плиссированный синтетический тип	
G4(Coarse 70%) N°2 287 x 287 x 48 mm	
G4(Coarse 70%) N°2 435 x 287 x 48 mm	
Падение давления на чистом фильтре 108 Pa	
Расчетное падение давления на фильтре 154 Pa	
Потеря давления загр.фильтра 200 Pa	
Монтируемые элементы автоматики:	
PSW-500-PVC (108457) - 1 шт.	

10		Вытяжной вентилятор	
ВЕНТИЛЯТОР		ДВИГАТЕЛЬ	
ZIEHL			
Тип вентилятора	GR35C-ZID.DC.CR - 115510/A01	Установленная мощность	EC MOTOR 2.5 kW
Размер	355	Питание	3~ 400V 50Hz
Производительность	4500 m³/h	Тип двигателя	EC
Располагаемый напор	250 Pa	Класс изоляции	F
Потеря давления в установке	427 Pa	Защита	IP54
Полное давление	740 Pa	Эффективность	66.72 %
Общее статическое давление	677 Pa	Макс. число оборотов	2970 rpm
Динамическое давление	63 Pa	Потребляемая эл. мощность (лето)	1.39 kW
Число оборотов	2488 rpm	Потребляемая эл. мощность (зима)	1.36 kW
Уровень звуковой мощности	83.82 dB(A)	Номинальный ток	4 A
Напряжение в рабочей точке	400 V	Ток в рабочей точке	2.16 A
SFP класс	3/1112 W/m³/h	Максимальный ток	4 A
ERP класс	2015		
Уровень звук. мощности по октавным полосам (дБ)			
F[Hz] - dB	Общий	63	125 250 500 1000 2000 4000 8000
Supply-Lw(A)6	84	45	54 72 74 80 78 74 71
Suction-Lw(A)5	77	42	51 70 71 69 70 67 66
Звуковое давление на расстоянии 1 м. в дБ(A) с полусферическим распространением - Допуск +/- 4 дБ			
F[Hz]	дБ(A)	63	125 250 500 1000 2000 4000 8000
Supply	84	45	54 72 74 80 78 74 71
Suction	77	42	51 70 71 69 70 67 66
External	59	37	44 55 52 51 51 43 35

Эффективность системы вентилятора рассчитана согласно производительности вентилятора
 Для влажных условий
 Инспекционная дверь
 Необходимо устройство контроля оборотов вентилятора

11		Пустая секция	
		Длина 319 mm	

12		Концевой элемент	
		Входная секция с передним клапаном	
		Регулирующий клапан, размеры L670xH530 mm, расход воздуха 4500 m³/h	
		С козырьком	
		Монтируемые элементы автоматики:	
		GBV331.1E, AC 240 V, 3-поз., 25 Nm (107734) - 1 шт.	

АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Октавные полосы (Гц)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Общий ур
Lw at O.A. Вход [дБ]	42	51	72	71	70	70	68	66	78
Lw at S.A. Выход [дБ]	45	55	74	75	81	79	75	71	85
Lw at E.A. Вход [дБ]	42	51	70	71	69	70	67	66	77
Lw at E.A. Выход [дБ]	45	54	72	74	80	78	74	71	84
Lw в окружающую среду	33	41	44	35	38	28	23	20	47

Дополнительные элементы			
№	Артикул	Название	Кол-во
1	RAS-8.0HNBRMO	ККБ RAS-8.0HNBRMO (Доп. оборудование к секции №5)	1
2	Offer №210803	Комплект автоматики ПВ1	1
3	Offer №210802	Комплект автоматики ПВ1 (Монтажные элементы)	1

Краткие характеристики установки


Завод производитель	VENTSERVICE
Модель установки	GreenSTR-5
Типология	NRVU; BVU
Тип секции рекуперации	Пластинчатый
Тепловая эффект. рекуперации [%]	60.16
Номинальный расход воздуха [m³/s]	1.25
Class of casing leakage at -400Pa	
Class of casing leakage at +700Pa	
Макс. внутренняя скорость утечки воздуха [%]	

	Приток	Вытяжка
Номинальный расход воздуха [m3/s]	1.25	1.25
Тип привода	Установка привода с регулируемой скоростью	Установка привода с регулируемой скоростью
Потребляемая эл.мощность [кВт]	1.58	1.39
Скорость среды [m/s]	2.6	2.6
Располагаемый напор [Pa]	250	250
Внутреннее dP компонентов вентиляции [Pa]	532	427
Статическая эффективность вентилятора [%]	66.9	66.7
Энергоэффективность фильтрации	G4	G4
Падение давления на чистых фильтрах [Pa]	56	108
Internet address for disassembly instructions: Ecodesign	Нет	

Комплект автоматики ПВ1 (Offer № 210803)					
Наименование	Тип	Производитель	Артикул	Кол-во	Примечание
Контроллер	Schneider TM172PDG28RI 28 I/O	Schneider Electric	110028	1	
Щит управления	700x600x180 IP54	Aerostar	107561	1	
Пульт управления	Carel Th-Tune	Carel	108152	1	
Сетевой шлюз WiFi	Сетевой шлюз Wi-Fi (24vdc) Aerostar APP	Aerostar	109893	1	Срок поставки 2 недели
Канальный датчик температуры NTC 10k (с креплением и трубкой)	WF269+(MF-08)+(MFL-150/06)	Aerostar	109765, 109761, 106299	4	

Комплект автоматики ПВ1 (Монтажные элементы) (Offer № 210802)					
Наименование	Тип	Производитель	Артикул	Кол-во	Примечание
Реле перепада давления	PSW-500-PVC	Sentera	108457	4	
Привод возд заслонки	GBB331.1E, AC 240 В, 3-поз., 25 Нм	Siemens	107734	2	
Привод возд заслонки	GDB161.1E, AC 24 В / DC 0...10 В, 5 Нм	Siemens	107678	1	
Центрирующая втулка	ASK-AR	Aerostar	109892	1	

✓ Припливно установка Aerostar П1

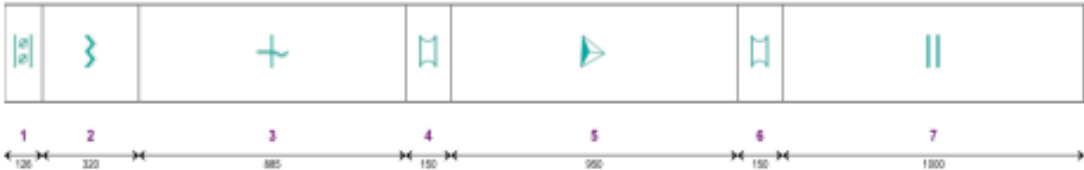
 Ventservice

Дата:
Предложение №:
Подготовил:

О проекте: Вайн Тайм
Описание: Приточная установка Aerostar П1
Заказчик:
Место: Стоянка, Київська обл., Україна
Подготовлено для:

Модель: Aerostar-90-50

РАСХОД ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА	6000 m ³ /h	СВОБОДНЫЙ НАПОР НА ПРИТОКЕ	250 Pa
Скорость воздуха в приточной секции	3.7 m/s	Зимняя темп. по проекту	-22 °C



1 2 3 4 5 6 7

← 126 320 885 150 950 150 1800 →

Ширина: mm 981 **Высота:** mm 570
Общая длина: mm 3581 **Общий вес:** kg 126
Номинальное электропотребление: 91.7 кВт

Размеры установки, вес и комплектация - предварительные и могут быть оптимизированы перед заказом.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Предназначены для приточно-вытяжных систем вентиляции с воздуховодами прямоугольного и круглого сечения

Корпус изготовлен из оцинкованной листовой стали европейского производства

Толщина металла от 0,7 мм до 2 мм, дополнительные ребра жесткости

Плотность цинкового покрытия - 275 мг/м²

Выпускаются серийно в 9 типоразмерах прямоугольного сечения, с расходом воздуха до 14 000 м³/час и в 6 типоразмерах круглого сечения, с расходом воздуха до 1 800 м³/час

Наличие всего ассортимента на складе компании

Гарантия - 3 года

Концевой элемент

1	SRC 90-50
Входная секция с передним клапаном	
Регулирующий клапан, размеры L900xH500 мм, расход воздуха 6000 м ³ /h	
Габариты секции (Ш/В/Д): 960/560/126 мм	

Синтетич./метал.Фильтр

2	SFB 90-50
Плоский фильтр, плиссированный синтетический тип	
G4(Coarse 70%) SFB 90-50	
Падение давления на чистом фильтре 72 Pa	
Расчетное падение давления на фильтре 111 Pa	
Потеря давления загр.фильтра 150 Pa	
Габариты секции (Ш/В/Д):960/560/320 мм	

Электронагреватель

3	SEH 90-50-90		
Тип теплообменника	178 A 13/5.0	Установленная мощность	90 kW
Кол-во Тэнов	18	Потребляемая мощность	84.91 kW
Кол-во электро-ступеней	6(15/15/15/15/15/15)	Темп. вход	-22 °C
Источник электроэнергии	3 ~ 380 V 50 Hz	Отн.вл. на входе	90 %
Скорость воздуха в сечении	3,7 м/с	Темп. выход	20 °C
		Отн. вл. на выходе	3.27 %
Габариты секции (Ш/В/Д): 981/560/885 мм			

Концевой элемент

4	SFI 90-50
С гибкой вставкой	
Размеры: L960xH560 мм	
Габариты секции (Ш/В/Д): 960/560/150 мм	

Приточный вентилятор

5	SVB 90-50/56-4D		
ВЕНТИЛЯТОР		ДВИГАТЕЛЬ	
ZIENL			
Тип вентилятора SVB 90-50/56-4D		Установленная мощность	1.7 kW
Размер	560	Питание	400/3/50
Производительность	6000 м³/h	Тип двигателя	AC
Располагаемый напор	250 Pa	Класс изоляции	F
Потеря давления в установке	139 Pa	Защита	IP54
Общее статическое давление	389 Pa	Номинальный ток	3.2 A
Число оборотов	1180 rpm		
Уровень звуковой мощности	71 dB(A)		
SFP класс	3/1020 W/m ³ /h		
Габариты секции (Ш/В/Д): 960/570/950 мм			
Необходимо устройство контроля оборотов вентилятора			

Концевой элемент

6	SFI 90-50
С гибкой вставкой	
Размеры: L960xH560 mm	
Габариты секции (Ш/В/Д): 960/560/150 mm	

Шумоглушитель

7	SMN 90-50
Длина шумоглушителя 1000 mm	
Исполнение из оцинкованной стали	
Потеря давления 28 Pa	
Уровень снижения шума по октавным полосам (дБ)	
F (Hz)	63 125 250 500 1000 2000 4000 8000
dB(A)	4 6 14 32 42 37 31 23
Габариты секции (Ш/В/Д): 960/560/1000 mm	

Дополнительные элементы

№	Артикул	Название	Кол-во
1	Offer №210801	Комплект автоматики П1	1

Комплект автоматики П1 (Offer № 210801)

Наименование	Тип	Производитель	Артикул	Кол-во	Примечание
Контроллер	Schneider TM172PDG18R 18 I/O	Schneider Electric	109981	1	Срок поставки 6-8 недель
Щит управления	800x800x200 IP54	Aerostar	107565	1	
Пульт управления	Carel Th-Tune	Carel	108152	1	
Сетевой шлюз WiFi	Сетевой шлюз Wi-Fi (24vdc) Aerostar APP	Aerostar	109893	1	Срок поставки 2 недели
Канальный датчик температуры NTC 10k (с креплением и трубкой)	WF269+(MF-08)+(MFL-150/06)	Aerostar	109765, 109761, 106299	1	
Преобразователь частоты 2,2 кВт 3ф.	ATV320U22N4C	Schneider Electric	109839	1	срок поставки 4-5 недель
Реле перепада давления	PSW-500-PVC	Senitera	108457	2	
Привод возд заслонки	GLB341.1E, AC 240 В, 10 Нм	Siemens	107703	1	
Центрирующая втулка	ASK-AR	Aerostar	109892	1	

РОЗДІЛ 5
ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ
МОНТАЖУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

5. Організація монтажу систем вентиляції та аспірації

5.1 Технічна документація для виконання монтажних робіт

В перелік технічної документації, яка надається організації для виконання робіт, обов'язково мають належити відповідні креслення та кошторисні документації, що оформленні та затверджені сертифікованими фахівцями згідно діючого законодавства. Робочі креслення систем опалення та вентиляції розробляються відповідно до встановлених нормативних вимог та оформляються під маркою ОВ. До їх складу входять:

- Титульний лист з графічною частиною (плани і розрізи систем опалення та вентиляції).
- Креслення, ескізи всього обладнання яке було обране для данного проєкту.
- Вузли, виноски, аксиометрії та розрізи систем.

Існують різні відносні маркування для різних систем ОВ в робочих кресленнях. На титульному листі розміщують основну інформацію та схематичне розміщення обладнання, розрахункові данні, характеристику трубопроводів, опалювально - вентиляційних систем, а також замітки, що стосуються креслення ОВ. Для легкого розуміння та читання креслення – всі розрізи та плани виконуються сумісно та координатно підписуються згідно осей будівельних конструкцій та обладнання.

5.2 Проект виробництва робіт, його склад і призначення

Невід'ємною частиною будь-якого будівництва є монтажні роботи, так само як і будь яка інша частина будівельного процесу, тому вони мають бути тісно пов'язані між собою, задля швидкого та якісного зведення і введення в експлуатацію будинків і споруд.

Так само будь-який процес будівництва повинен мати раціональну послідовність всіх робіт, задля досягнення високих виробничих показників.

Задля задоволення всіх потреб і моментів пов'язаних з монтажними роботами, такі як обсяг робіт, потреби в технічних засобах чи робочій силі та найбільш доцільного їх використання - розробляється проект виконання робіт (ПВР).

В проект виконання робіт входять:

календарний план-графік виконання всіх видів робіт і руху працівників за специфіками та професіями;

замовлення деталей та всіх необхідних запчастин чи певних блоків обладнання в разі нестандартних ситуацій на робочих місцях, пов'язаних з санітарно-технічними роботами;

Списки з переліком необхідних матеріалів та обладнання (крім матеріалів доставлених безпосередньо замовником);

Кінцева відомість наявних матеріалів, заготовок та обладнань необхідних для виконання робіт на об'єкті (групи об'єктів) з зафіксованими підписами постачальників і термінами доставки всього переліченого на відповідний адрес;

Графік постачання всього необхідного обладнання на об'єкт;

виробничі калькуляції;

Відомість витрат на монтаж і оплата за виконану роботу;

Технологічна документація для більш складних робіт, що не активно використовуються для типових проектів, які виконуються новими методами, та широко не розповсюдженні;

Відомість всіх потрібних знарядь праці для спрощення та пришвидшення робіт на об'єктах, в тому і транспортні засоби;

Вказівки з техніки безпеки при виконанні монтажних робіт;

По необхідності - копії з ген.плану об'єкта будівництва з орієнтовним розміщенням обладнання, матеріалів та всіх необхідних запчастин, та тимчасових прибудов, такі як роздягальні та інші;

Пояснювальна записка з всіма методами проведення робіт, вказівками з роботи в різні пори року і обгрунтованими техніко-економічними показниками. ПВР повинно бути складене кваліфікованими організаціями на підставі діючих будівельних норм та стандартах і відповідно оцінкою робіт .

5.3 Будівельна готовність об'єкту до початку монтажних робіт

Будь-які роботи пов'язані з внутрішніми санітарно-технічними системами мають виконуватись тільки належними, сертифікованими організаціями, що мають ліцензію на виконання цих робіт і відповідно виконувати роботи можуть тільки сертифіковані особи, які пройшли повні підготовку.

Перед початком монтажних робіт мають бути завершені наступні види робіт :

а) Підготовлені опори, траншеї, перехідні містки, отвори в стінах, канали, а також прибрані робочі майданчики для зручного доступу та очищення від сміття, облаштоване тимчасове освітлення та для різних типів трубопроводів;

б) Виконані всі перекриття з гідроізоляційним засобами, перегородки та стіни з вже відміченими рівнями встановлені всі прорізи та виконані всі облицьовочні роботи.

5.4 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Сучасні будівельні роботи, як правило, виконуються із залученням кількох спеціалізованих будівельних та монтажних організацій. У зв'язку з цим на одному будівельному майданчику одночасно працюють працівники різних підприємств, що потребує чіткої координації їхніх дій та підвищеної уваги до питань охорони праці. З метою створення безпечних і комфортних умов праці на об'єкті, а також для збереження життя і здоров'я працівників, генеральна (основна) підрядна організація зобов'язана за участю всіх субпідрядних організацій, які залучені до виконання робіт, розробити та впровадити єдині, обов'язкові для виконання заходи з техніки безпеки та охорони праці. Крім того, має бути складений і затверджений погоджений графік виконання спільних робіт. За відсутності таких заходів і погодженого графіка виконання будівельних робіт на об'єкті забороняється.

У комплексі організаційно-технічних заходів обов'язково повинні бути передбачені вимоги щодо забезпечення виконання основних правил техніки безпеки під час виконання робіт з улаштування скріпленої теплоізоляції фасадів будівель. Особлива увага приділяється роботам на висоті, використанню механізмів, риштувань, інструменту та матеріалів, що можуть становити підвищену небезпеку.

До виконання робіт не допускаються новоприйняті працівники, а також працівники, які переведені на іншу посаду або в яких змінилися умови праці, до моменту проходження ними вступного інструктажу з охорони праці та обов'язкового інструктажу безпосередньо на робочому місці. Усі робітники окремих спеціальностей повинні пройти навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт відповідно до затверджених програм навчання.

Працівники комплексних бригад, що залучаються до виконання робіт з улаштування теплоізоляції фасадів, повинні бути додатково проінструктовані та навчені безпечним прийомам виконання всіх видів робіт, які входять до

складу комплексного процесу. Після завершення навчання обов'язково проводиться перевірка знань з питань охорони праці з оформленням відповідного посвідчення. Така перевірка знань повинна здійснюватися не рідше одного разу на рік.

Організація робочих місць на будівельному майданчику має забезпечувати безпечне виконання робіт, раціональне розміщення обладнання, матеріалів та інструментів, а також вільний і безпечний доступ до робочих зон.

Працівники, які виконують роботи з улаштування теплоізоляції фасадів, повинні бути забезпечені спеціальним робочим одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до чинних нормативних вимог.

Місця виконання робіт, у яких існує небезпека утворення або накопичення шкідливих газів, перед допуском працівників підлягають обов'язковому ретельному провітрюванню. Працівники, які працюють у зонах можливого утворення або появи шкідливих газів, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту органів дихання, зокрема протигазами або кисневими дихальними приладами, та пройти відповідний інструктаж з правил їх використання.

Відкриті прорізи в стінах, які розташовані на рівні перекриття, робочого настилу або на висоті менше ніж 0,7 м від них і з іншого боку межують із зоною без суцільного настилу, повинні бути надійно огорожені. Висота таких огорожень має становити не менше 1,0 м з метою запобігання падінню працівників та забезпечення безпечних умов виконання робіт.

Отвори в перекриттях, до яких можливий доступ людей у процесі виконання будівельно-монтажних робіт, повинні бути постійно закриті міцними настилами або обладнані захисними огороженнями висотою не менше 1,0 м по всьому периметру. Такі заходи спрямовані на недопущення випадкового потрапляння працівників у небезпечні зони.

Під час виконання робіт на висоті понад 1,1 м, у разі неможливості влаштування суцільних настилів з огороженнями, працівники обов'язково повинні бути забезпечені запобіжними поясами (страхувальними системами). Місця закріплення ланцюгів або канатів запобіжних поясів повинні бути визначені заздалегідь і доведені до відома працівників перед початком робіт.

Запобіжні пояси, а також їхні ланцюги та канати, що видаються працівникам, повинні мати відповідні паспорти та інвентарні бирки. У разі відсутності паспортів такі засоби індивідуального захисту підлягають обов'язковим випробуванням відповідно до вимог чинних державних стандартів (ДСТУ) перед допуском до експлуатації.

Забороняється виконувати роботи з улаштування скріпленої теплоізоляції фасадів одночасно на двох і більше ярусах по одній вертикалі за відсутності спеціальних захисних пристосувань, що унеможливають падіння інструментів, матеріалів або будівельного сміття на нижні рівні.

Будівельні машини, механізми, верстати, інвентар та інструменти повинні відповідати характеру виконуваних робіт, застосовуватися лише у справному технічному стані та бути обладнаними необхідними захисними огороженнями. До керування машинами з електричним приводом забороняється допускати осіб, які не мають відповідного посвідчення на право управління даним обладнанням.

Працівники, які керують машинами або обслуговують їх, повинні бути забезпечені виробничими інструкціями, в яких визначені вимоги з техніки безпеки, система умовних сигналів, правила керування машинами, порядок догляду за робочим місцем, допустимі граничні навантаження та швидкості роботи, а також умови суміщення окремих операцій.

Налагодження, монтаж, реєстрація, технічний огляд та експлуатація вантажопідіймальних механізмів і пристосувань повинні здійснюватися у

суворій відповідності до вимог чинних нормативних документів і правил Держнаглядохоронпраці. Використання вантажних підймальних механізмів, підйомників та кранів для переміщення людей категорично забороняється.

У неробочий час усі машини та механізми повинні перебувати у стані, що виключає можливість їх випадкового або несанкціонованого запуску сторонніми особами.

До роботи з електрифікованим та пневматичним інструментом допускаються лише працівники, які пройшли спеціальне навчання та інструктаж з охорони праці. Використання несправного механізованого інструменту категорично забороняється. Забороняється також виконувати роботи з механізованим інструментом, перебуваючи на приставних драбинах.

Підключення до електромережі електродвигунів, електроінструменту, освітлювальних приладів та іншого електрообладнання повинно здійснюватися лише за допомогою спеціально передбачених для цього пристроїв. Вмикання або вимикання шляхом скручування електричних проводів не допускається.

Перенесення матеріалів на носилках по горизонтальних ділянках дозволяється лише у виняткових випадках на відстань не більше 50 м, а перенесення вантажів по сходах і приставних драбинах забороняється.

Вантажно-розвантажувальні роботи з пилоподібними матеріалами (сухі будівельні суміші, цемент, гіпс, вапно тощо) необхідно виконувати механізованим способом при температурі матеріалів не вище +40 °С із застосуванням засобів індивідуального захисту органів дихання.

Скидання будівельних матеріалів та сміття з висоти більше одного поверху без застосування жолобів або спеціальних пристроїв забороняється.

Риштування, що використовуються під час будівництва, повинні бути інвентарними та виготовлятися відповідно до типових проєктних рішень. Застосування неінвентарних риштувань допускається лише у виняткових випадках, а при висоті понад 4 м — виключно за спеціально затвердженими проєктами.

Під час виготовлення, монтажу та експлуатації всіх видів риштувань (трубних, рамних, сходових, підйомних, пересувних, підвісних), а також колисок, сходів і приставних драбин необхідно суворо дотримуватися вимог, встановлених у «Правилах техніки безпеки для будівельно-монтажних робіт».

До виконання робіт із застосуванням сухих будівельних сумішей допускаються лише особи, які досягли 18-річного віку та відповідають встановленим вимогам з охорони праці. Такі працівники повинні пройти професійну підготовку відповідно до характеру виконуваних робіт, попередній медичний огляд згідно з вимогами Міністерства охорони здоров'я України, а також обов'язковий вступний інструктаж з питань безпеки праці, виробничої санітарії, пожежної та електробезпеки.

Медичні огляди працівників, зайнятих на роботах із використанням сухих сумішей, проводяться у порядку, встановленому Законом України «Про охорону праці» та наказом МОЗ України від 31.03.1994 р. № 45.

Періодичність проведення інструктажів на робочих місцях і перевірки знань працівників з безпечного виконання робіт повинна відповідати вимогам «Типового положення про навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці», затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України від 04.04.1998 р. № 30.

До початку виконання робіт на будівельному майданчику необхідно виконати комплекс організаційно-підготовчих заходів. Зокрема, слід визначити місця складування та зберігання матеріалів, обладнання й

інструменту, встановити інвентарні будівельні риштування та передбачити захисні огороження для запобігання падінню інструментів, матеріалів і відходів. Драбини, призначені для підйому працівників, повинні бути обладнані перилами.

Входи до будівель необхідно захистити захисними навісами, ширина яких повинна перевищувати ширину входу, з вильотом не менше ніж 2 м від стіни будинку. Будівельний майданчик має бути забезпечений черговим освітленням, питною та технічною водою, а в небезпечних місцях переміщення людей повинні бути встановлені відповідні знаки безпеки. Крім того, слід обладнати місця для відпочинку працівників.

Перед початком робіт обов'язково проводиться перевірка риштувань на міцність і стійкість. Риштування повинні витримувати рівномірно розподілене навантаження не менше 200 кг/м², горизонтальні елементи — зосереджене навантаження 130 кг, а перила — навантаження 70 кг. Зазор між стіною будівлі та робочим настилом не повинен перевищувати 150 мм.

На будівельному майданчику необхідно обладнати спеціальні ділянки для підготовки матеріалів, зокрема для розпилювання плит утеплювача та приготування робочих сумішей із сухих матеріалів. Усі працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до чинних норм.

Пересувні розчинозмішувачі повинні бути надійно закріплені шляхом установки на ходові колеса колодок, закріплених болтами. Підключення розчинозмішувачів до електромережі слід здійснювати через спеціально обладнаний електрощиток із штепсельною розеткою та запобіжниками з плавкими вставками, розрахованими на струм не більше 10 А. Корпус розчинозмішувача обов'язково повинен бути заземлений.

Перед початком робіт на об'єкті з усіма працівниками проводиться інструктаж щодо прийомів і способів виконання робіт, які забезпечують дотримання вимог техніки безпеки, відповідно до «Типового положення про навчання, інструктаж та перевірку знань працівників з охорони праці».

Безпосередньо перед початком робіт додатково перевіряється надійність встановлення риштувань, правильність розподілу навантаження на їх настилах, технічний стан підйомних механізмів, електричних кабелів і шлангів, справність обладнання під час роботи на холостому ході, а також наявність і стан засобів індивідуального захисту.

Каркаси риштувань повинні бути стійкими, надійно закріпленими до стіни будівлі та мати міцну опору. Кінці настилів повинні спиратися на опори, зазор між дошками настилу допускається не більше 10 мм. Товщина дощок настилу повинна бути не менше 50 мм. Забороняється розташування стиків настилів і дощок між опорами. Бортові дошки повинні мати висоту не менше 150 мм від рівня настилу. На настилах і перилах сходів не допускається наявність стирчачих цвяхів, скоб та інших небезпечних елементів.

Усі працівники, зайняті на роботах із використанням сухих сумішей, повинні бути забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту, зокрема захисними касками, респіраторами, захисними окулярами, спецодягом (комбінезонами), рукавицями, спеціальним взуттям, а також запобіжними поясами для працівників, які виконують роботи на риштуваннях.

Технологічні перерви

1. Приклеювання плит утеплювача необхідно починати через 4-6 годин після нанесення на підставу ґрунтуючої емульсії;

2. Роботи з улаштування скріпленої теплоізоляції на поверхнях які піддаються ремонту необхідно починати не раніше ніж через три доби після завершення робіт з підготовки поверхні;
3. При утепленні стін підвалів теплоізоляційні плити кріпляться не раніше ніж через 5-7 доби після закінчення гідроізоляційних робіт;
4. Через два дні після приклеювання плит утеплювача проводиться їх шлі-фування (при використанні пінополістирольного утеплювача);
5. Через три доби після приклеювання плит утеплювача проводиться їх механічне кріплення до основи за допомогою дюбелів;
6. До пристрою гідрозахисного армованого шару приступають після затвердіння клейового складу, фіксуючого положення плит і закріплення їх дюбелями, але не менше ніж через три доби;
7. Заповнення швів герметизуючим матеріалом виконується після закінчення не менше семи діб після улаштування гідрозахисного армованого шару;
8. До обробки поверхні системи теплоізоляції приступають після закінчення не менше трьох діб після улаштування гідрозахисного армованого шару;

9. За 4 години до нанесення мінерального декоративного шару, попередній гідрозахисний шар повинен бути оброблений ґрунтуючою полімерною емульсією. При застосуванні полімерних декоративних сумішей, гідрозахисний шар перед їх нанесенням повинен бути оброблений ґрунтуючою фарбою.

РОЗДІЛ 6
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

6. Загальні висновки

1. Ущільнення стулок вікон, заміна скла із тріщинами, ущільнення місць примикання скла до рами герметиком, встановлення подвійних дверей дає можливість зменшити втрати теплоти у квартирі на 5 ... 7 %.
2. Нанесення низькоемісійної і термовіддзеркалювальної плівки на скло зменшує витрати теплоти через скло на 35 .. 45 %.
3. Розміщення термовіддзеркалювальної матеріалу типу утепленої алюмінієвої фольги за радіатором системи опалення зменшує втрати теплоти за радіаторною ділянкою стіни на 20 ... 25 %.
4. Втрати теплоти можна зменшити, встановивши на вході у вентиляційні канали найпростіші регульовальні пристрої (регульовальні ґратки).
5. Затуляння опалювального приладу декоративними плитами або шторами знижує тепловіддачу на 10 ... 20 %. Меблі у квартирі не повинні перешкоджати циркуляції теплого повітря від опалювальних пристроїв.
6. Фарбування опалювального пристрою (радіатору) олійною фарбою знижує його тепловіддачу на 8...13 %. Фарбування опалювального приладу цинковими білилами -підвищення тепловіддачі на 2,5 % [24].
7. У нічний час рекомендується по можливості зменшити кімнатну температуру. Це одночасно економить гроші і зберігає довкілля й власне здоров'я [24].

8. Жалюзі, віконниці, завіси (гардини) вночі мають бути закритими. Це дає можливість додатково економити до 5 % енергії, яка витрачається на опалення.

9. Підвищення температури у приміщеннях вище нормативів на 1 ас збільшує витрати теплоти на 4 ... 8 %. Для будинку 60 м² підвищення температури внутрішнього повітря на 1 ас відносно нормативів збільшує витрати теплоти на потреби опалення на 1,3 Гкал за опалювальний період, що еквівалентно додатковій кількості спаленого природного газу у 183 м³.

10. Відчинені двері під'їзду багатоповерхового будинку причиняють 6 ... 10 % додаткових витрат теплоти [24].

Список літератури:
1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. - [Чинні від 2011-10-10]. - Мінрегіонбуд та ЖКГ України.- К.: ДП „Укрархбудінформ”, 2011.- 123 с.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. - [Чинні від 2022-01-09]. - Міністерство розвитку громад та територій України.- К.: ДП „Укрархбудінформ”, 2022.- 23 с.
3. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель – [Чинні від 2023-03-01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 63 с.
4. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. - [Чинні від 2014-01-01]. - Мінрегіонбуд та ЖКГ України.- К.: ДП „Укрархбудінформ” Мінбуду України, 2014.- 149 с.
5. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення: посібник для проєктувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗів. – Відень-Київ-Симферополь: ГЕРЦ Арматурен Г.м.б.Х, 2010.
6. Теплова потужність систем водяного опалення: методичні вказівки до виконання розділу курсового та дипломного проєктів з дисципліни опалення / уклад. О.П.Любарець, М.П.Сенчук., В.О.Любарець – К.: КНУБА, 2015. – 26с.
7. Любарець О.П., Сенчук М.П., Любарець В.О. Методика визначення проєктної теплової потужності систем опалення приміщень та будівель. Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Науково-технічний збірник. Вип.8. Київ: КНУБА, 2016.- с.197-201.
8. Опалення: методичні вказівки до виконання розділу "Гідравлічний розрахунок систем водяного опалення" курсового проєкту / уклад.: О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Мілейковський та інш. - К.: КНУБА, 2015. – 40с
9. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. - [Чинні від 2023-03-01].-К.: ДП «УкрНДНЦ», 2022.- 156 с.
10.ДБН В.2.2-3:2018 Будинки і споруди. Заклади освіти. Зі Зміною № 1- [Чинні від 2022-09-01]. - Мінрегіонбуд та ЖКГ України.- К.: ДП „Укрархбудінформ”, 2018.- 63 с.
11.Теплотехнічний розрахунок і підбір огороджувальних конструкцій: методичні вказівки до виконання розділу курсового проєкту з дисципліни опалення./ уклад. Росковшенко Ю.К., Любарець О.П., Сенчук М.П. та інш. – К.: КНУБА, 2013. – 32 с.
12. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні
13. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від

22.06.2017 № 2118-VIII (зі змінами).
14. Закон України «Про енергозбереження» від 01.07.1994 № 74/94-ВР (зі змінами та доповненнями).
15. Закон України «Про Фонд енергоефективності» від 08.06.2017 № 2095-VIII.
16. ДСТУ ISO 50001:2020 . Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо використання. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.
17. Базеєв Є. Т., Енергоефективність будівель і споруд : навчальний посібник. — Київ : КНУБА, 2019.
18. Жуковський С. С., Шимко В. Т. Опалення та вентиляція громадських будівель : навчальний посібник. — Київ : Основа, 2018.