КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР

на тему:

Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря центру надання адміністративних послуг у місті Києві

Олійник Максим Миколайович

(прізвище, ім’я та по батькові здобувача повністю)

Київ 2026 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____

„___” _____20___ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР

Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря центру надання адміністративних послуг у місті Києві

(назва)

Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач Олійник Максим Миколайович

(прізвище, ім’я по батькові повністю)

Будівництво та цивільна інженерія

(спеціальність)

Теплогазопостачання і вентиляція

(освітня програма)

Група ТВс-23

Керівник проф. Корбут Вадим Павлович

(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент_____

Ідентичність підтверджую

Київ 2026 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: інженерних систем і екології

Випускова кафедра: теплогазопостачання і вентиляції

Ступінь вищої освіти: Бакалавр

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____

„___”_____20___ р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР

Олійник Максим Миколайович

(прізвище, ім’я та по батькові студента)

1. Тема роботи: Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря центру надання адміністративних послуг у місті Києві.

затверджена наказом ректора КНУБА №___ від „___”_____20___р.

2. Керівник роботи проф. Корбут Вадим Павлович

(прізвище, ім’я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Термін подання здобувача роботи до захисту _____

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Розділ 1. Вступна частина

Розділ 2. Характеристика об’єкта будівництва

Розділ 3. Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій

Розділ 4. Розрахунок системи кондиціонування та опалення системою VRF

Розділ 5. Система вентиляції

Розділ 6. Технології та організація монтажу інженерних систем

Розділ 7. Охорона праці та навколишнього середовища

5. Графічний матеріал за розділами

Аркуш 1. План-схеми 1, 2, 3, 4 холодо- та теплопостачання VRF-системи.

Аркуш 2. План покрівлі з розміщенням зовнішніх блоків VRF. План-схеми 1, 2, 3 системи кондиціонування.

Аркуш 3. План-схема 4 системи кондиціонування. Аксонометричні схеми системи кондиціонування та VRF-системи.

Аркуш 4. План-схема підвалу системи вентиляції. План-схеми 1, 2, 3 системи вентиляції.

Аркуш 5. План-схема 4 системи вентиляції. План покрівлі систем вентиляції. Аксонометричні схеми систем В1, В5, В6, В7, В8, В9, В10, В11. Розрізи 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5.

Аркуш 6. Аксонометричні схеми припливно-витяжних систем П2В2 і П3В3.

Аркуш 7. Календарний план-графік виконання робіт потоковим методом. Монтажна схема частини витяжної системи П3В3. Умовні позначення.

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Вступна частина	
Розділ 2. Характеристика об’єкта будівництва	
Розділ 3. Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій	
Розділ 4. Розрахунок системи кондиціонування та опалення системою VRF	
Розділ 5. Система вентиляції	
Розділ 6. Технології та організація монтажу інженерних систем	
Розділ 7. Охорона праці та навколишнього середовища	

Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	

7. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
Розділ 6.	Сенчук М.П., к.т.н., доцент		
Розділ 7.	Клімова І.В., доцент		

8. Дата видачі завдання_____

Керівник _____ Корбут В.П.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Здобувач _____ Олійник М.М.

(підпис) (прізвище та ініціали)

<table>
<tr><td>РЕЗЮМЕ (summary)
до кваліфікаційної роботи студента:</td><td colspan="5">Олійник Максим Миколайович</td></tr>
<tr><td>Заклад вищої освіти</td><td colspan="5">Київський національний університет будівництва і архітектури</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Тема кваліфікаційної роботи</td><td colspan="5">Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря центру надання адміністративних послуг у місті Києві</td></tr>
<tr><td colspan="5">Heating, ventilation and air conditioning of a center for administrative services in Kyiv</td></tr>
<tr><td>Освітній ступень</td><td colspan="5">Бакалавр за освітньо-професійною програмою навчання</td></tr>
<tr><td>Факультет</td><td colspan="5">Факультет інженерних систем та екології</td></tr>
<tr><td>Кафедра</td><td colspan="5">Теплогазопостачання та вентиляції</td></tr>
<tr><td>Спеціальність</td><td colspan="5">Будівництво та цивільна інженерія</td></tr>
<tr><td>Спеціалізація</td><td colspan="5">Теплогазопостачання та вентиляція</td></tr>
<tr><td>Керівник</td><td colspan="5">професор Корбут В. П.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Обсяг роботи:</td><td colspan="4">Пояснювальна записка</td><td rowspan="2">Креслень формату А1</td></tr>
<tr><td>сторінок</td><td>розділів</td><td>таблиць</td><td>рисунків</td></tr>
<tr><td>118</td><td>7</td><td>37</td><td>0</td><td>7</td></tr>
<tr><td>Розділ 1. Вступ</td><td colspan="5">У першому розділі обґрунтовано актуальність розроблення систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря для громадської будівлі, визначено мету роботи та основні завдання проєктування.</td></tr>
<tr><td>Розділ 2. Характеристика об’єкту будівництва</td><td colspan="5">У другому розділі наведено загальні відомості про центр надання адміністративних послуг у місті Києві, описано місце розташування об’єкта, кліматичні дані району будівництва та прийняті параметри внутрішнього і зовнішнього повітря.</td></tr>
<tr><td>Розділ 3. Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій</td><td colspan="5">У третьому розділі виконано теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій будівлі, визначено їх опір теплопередачі та перевірено відповідність прийнятих конструкцій нормативним вимогам.</td></tr>
<tr><td>Розділ 4. Розрахунок системи кондиціонування та опалення системою VRF</td><td colspan="5">У четвертому розділі виконано розрахунок системи кондиціонування та опалення системою VRF, визначено тепловтрати і теплонадходження, підібрано внутрішні та зовнішні блоки, розглянуто фреонові трубопроводи і дренаж конденсату.</td></tr>
<tr><td>Розділ 5. Система вентиляції</td><td colspan="5">У п’ятому розділі виконано розрахунок системи вентиляції, визначено повітрообміни та баланс повітря, виконано аеродинамічний розрахунок, підібрано повітророзподільники та вентиляційне обладнання.</td></tr>
<tr><td>Розділ 6. Технології та організація монтажу інженерних систем</td><td colspan="5">У шостому розділі наведено технології монтажу інженерних систем, підготовчі роботи, вимоги до виконання монтажу, монтажне креслення частини витяжної системи П3В3, календарне планування та методи організації будівельно-монтажних робіт.</td></tr>
<tr><td>Розділ 7. Охорона праці та навколишнього середовища</td><td colspan="5">У сьомому розділі наведено основні завдання охорони праці, визначено небезпечні та шкідливі фактори під час монтажу інженерних систем, розглянуто заходи безпеки, пожежну безпеку та охорону навколишнього середовища.</td></tr>
</table>

Висновки по роботі:	Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення технічних рішень з опалення, вентиляції та кондиціонування повітря центру надання адміністративних послуг у місті Києві. У роботі виконано теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій, визначено тепловтрати та теплонадходження, підібрано обладнання VRF-системи, виконано розрахунок вентиляції та розглянуто питання організації монтажу, охорони праці й захисту навколишнього середовища. Прийняті рішення спрямовані на забезпечення комфортних умов перебування відвідувачів і персоналу, надійної роботи інженерних систем та раціонального використання енергетичних ресурсів.
Ключові слова: опалення, вентиляція, кондиціонування повітря, VRF-система, повітрообмін, повітророзподільники, фреонові трубопроводи, дренаж конденсату.	
Keywords: heating, ventilation, air conditioning, VRF system, air exchange, air diffusers, refrigerant pipelines, condensate drainage.	

Керівник _____ Корбут В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Олійник М.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

„___”_____20___ р.

ЗМІСТ

1. ВСТУПНА ЧАСТИНА 8
2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА 11
2.1 Загальні відомості про об'єкт 12
2.2 Місце розташування об'єкта 13
2.3 Кліматичні дані району будівництва 14
2.4 Вибір параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря 15
2.5 Основні вимоги до систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря 17
3. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ 19
3.1 Загальні відомості про теплотехнічний розрахунок 20
3.2 Конструктивні рішення будівлі та її елементів 21
3.3 Розрахунок опору теплопередачі зовнішніх стін 24
3.4 Розрахунок опору теплопередачі покриття 26
3.5 Розрахунок опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій 28
3.6 Висновок за результатами теплотехнічного розрахунку 30
4. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ОПАЛЕННЯ СИСТЕМОЮ VRF 32
4.1 Загальні відомості про систему кондиціонування типу VRF 33
4.2 Принцип роботи системи в режимі охолодження та нагріву 34
4.3 Вихідні дані для розрахунку системи кондиціонування 36
4.4 Розрахунок тепловтрат приміщень у холодний період року 40
4.5 Розрахунок теплонадходжень у теплий період року 43
4.6 Надходження шкідливостей у приміщення 47
4.7 Тепловий баланс приміщень 50
4.8 Підбір внутрішніх блоків системи кондиціонування 52
4.9 Підбір зовнішніх блоків системи кондиціонування 57
4.10 Система холодо- та теплопостачання VRF-системи 60
4.11 Дренаж конденсату від внутрішніх блоків 65

5. СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ 67
5.1 Загальні відомості про систему вентиляції 68
5.2 Вихідні дані для розрахунку системи вентиляції 70
5.3 Розрахунок повітрообмінів у приміщеннях 74
5.4 Баланс повітря у будівлі 77
5.5 Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції 81
5.6 Підбір повітророзподільників 84
5.7 Підбір вентиляційного обладнання 88
5.8 Характеристика прийнятих вентиляційних систем 93
6. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ 97
6.1.1 Технології монтажу систем 98
6.1.2 Підготовчі роботи до монтажу 99
6.1.3 Вимоги до виконання монтажу 100
6.1.4 Монтажне креслення 101
6.2.1 Організація монтажу систем 102
6.2.2 Календарне планування виконаних робіт 104
6.2.3 Послідовний та потоковий метод організації виконання будівельно-монтажних робіт 105
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 108
7.1 Основні завдання охорони праці 109
7.2 Небезпечні та шкідливі фактори під час монтажу систем 110
7.3 Заходи безпеки під час виконання монтажних робіт 112
7.4 Пожежна безпека 114
7.5 Охорона навколишнього середовища 115
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 117
ДОДАТКИ

РОЗДІЛ 1
ВСТУПНА ЧАСТИНА

Вступ

У сучасних громадських будівлях важливу роль відіграють інженерні системи, які забезпечують необхідні параметри внутрішнього мікроклімату. До таких параметрів належать температура повітря, його чистота, рухливість, вологість та кратність повітрообміну. Від правильної роботи систем опалення, вентиляції та кондиціонування залежить комфорт перебування людей, працездатність персоналу, санітарно-гігієнічний стан приміщень та енергоефективність будівлі.

Центр надання адміністративних послуг є будівлею громадського призначення з постійним перебуванням відвідувачів і працівників. У таких приміщеннях необхідно забезпечувати стабільні умови мікроклімату протягом усього року. У теплий період року основним завданням є відведення надлишкової теплоти, що надходить від людей, освітлення, обладнання та сонячної радіації. У холодний період року необхідно компенсувати тепловтрати будівлі та підтримувати нормативну температуру внутрішнього повітря.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення технічних рішень з опалення, вентиляції та кондиціонування повітря центру надання адміністративних послуг у місті Києві. Прийняті рішення повинні забезпечувати комфортні умови для відвідувачів і персоналу, надійну роботу обладнання, зручність експлуатації та раціональне використання енергетичних ресурсів.

У роботі розглядається застосування системи кондиціонування типу VRF, яка забезпечує охолодження приміщень у теплий період року та працює в режимі нагріву в холодний період року. Таким чином, компенсація тепловтрат приміщень виконується не за допомогою класичної водяної системи опалення, а за рахунок роботи системи кондиціонування в режимі теплового насоса.

Для забезпечення нормативної якості повітря передбачається система механічної вентиляції. Вентиляція забезпечує подачу зовнішнього повітря до приміщень і видалення забрудненого повітря, надлишків теплоти, вологи та інших шкідливих виділень. Для різних груп приміщень приймаються відповідні технічні рішення з організації припливу та витяжки повітря.

У процесі виконання роботи передбачається розглянути характеристику об’єкта будівництва, кліматичні умови району будівництва, теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій, визначення тепловтрат і теплонадходжень, підбір обладнання системи кондиціонування, розрахунок системи вентиляції, а також питання монтажу, охорони праці та навколишнього середовища.

Прийняті проєктні рішення повинні відповідати призначенню будівлі, забезпечувати нормативні параметри мікроклімату, безпечну експлуатацію інженерних систем та комфортні умови перебування людей у приміщеннях центру надання адміністративних послуг.

РОЗДІЛ 2
ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА БУДІВНИЦТВА

2.1 Загальні відомості про об’єкт

Об’єктом проєктування є центр надання адміністративних послуг у місті Києві. Будівля належить до громадських будівель та призначена для прийому відвідувачів, організації робочих місць персоналу, розміщення адміністративних, допоміжних, технічних і санітарно-побутових приміщень.

Будівля складається з підвального поверху, чотирьох надземних поверхів та покрівлі. У підвальній частині розташовані технічні та допоміжні приміщення. На надземних поверхах передбачені робочі кабінети, приміщення громадського обслуговування, холи, зона рецепції, санітарні вузли та технічні приміщення. На покрівлі будівлі розміщується частина обладнання систем вентиляції та кондиціонування повітря. Будівельний об’єм об’єкта становить 7783 м³.

У даній роботі розглядаються системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Опалення приміщень передбачається системою кондиціонування типу VRF, яка в холодний період року працює в режимі нагріву. У теплий період року ця ж система забезпечує охолодження приміщень та відведення надлишкових теплонадходжень.

Система кондиціонування складається із зовнішніх блоків, внутрішніх блоків, фреонових трубопроводів та дренажної системи для відведення конденсату. Зовнішні блоки розташовуються на покрівлі будівлі, а внутрішні блоки встановлюються в обслуговуваних приміщеннях відповідно до їх теплового навантаження.

Для забезпечення нормативного повітрообміну передбачається механічна вентиляція. Основні приміщення обслуговуються припливно-витяжними системами, а санітарні вузли та технічні приміщення — окремими витяжними системами. Повітроводи систем вентиляції виконуються з оцинкованої сталі.

Прийняті інженерні рішення повинні забезпечувати комфортні умови для відвідувачів і персоналу, надійну роботу обладнання, можливість технічного обслуговування та раціональне використання енергетичних ресурсів.

2.2 Місце розташування об’єкта

Центр надання адміністративних послуг розташований у місті Києві. Київ є одним із найбільших міст України, у якому зосереджена значна кількість адміністративних, громадських, офісних і торговельних будівель. Через це для об’єктів такого призначення важливо забезпечити комфортні умови перебування людей протягом усього робочого дня.

Будівля розміщується в умовах міської забудови. Це впливає на прийняття проєктних рішень щодо розташування зовнішнього обладнання, прокладання інженерних мереж, організації забору зовнішнього повітря та викиду витяжного повітря. Частину обладнання систем вентиляції та кондиціонування передбачено розміщувати на покрівлі, що дозволяє раціонально використати простір будівлі та забезпечити доступ до обладнання для подальшого обслуговування.

При проєктуванні систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря враховується призначення будівлі, режим її роботи, наявність приміщень з постійним перебуванням людей, а також необхідність підтримання стабільних параметрів мікроклімату. Для центру надання адміністративних послуг це особливо важливо, оскільки в приміщеннях одночасно можуть перебувати як працівники, так і відвідувачі.

Район будівництва характеризується сезонною зміною температури зовнішнього повітря. У холодний період року необхідно забезпечити нагрів приміщень, а в теплий період — їх охолодження. Тому в роботі передбачається застосування системи кондиціонування типу VRF, яка працює як на охолодження, так і на нагрів. Для забезпечення необхідної якості повітря передбачається механічна вентиляція приміщень.

2.3 Кліматичні дані району будівництва

Місто Київ розташоване в I температурній зоні України. Кліматичні дані для розрахунку систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря приймаються згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія». Даний стандарт встановлює кліматичні параметри, які використовуються при проєктуванні будівель та інженерних систем.

Середньомісячні температури зовнішнього повітря для м. Києва наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Середньомісячна температура зовнішнього повітря

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Київ	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5

Середня температура опалювального періоду становить -0,1 °С. Тривалість опалювального періоду становить 176 діб. Початок опалювального періоду — 17 жовтня, кінець — 11 квітня.

Розрахункова температура зовнішнього повітря в холодний період року для розрахунку системи опалення приймається -22 °С. Розрахункова температура зовнішнього повітря в теплий період року для розрахунку системи кондиціонування приймається +33 °С.

Повторюваність напрямків вітру та штилів наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Повторюваність напрямків вітру та штилів, %

Період року	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	Штиль
Теплий період	14,0	11,1	8,4	10,6	9,4	12,9	13,9	19,7	8,3
Холодний період	9,4	8,8	9,6	17,6	11,8	16,4	12,4	14,0	3,2
Рік	12,1	10,1	8,9	13,5	10,4	14,3	13,2	17,3	5,6

Переважними напрямками вітру протягом року є північно-західний, південно-західний та західний. Дані про напрямки вітру враховуються при розміщенні повітрозабірних і повітровикидних пристроїв систем вентиляції.

Для подальших розрахунків приймаються такі основні кліматичні параметри:

розрахункова температура зовнішнього повітря в холодний період року — -22 °С;

розрахункова температура зовнішнього повітря в теплий період року — +33 °С;

середня температура опалювального періоду — -0,1 °С;

тривалість опалювального періоду — 176 діб;

кількість опадів за рік — 649 мм.

Ці кліматичні дані використовуються для теплотехнічного розрахунку огороджувальних конструкцій, визначення тепловтрат у холодний період року, розрахунку теплонадходжень у теплий період року та підбору обладнання систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

2.4 Вибір параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря

Параметри внутрішнього повітря приймаються залежно від призначення приміщень та періоду року. Для центру надання адміністративних послуг основними є приміщення з постійним або тимчасовим перебуванням людей: робочі кабінети, приміщення прийому відвідувачів, холи, зони очікування та допоміжні приміщення.

У холодний період року в приміщеннях необхідно забезпечити температуру повітря, достатню для комфортного перебування людей. У теплий період року основним завданням є обмеження підвищення температури повітря за рахунок роботи системи кондиціонування.

Розрахункові параметри внутрішнього повітря приймаються відповідно до призначення приміщень і наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Найменування приміщень	Температура в холодний період року, °С	Температура в теплий період року, °С	Відносна вологість, %
Робочі кабінети	20	24	40–60
Приміщення прийому відвідувачів	20	24	40–60
Холи та зони очікування	18	24	40–60
Санітарні вузли	18	—	—
Технічні приміщення	16	—	—

Для розрахунку системи опалення, що виконується за допомогою VRF-системи в режимі нагріву, температура зовнішнього повітря в холодний період року приймається -22 °С.

Для розрахунку системи кондиціонування в теплий період року температура зовнішнього повітря приймається +33 °С.

Прийняті параметри зовнішнього і внутрішнього повітря використовуються для подальшого визначення тепловтрат будівлі, теплонадходжень у приміщення, підбору внутрішніх і зовнішніх блоків VRF-системи, а також для розрахунку системи вентиляції.

У холодний період року VRF-система повинна компенсувати тепловтрати через зовнішні огороджувальні конструкції, світлопрозорі конструкції та інфільтрацію зовнішнього повітря. У теплий період року система кондиціонування повинна забезпечити відведення надлишкової теплоти, що надходить від людей, освітлення, обладнання та сонячної радіації.

Механічна вентиляція забезпечує подачу необхідної кількості зовнішнього повітря та видалення забрудненого повітря з приміщень. Кількість припливного

та витяжного повітря визначається залежно від призначення приміщень, кількості людей і санітарних вимог до повітрообміну.

2.5 Основні вимоги до систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря

Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря центру надання адміністративних послуг повинні забезпечувати необхідні параметри мікроклімату в приміщеннях протягом усього року. Основними вимогами до цих систем є підтримання розрахункової температури повітря, забезпечення нормативного повітрообміну, видалення забрудненого повітря та створення комфортних умов для відвідувачів і персоналу.

У холодний період року система кондиціонування типу VRF повинна працювати в режимі нагріву та компенсувати тепловтрати приміщень через зовнішні огороджувальні конструкції, світлопрозорі конструкції та інфільтрацію зовнішнього повітря. Робота системи має забезпечувати рівномірний розподіл теплоти в приміщеннях і підтримання прийнятої температури внутрішнього повітря.

У теплий період року система кондиціонування повинна забезпечувати охолодження приміщень і відведення надлишкової теплоти. До основних джерел теплонадходжень належать люди, освітлення, офісне обладнання, сонячна радіація та теплопередача через зовнішні огороджувальні конструкції. Потужність внутрішніх і зовнішніх блоків приймається з урахуванням розрахункового теплового навантаження приміщень.

Система вентиляції повинна забезпечувати подачу необхідної кількості зовнішнього повітря до приміщень з перебуванням людей та видалення відпрацьованого повітря. Для робочих кабінетів, приміщень прийому відвідувачів і холів передбачається механічна припливно-витяжна вентиляція. Для санітарних вузлів і технічних приміщень передбачаються окремі витяжні системи.

При проєктуванні вентиляції необхідно забезпечити правильний напрямок руху повітря: від приміщень з більш чистим повітрям до приміщень з можливим

забрудненням. Це дозволяє запобігти поширенню запахів і забрудненого повітря в робочі та громадські зони будівлі.

Інженерні системи повинні бути зручними в експлуатації та обслуговуванні. Обладнання необхідно розміщувати таким чином, щоб був забезпечений доступ для огляду, ремонту, очищення фільтрів, перевірки роботи вентиляторів, внутрішніх і зовнішніх блоків системи кондиціонування. Також необхідно передбачати можливість регулювання параметрів роботи систем залежно від режиму експлуатації будівлі.

До систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря висуваються вимоги щодо надійності, енергоефективності, пожежної безпеки, допустимого рівня шуму та вібрації. Прийняті рішення повинні забезпечувати безпечну експлуатацію обладнання, економне використання енергетичних ресурсів і комфортні умови перебування людей у приміщеннях центру надання адміністративних послуг.

РОЗДІЛ 3
ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

3.1 Загальні відомості про теплотехнічний розрахунок

Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій виконується з метою визначення їх опору теплопередачі та перевірки відповідності прийнятих конструктивних рішень нормативним вимогам. До огороджувальних конструкцій, які впливають на тепловий режим будівлі, належать зовнішні стіни, покриття, перекриття над неопалювальним підвалом, світлопрозорі конструкції та зовнішні двері.

Для будівлі центру надання адміністративних послуг важливо забезпечити достатній рівень теплозахисту, оскільки від цього залежать тепловтрати приміщень у холодний період року та теплонадходження в теплий період. Чим вищий опір теплопередачі огороджувальних конструкцій, тим меншими є втрати теплоти через зовнішні огородження та тим стабільнішими є параметри внутрішнього мікроклімату.

У даній роботі теплотехнічний розрахунок виконується для таких конструкцій: зовнішня стіна, суміщене покриття, перекриття над неопалювальним підвалом, світлопрозорі конструкції та зовнішні двері.

Підвальний поверх приймається неопалювальним. Температура повітря в підвалі приймається +5 °С. Тому для приміщень першого поверху враховується теплопередача через перекриття над неопалювальним підвалом.

Розрахункова температура зовнішнього повітря в холодний період року для м. Києва приймається -22 °С. Розрахункова температура внутрішнього повітря для основних приміщень приймається +20 °С. Для приміщень з іншим функціональним призначенням температура внутрішнього повітря приймається відповідно до їх призначення.

Опір теплопередачі багатошарової огороджувальної конструкції визначається за формулою:

$$R\Sigma = 1/\alpha_в + \Sigma(\delta_i / \lambda_i) + 1/\alpha_з,$$

де $R\Sigma$ — загальний опір теплопередачі конструкції, м²·К/Вт;

$\alpha_в$ — коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, Вт/(м²·К);

$\alpha_з$ — коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, Вт/(м²·К);

δi — товщина окремого шару конструкції, м;

λi — коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, Вт/(м·К).

Коефіцієнт теплопередачі огороджувальної конструкції визначається за формулою:

$k = 1 / R\Sigma$,

де k — коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К).

Прийняті конструкції повинні забезпечувати виконання умови:

$R\Sigma \geq Rqmin$,

де Rqmin — мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції, м²·К/Вт.

Результати теплотехнічного розрахунку використовуються для подальшого визначення тепловтрат приміщень у холодний період року та підбору обладнання системи кондиціонування типу VRF, яка працює в режимі нагріву.

3.2 Конструктивні рішення будівлі та її елементів

Для виконання теплотехнічного розрахунку прийнято конструкції зовнішніх огороджень, які відповідають призначенню будівлі та умовам її експлуатації. Будівля центру надання адміністративних послуг має зовнішні стіни, світлопрозорі прорізи, суміщене покриття та перекриття над неопалювальним підвалом.

Основні приміщення будівлі розташовані на надземних поверхах. Підвальний поверх приймається неопалювальним, тому для приміщень першого поверху враховується теплопередача через перекриття над підвалом. Температура повітря в неопалювальному підвалі приймається +5 °С.

Зовнішні стіни прийняті багатошаровими. Несучим шаром є кладка з керамічної цегли на цементно-піщаному розчині. Для забезпечення необхідного теплозахисту з зовнішнього боку передбачається шар мінераловатного утеплювача. З внутрішнього та зовнішнього боків конструкція має штукатурні шари.

Покриття будівлі прийняте суміщеним. Основним несучим елементом є залізобетонна плита. По плиті передбачається шар пароізоляції, мінераловатний

утеплювач, цементно-піщана стяжка та гідроізоляційний шар. Така конструкція забезпечує необхідний опір теплопередачі та захист будівлі від атмосферних впливів.

Перекриття над неопалювальним підвалом виконується із залізобетонної плити з шаром теплоізоляції. Як чистове покриття підлоги в приміщеннях приймається керамічна плитка по цементно-піщаній стяжці.

Світлопрозорі конструкції приймаються у вигляді металопластикових вікон з двокамерними енергоефективними склопакетами. Зовнішні двері приймаються утепленими металевими. Прийняті конструкції використовуються в подальших розрахунках тепловтрат приміщень.

Таблиця 3.1

Прийняті конструктивні рішення огороджувальних конструкцій

Огороджувальна конструкція	Прийнята конструкція	Основні шари конструкції
Зовнішня стіна	Багатошарова зовнішня стіна з утепленням	Внутрішній штукатурний шар; кладка з керамічної цегли на цементно-піщаному розчині; мінераловатний утеплювач; зовнішній штукатурний шар.
Суміщене покриття	Залізобетонне покриття з теплоізоляційним шаром	Залізобетонна плита; пароізоляційний шар; мінераловатний утеплювач; цементно-піщана стяжка; гідроізоляційний шар.
Перекриття над неопалювальним підвалом	Утеплене перекриття над підвалом	Керамічна плитка; цементно-піщана стяжка; мінераловатний утеплювач; залізобетонна плита; штукатурний шар зі сторони підвалу.
Світлопрозорі конструкції	Металопластикові вікна з двокамерним енергоефективним склопакетом	Профільна система з ущільненням; двокамерний склопакет з енергоефективним покриттям.
Зовнішні двері	Утеплені металеві двері	Металеві листи; внутрішній теплоізоляційний шар; ущільнення по периметру дверного полотна.

У подальшому розрахунку для кожної огороджувальної конструкції визначається загальний опір теплопередачі та коефіцієнт теплопередачі. Товщина теплоізоляційного шару приймається такою, щоб фактичний опір теплопередачі був не меншим за мінімально допустиме значення для відповідного типу конструкції.

3.3 Розрахунок опору теплопередачі зовнішніх стін

Зовнішні стіни будівлі приймаються багатошаровими. Несучий шар виконується з кладки з керамічної цегли на цементно-піщаному розчині. Зовнішнє утеплення передбачається мінераловатними плитами. З внутрішнього та зовнішнього боків стіна має штукатурні шари.

Для зовнішньої стіни приймаються такі коефіцієнти тепловіддачі:

αв = 8,7 Вт/(м²·К); αз = 23 Вт/(м²·К).

$$\alpha_з = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для зовнішніх стін громадської будівлі в І температурній зоні приймається:

Rqmin = 4,00 м²·К/Вт.

Термічний опір окремого шару конструкції визначається за формулою:

$R_i = \delta_i / \lambda_i$,

де R_i — термічний опір шару, м²·К/Вт; δ_i — товщина шару, м; λ_i — коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·К).

Прийнята конструкція зовнішньої стіни наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Конструкція зовнішньої стіни

№ шару	Найменування шару	ρ, кг/м³	δ, м	λ, Вт/(м·К)	R, м²·К/Вт
1	Розчин вапняно-піщаний	1600	0,020	0,81	0,025
2	Кладка з керамічної цегли на цементно-піщаному розчині	1800	0,380	0,81	0,469
3	Плити мінераловатні на синтетичному зв’язуючому	135	0,160	0,045	3,556
4	Розчин цементно-піщаний	1800	0,020	0,93	0,022

Потрібна товщина шару утеплювача визначається з умови забезпечення нормативного опору теплопередачі:

$\delta ут \geq \lambda ут \cdot (Rqmin - 1/\alpha в - 1/\alpha з - \Sigma R$шарів без утеплювача),

Підставляємо прийняті значення для шарів без утеплювача:

ΣRбез ут = 0,025 + 0,469 + 0,022 = 0,516 м²·К/Вт; $\delta ут \geq 0,045 \cdot (4,00 - 0,115 - 0,043 - 0,516) = 0,150$ м.

Приймаємо товщину мінераловатного утеплювача:

$\delta ут = 0,160$ м.

Загальний опір теплопередачі зовнішньої стіни визначається за формулою:

$R\Sigma,ст = 1/\alpha в + R1 + R2 + R3 + R4 + 1/\alpha з$,

Після підстановки числових значень отримаємо:

$R\Sigma,ст = 0,115 + 0,025 + 0,469 + 3,556 + 0,022 + 0,043 = 4,23$ м²·К/Вт.

Перевіряємо виконання нормативної умови:

$R\Sigma,ст = 4,23$ м²·К/Вт $\geq Rqmin = 4,00$ м²·К/Вт.

Отже, прийнята конструкція зовнішньої стіни задовольняє вимогу щодо мінімально допустимого опору теплопередачі.

Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни визначається за формулою:

$kст = 1 / R\Sigma,ст$,

Тоді:

kст = 1 / 4,23 = 0,236 Вт/(м²·К).

Для подальших розрахунків тепловтрат приміщень коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни приймається:

kст = 0,236 Вт/(м²·К).

3.4 Розрахунок опору теплопередачі покриття

Покриття будівлі приймається суміщеним. Основним несучим елементом є залізобетонна плита покриття. Для забезпечення необхідного теплозахисту передбачається шар мінераловатного утеплювача. Також у складі покриття враховуються пароізоляційний шар, цементно-піщана стяжка та гідроізоляційний шар.

Для суміщеного покриття приймаються такі коефіцієнти тепловіддачі: αв = 8,7 Вт/(м²·К); αз = 23 Вт/(м²·К).

Одиниця вимірювання коефіцієнтів тепловіддачі — Вт/(м²·К).

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для суміщеного покриття громадської будівлі в І температурній зоні приймається:

Rqmin = 7,00 м²·К/Вт.

Одиниця вимірювання опору теплопередачі — м²·К/Вт.

Термічний опір окремого шару конструкції визначається за формулою:

Ri = δi / λi,

де Ri — термічний опір шару, м²·К/Вт; δi — товщина шару, м; λi — коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·К).

Прийнята конструкція суміщеного покриття наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Конструкція суміщеного покриття

№ шару	Найменування шару	ρ, кг/м³	δ, м	λ, Вт/(м·К)	R, м²·К/Вт
1	Залізобетон	2500	0,220	2,04	0,108
2	Пароізоляційний шар на бітумній основі	1200	0,004	0,22	0,018
3	Плити мінераловатні на синтетичному зв’язуючому	135	0,300	0,045	6,667
4	Розчин цементно-піщаний	1800	0,050	0,93	0,054
5	Гідроізоляційний шар із рулонного матеріалу	1000	0,010	0,17	0,059

Потрібна товщина шару утеплювача визначається з умови забезпечення нормативного опору теплопередачі:

$\delta_{ут} \geq \lambda_{ут} \cdot (R_{qmin} - 1/\alpha_в - 1/\alpha_з - \Sigma R_{шарів\ без\ утеплювача})$,

Підставляємо прийняті значення для шарів без утеплювача:

$$\delta_{ут,min} = 0{,}045 \cdot \left(7{,}00 - \frac{1}{10} - \frac{1}{23} - \left(\frac{0{,}220}{2{,}04} + \frac{0{,}004}{0{,}22} + \frac{0{,}050}{0{,}93} + \frac{0{,}010}{0{,}17}\right)\right) = 0{,}298.$$

Отже, потрібна мінімальна товщина утеплювача становить 0,298 м. Приймаємо товщину мінераловатного утеплювача:

$\delta_{ут} = 0{,}300$ м.

Загальний опір теплопередачі суміщеного покриття визначається за формулою:

$R_{\Sigma,покр} = 1/\alpha_в + R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + 1/\alpha_з$,

Після підстановки числових значень отримаємо:

$R\Sigma,покр = 0,115 + 0,108 + 0,018 + 6,667 + 0,054 + 0,059 + 0,043 = 7,06$ м²·К/Вт ≈ 7,05 м²·К/Вт.

Отже, загальний опір теплопередачі суміщеного покриття становить 7,05 м²·К/Вт.

Перевіряємо виконання нормативної умови:

$R\Sigma,покр = 7,05$ м²·К/Вт ≥ $Rqmin = 7,00$ м²·К/Вт.

Прийнята конструкція суміщеного покриття задовольняє вимогу щодо мінімально допустимого опору теплопередачі.

Коефіцієнт теплопередачі покриття визначається за формулою:

$kпокр = 1 / R\Sigma,покр$,

Тоді:

$kпокр = 1 / 7,05 = 0,142$ Вт/(м²·К).

Для подальших розрахунків тепловтрат приміщень коефіцієнт теплопередачі суміщеного покриття приймається:

$kпокр = 0,142$ Вт/(м²·К).

Одиниця вимірювання коефіцієнта теплопередачі — Вт/(м²·К).

3.5 Розрахунок опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій

Світлопрозорі конструкції будівлі приймаються у вигляді металопластикових вікон з двокамерними енергоефективними склопакетами. Віконні конструкції є важливим елементом зовнішньої оболонки будівлі, оскільки через них відбуваються тепловтрати в холодний період року та теплонадходження від сонячної радіації в теплий період року.

На відміну від непрозорих огороджувальних конструкцій, опір теплопередачі вікон приймається не за окремими шарами матеріалів, а за теплотехнічною характеристикою готової світлопрозорої конструкції. Для будівлі центру надання адміністративних послуг приймаються вікна з двокамерним енергоефективним склопакетом.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для світлопрозорих конструкцій громадської будівлі в I температурній зоні приймається:

$R_{qmin} = 0{,}90$ м²·К/Вт.

Одиниця вимірювання опору теплопередачі — м²·К/Вт.

Для проєктування приймаємо опір теплопередачі вікон:

$R_{\Sigma,в} = 0{,}90$ м²·К/Вт.

Перевіряємо виконання нормативної умови:

$R_{\Sigma,в} = 0{,}90$ м²·К/Вт $\geq R_{qmin} = 0{,}90$ м²·К/Вт.

Отже, прийняті світлопрозорі конструкції задовольняють вимогу щодо мінімально допустимого опору теплопередачі.

Коефіцієнт теплопередачі світлопрозорої конструкції визначається за формулою:

$k_в = 1 / R_{\Sigma,в}$,

Тоді для вікон:

$k_в = 1 / 0{,}90 = 1{,}11$ Вт/(м²·К).

Для подальших розрахунків тепловтрат коефіцієнт теплопередачі вікон приймається:

$k_в = 1{,}11$ Вт/(м²·К).

Одиниця вимірювання коефіцієнта теплопередачі — Вт/(м²·К).

Крім світлопрозорих конструкцій, у тепловому контурі будівлі враховуються зовнішні двері. Для них приймається утеплена металева конструкція з опором теплопередачі:

$R_{\Sigma,дв} = 0{,}70$ м²·К/Вт.

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх дверей становить:

$k_{дв} = 1 / R_{\Sigma,дв} = 1 / 0{,}70 = 1{,}43$ Вт/(м²·К).

Для подальших розрахунків тепловтрат коефіцієнт теплопередачі зовнішніх дверей приймається:

$k_{дв} = 1{,}43$ Вт/(м²·К).

Отже, для розрахунку тепловтрат приймаються такі значення: для металопластикових вікон з двокамерним енергоефективним склопакетом $R_{\Sigma,в}$ =

0,90 м²·К/Вт і kв = 1,11 Вт/(м²·К); для зовнішніх утеплених металевих дверей RΣ,дв = 0,70 м²·К/Вт і kдв = 1,43 Вт/(м²·К).

Прийняті значення коефіцієнтів теплопередачі світлопрозорих конструкцій та зовнішніх дверей використовуються при розрахунку тепловтрат приміщень, що мають зовнішні вікна або входи.

3.6 Висновок за результатами теплотехнічного розрахунку

За результатами теплотехнічного розрахунку прийняті огороджувальні конструкції забезпечують необхідний рівень теплозахисту будівлі. Розрахунок виконано для зовнішніх стін, суміщеного покриття, перекриття над неопалювальним підвалом, світлопрозорих конструкцій та зовнішніх дверей.

Для зовнішніх стін прийнято багатошарову конструкцію з кладки з керамічної цегли, штукатурних шарів та мінераловатного утеплювача. Прийнята товщина утеплювача забезпечує опір теплопередачі, більший за мінімально допустиме значення.

Для суміщеного покриття прийнято конструкцію із залізобетонної плити, пароізоляційного шару, мінераловатного утеплювача, цементно-піщаної стяжки та гідроізоляції. Покриття має найбільший опір теплопередачі, оскільки через нього можливі значні тепловтрати в холодний період року.

Перекриття над неопалювальним підвалом прийнято із залізобетонної плити, шару мінераловатного утеплювача, цементно-піщаної стяжки та керамічної плитки. Температура повітря в неопалювальному підвалі приймається +5 °С. Тепловтрати через цю конструкцію враховуються для приміщень першого поверху.

Таблиця 3.5

Результати теплотехнічного розрахунку огороджувальних конструкцій

Найменування огороджувальної конструкції	Мінімально допустимий опір Rqmin, м²·К/Вт	Прийнятий опір RΣ, м²·К/Вт	Коефіцієнт теплопередачі k, Вт/(м²·К)	Висновок
Зовнішня стіна	4,00	4,23	0,236	відповідає
Суміщене покриття	7,00	7,05	0,142	відповідає
Перекриття над неопалювальним підвалом	5,00	5,42	0,185	відповідає
Світлопрозорі конструкції	0,90	0,90	1,11	відповідає
Зовнішні двері	0,70	0,70	1,43	відповідає

Прийняті значення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій не менші за мінімально допустимі. Отже, конструкції зовнішніх стін, покриття, перекриття над неопалювальним підвалом, вікон та зовнішніх дверей задовольняють вимогам теплозахисту.

Отримані коефіцієнти теплопередачі використовуються в подальших розрахунках тепловтрат приміщень у холодний період року. На основі цих даних виконується визначення теплового навантаження на систему кондиціонування типу VRF у режимі нагріву.

Зменшення тепловтрат через огороджувальні конструкції дозволяє знизити необхідну теплову потужність обладнання, підвищити енергоефективність будівлі та забезпечити стабільні параметри мікроклімату в приміщеннях центру надання адміністративних послуг.

РОЗДІЛ 4
РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ОПАЛЕННЯ СИСТЕМОЮ VRF

4.1 Загальні відомості про систему кондиціонування типу VRF

Для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату в приміщеннях центру надання адміністративних послуг прийнято систему кондиціонування повітря типу VRF. Така система призначена для роботи протягом року та забезпечує охолодження приміщень у теплий період і нагрів у холодний період року.

Система VRF належить до фреонових систем кондиціонування з регульованою витратою холодоагенту. Її особливістю є можливість змінювати кількість холодоагенту, що подається до внутрішніх блоків, залежно від фактичного теплового навантаження приміщень. Завдяки цьому система може працювати не постійно на повну потужність, а відповідно до потреб окремих зон будівлі.

Основними елементами системи є зовнішні блоки, внутрішні блоки, фреонові трубопроводи, система керування та дренажні трубопроводи для відведення конденсату. Зовнішні блоки розміщуються на покрівлі будівлі. Внутрішні блоки встановлюються в обслуговуваних приміщеннях або в міжстельовому просторі та забезпечують подачу підготовленого повітря в приміщення.

У теплий період року внутрішні блоки відбирають надлишкову теплоту з приміщень, після чого вона передається холодоагентом до зовнішніх блоків і відводиться в зовнішнє повітря. У холодний період року система працює в режимі теплового насоса: зовнішні блоки відбирають теплоту із зовнішнього повітря, а внутрішні блоки передають її в приміщення. Таким чином, система кондиціонування використовується також для опалення приміщень.

Застосування VRF-системи є доцільним для будівель громадського призначення, оскільки в різних приміщеннях можуть бути різні теплові навантаження та різний режим використання. Окремі приміщення можуть обслуговуватися незалежно одне від одного, що дозволяє підтримувати комфортну температуру в робочих кабінетах, приміщеннях прийому відвідувачів, холах та інших зонах будівлі.

Для даного об’єкта класична водяна система опалення не передбачається. Компенсація тепловтрат у холодний період року виконується за рахунок роботи системи кондиціонування типу VRF у режимі нагріву. При цьому система вентиляції працює окремо та забезпечує подачу зовнішнього повітря і видалення забрудненого повітря з приміщень.

Слід зазначити, що VRF-система не замінює вентиляцію, оскільки вона не забезпечує необхідну подачу свіжого зовнішнього повітря. Тому для будівлі одночасно передбачається механічна припливно-витяжна вентиляція. Спільна робота систем вентиляції та кондиціонування дозволяє забезпечити як необхідний повітрообмін, так і підтримання розрахункової температури повітря в приміщеннях.

Прийнята система кондиціонування повинна забезпечувати надійну роботу обладнання, можливість індивідуального регулювання температури в приміщеннях, зручність експлуатації та технічного обслуговування. Подальший розрахунок системи виконується з урахуванням тепловтрат у холодний період року та теплонадходжень у теплий період року.

4.2 Принцип роботи системи в режимі охолодження та нагріву

Система кондиціонування типу VRF працює за принципом переміщення теплоти між внутрішніми приміщеннями будівлі та зовнішнім повітрям. Основними елементами системи є зовнішні блоки, внутрішні блоки, фреонові трубопроводи, розгалужувачі, система керування та дренажні трубопроводи для відведення конденсату.

Зовнішні блоки розміщуються на покрівлі будівлі. Вони забезпечують роботу холодильного контуру, стискання холодоагенту та передачу теплоти зовнішньому повітрю або її відбір із зовнішнього повітря залежно від режиму роботи системи. Внутрішні блоки встановлюються в обслуговуваних приміщеннях і забезпечують подачу підготовленого повітря в зону перебування людей.

У теплий період року система працює в режимі охолодження. У цьому режимі внутрішні блоки відбирають надлишкову теплоту з повітря приміщень. Холодоагент у теплообмінниках внутрішніх блоків випаровується, сприймаючи теплоту від повітря. Після цього пари холодоагенту надходять до зовнішнього блока, де відбувається їх стискання компресором та подальша конденсація з відведенням теплоти в зовнішнє повітря.

У режимі охолодження внутрішні блоки також можуть осушувати повітря, оскільки при проходженні теплого повітря через охолоджений теплообмінник на його поверхні утворюється конденсат. Конденсат відводиться від внутрішніх блоків через дренажні трубопроводи. Для нормальної роботи системи дренажні трубопроводи прокладаються з ухилом у напрямку відведення конденсату.

У холодний період року VRF-система працює в режимі нагріву. У цьому режимі зовнішній блок відбирає теплоту із зовнішнього повітря, а внутрішні блоки передають її повітрю приміщень. Робота системи в режимі нагріву відбувається за принципом теплового насоса. Завдяки цьому одна система може забезпечувати як охолодження в теплий період року, так і нагрів приміщень у холодний період року.

При роботі на нагрів холодоагент після стискання компресором надходить до теплообмінників внутрішніх блоків з підвищеною температурою. У теплообміннику внутрішнього блока холодоагент конденсується і передає теплоту повітрю, яке подається в приміщення. Після цього холодоагент повертається до зовнішнього блока, де цикл повторюється.

Перевагою VRF-системи є можливість регулювання продуктивності відповідно до фактичного теплового навантаження приміщень. Компресори зовнішніх блоків змінюють свою продуктивність залежно від потреби внутрішніх блоків. Це дозволяє зменшити споживання електроенергії при частковому навантаженні та підтримувати стабільну температуру повітря в приміщеннях.

Для різних приміщень будівлі можуть задаватися індивідуальні температурні параметри. Це зручно для центру надання адміністративних послуг, оскільки окремі приміщення мають різне призначення, різну кількість людей і

різні теплові навантаження. Наприклад, для робочих кабінетів, приміщень прийому відвідувачів і холів потрібні різні умови роботи системи протягом дня.

У даній роботі VRF-система розглядається як основне джерело нагріву приміщень у холодний період року та як система охолодження в теплий період року. При цьому система вентиляції працює окремо і забезпечує подачу зовнішнього повітря та видалення забрудненого повітря з приміщень. Тому при розрахунку навантаження на VRF-систему не дублюється теплова потужність, яка необхідна для нагріву організованого припливного повітря у вентиляційних установках.

Таким чином, прийнята система кондиціонування типу VRF забезпечує підтримання розрахункових параметрів внутрішнього повітря протягом року, дозволяє регулювати роботу окремих зон будівлі та забезпечує гнучкість експлуатації інженерних систем.

4.3 Вихідні дані для розрахунку системи кондиціонування

Розрахунок системи кондиціонування типу VRF виконується на підставі прийнятих параметрів зовнішнього і внутрішнього повітря, теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій, призначення приміщень та режиму експлуатації будівлі. Метою розрахунку є визначення теплового навантаження на нагрів у холодний період року та холодопродуктивності, необхідної для охолодження приміщень у теплий період року.

Оскільки система VRF використовується як для охолодження, так і для нагріву приміщень, розрахунок виконується для двох основних режимів роботи. У холодний період року визначаються тепловтрати приміщень, які повинні бути компенсовані внутрішніми блоками системи. У теплий період року визначаються теплонадходження до приміщень, які необхідно відвести за допомогою системи кондиціонування.

Будівля центру надання адміністративних послуг має підвальний поверх, чотири надземні поверхи та покрівлю. Підвальний поверх приймається неопалювальним. Температура повітря в неопалювальному підвалі приймається +5 °С. Для розрахунку тепловтрат приміщень першого поверху враховується теплопередача через перекриття над неопалювальним підвалом.

Розрахунок тепловтрат виконується для приміщень, які мають зовнішні огороджувальні конструкції або розташовані під покриттям чи над неопалювальним підвалом. Теплове навантаження на нагрів організованого припливного повітря не включається до навантаження VRF-системи, оскільки оброблення припливного повітря виконується вентиляційними установками. Для VRF-системи враховуються тепловтрати через огороджувальні конструкції та інфільтрація.

Таблиця 4.1

Основні вихідні дані для розрахунку системи кондиціонування

№	Найменування параметра	Прийняте значення	Примітка
1	Район будівництва	м. Київ	для кліматичних розрахунків
2	Призначення будівлі	центр надання адміністративних послуг	громадська будівля
3	Кількість надземних поверхів	4	без урахування підвалу
4	Підвальний поверх	неопалювальний	температура +5 °С
5	Будівельний об’єм	7783 м³	для загальної характеристики об’єкта
6	Розрахункова висота приміщень	3,3 м	прийнята для розрахунку об’єму

№	Найменування параметра	Прийняте значення	Примітка
7	Температура зовнішнього повітря в холодний період	-22 °C	для розрахунку тепловтрат
8	Температура зовнішнього повітря в теплий період	+33 °C	для розрахунку теплонадходжень
9	Температура внутрішнього повітря в холодний період	+20 °C	для основних приміщень
10	Температура внутрішнього повітря в теплий період	+24 °C	для основних приміщень
11	Відносна вологість внутрішнього повітря	40–60 %	для комфортних умов
12	Тип системи	VRF	охолодження та нагрів
13	Холодоагент	R410A	для фреонових контурів системи
14	Розміщення зовнішніх блоків	на покрівлі	з доступом для обслуговування
15	Вентиляційні тепловтрати	окремо не дублюються	нагрів припливного повітря виконується вентиляційними установками

Теплотехнічні характеристики приймаються за результатами розрахунків, виконаних у розділі 3.

Отримані коефіцієнти теплопередачі наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій

№	Огороджувальна конструкція	Опір теплопередачі RΣ, м²·К/Вт	Коефіцієнт теплопередачі k, Вт/(м²·К)
1	Зовнішня стіна	4,23	0,236
2	Суміщене покриття	7,05	0,142
3	Перекриття над неопалювальним підвалом	5,42	0,185
4	Світлопрозорі конструкції	0,90	1,11
5	Зовнішні двері	0,70	1,43

Для визначення тепловтрат у холодний період року різниця температур між внутрішнім і зовнішнім повітрям для зовнішніх стін, вікон, зовнішніх дверей та покриття приймається між температурою внутрішнього повітря приміщення і розрахунковою температурою зовнішнього повітря. Для перекриття над неопалювальним підвалом різниця температур визначається між температурою внутрішнього повітря приміщення та температурою повітря в підвалі.

Для розрахунку теплонадходжень у теплий період року враховуються надходження теплоти від людей, штучного освітлення, офісного обладнання, зовнішніх огороджувальних конструкцій та сонячної радіації через світлопрозорі прорізи. Кількість людей, потужність освітлення та обладнання приймаються залежно від призначення приміщень.

Прийняті вихідні дані використовуються для подальшого розрахунку тепловтрат приміщень, визначення теплонадходжень, складання теплового балансу та підбору внутрішніх і зовнішніх блоків системи кондиціонування типу VRF.

4.4 Розрахунок тепловтрат приміщень у холодний період року

Розрахунок тепловтрат приміщень виконується для визначення теплової потужності, яку повинна компенсувати система кондиціонування типу VRF під час роботи в режимі нагріву. Розрахунок проводиться для приміщень, які мають контакт із зовнішніми огороджувальними конструкціями, тобто із зовнішніми стінами, вікнами, зовнішніми дверима, покриттям або перекриттям над неопалювальним підвалом.

У розрахунку враховуються трансмісійні тепловтрати через огороджувальні конструкції та тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря. Нагрів організованого припливного повітря не включається до навантаження VRF-системи, оскільки для цього передбачаються припливно-витяжні вентиляційні установки з власними теплообмінниками. Такий підхід дозволяє уникнути подвійного врахування вентиляційного навантаження.

Тепловтрати через окрему огороджувальну конструкцію визначаються за формулою:

$$QT = k \cdot F \cdot \Delta t,$$

де QT — тепловтрати через огороджувальну конструкцію, Вт; k — коефіцієнт теплопередачі огороджувальної конструкції, Вт/(м²·К); F — площа огороджувальної конструкції, м²; Δt — різниця температур між внутрішнім і зовнішнім повітрям, °С.

Різниця температур визначається за формулою:

$$\Delta t = t_в - t_з,$$

Для зовнішніх стін, вікон, зовнішніх дверей і покриття розрахункова різниця температур становить:

$$\Delta t = 20 - (-22) = 42\ °C.$$

Для перекриття над неопалювальним підвалом враховується температура повітря в підвалі +5 °С, тому розрахункова різниця температур становить:

$$\Delta t_{підв} = 20 - 5 = 15\ °C.$$

Об’єм приміщення визначається як добуток площі підлоги на висоту приміщення:

$V = F_{підл} \cdot h$,

Тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря визначаються за формулою:

$Q_{інф} = 0{,}33 \cdot L_{інф} \cdot \Delta t$,

де $Q_{інф}$ — тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, Вт; $L_{інф}$ — витрата інфільтраційного повітря, м³/год; 0,33 — коефіцієнт, що враховує густину та питому теплоємність повітря.

Витрата інфільтраційного повітря приймається залежно від об’єму приміщення:

$L_{інф} = n \cdot V$,

де n — кратність інфільтрації, 1/год; V — об’єм приміщення, м³. Для розрахунку прийнято невелику інфільтрацію, оскільки в будівлі передбачається механічна вентиляція, а зовнішні огороджувальні конструкції мають достатню повітрощільність.

Загальні тепловтрати приміщення визначаються як сума тепловтрат через усі огороджувальні конструкції та тепловтрат на інфільтрацію:

$Q_{заг} = \Sigma Q_T + Q_{інф}$.

Приклад розрахунку наведено для приміщення 101 — вестибюлю. Для нього прийнято площу зовнішніх стін 14,5 м², площу вікон 4,8 м², площу зовнішніх дверей 3,6 м², площу перекриття над неопалювальним підвалом 25,5 м² та об’єм приміщення 84,15 м³.

$Q_{ст} = 0{,}236 \cdot 14{,}5 \cdot 42 = 143{,}7$ Вт; $Q_{вік} = 1{,}11 \cdot 4{,}8 \cdot 42 = 223{,}8$ Вт; $Q_{дв} = 1{,}43 \cdot 3{,}6 \cdot 42 = 216{,}2$ Вт; $Q_{підв} = 0{,}185 \cdot 25{,}5 \cdot 15 = 70{,}8$ Вт.

$$Q_{вік.101} = 1{,}11 \cdot 4{,}8 \cdot 42 = 223{,}8 \text{ Вт}$$

$L_{інф} = 0{,}2 \cdot 84{,}15 = 16{,}83$ м³/год; $Q_{інф} = 0{,}33 \cdot 16{,}83 \cdot 42 = 233{,}2$ Вт.

$$Q_{пер.101} = 0{,}185 \cdot 25{,}5 \cdot 15 = 70{,}8 \text{ Вт}$$

$$Q_{інф.101} = 0{,}33 \cdot 21{,}04 \cdot 42 = 291{,}6 \text{ Вт}$$

Загальні тепловтрати приміщення 101 становлять:

$Q_{заг,101} = 143,7 + 223,8 + 216,2 + 70,8 + 233,2 = 887,7$ Вт $\approx 0,89$ кВт.

Аналогічно виконується розрахунок для інших приміщень, що мають зовнішні огороджувальні конструкції. Повна таблиця тепловтрат приміщень наведена в додатку. Підсумкові результати розрахунку за поверхами наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Підсумкові тепловтрати приміщень за поверхами

Поверх	Площа приміщень, м²	Об'єм приміщень, м³	Тепловтрати, кВт
1	267,5	882,75	8,78
2	393,0	1296,90	11,77
3	352,0	1161,60	10,34
4	332,0	1095,60	11,90
Разом	1344,5	4436,85	42,79

Примітка. Наведені тепловтрати прийняті без урахування нагріву організованого припливного повітря, оскільки це навантаження відноситься до системи вентиляції.

За результатами розрахунку загальні тепловтрати приміщень, які враховуються при перевірці роботи VRF-системи в режимі нагріву, становлять 42,79 кВт. Отримане значення використовується для подальшого підбору та перевірки внутрішніх блоків системи кондиціонування.

Оскільки організоване припливне повітря нагрівається у вентиляційних установках, розраховане навантаження не включає теплоту на підігрів усього припливного повітря. Це дозволяє окремо розглядати роботу системи вентиляції та роботу VRF-системи, яка компенсує тепловтрати приміщень через огороджувальні конструкції та неорганізовану інфільтрацію.

4.5 Розрахунок теплонадходжень у теплий період року

Розрахунок теплонадходжень у теплий період року виконується для визначення холодильної потужності, яку повинна забезпечити система кондиціонування типу VRF. У теплий період року в приміщення надходить теплота від людей, освітлення, офісного обладнання, сонячної радіації через світлопрозорі конструкції, а також через зовнішні огороджувальні конструкції будівлі.

Для центру надання адміністративних послуг основними джерелами теплонадходжень є люди, освітлення, офісна техніка та сонячне випромінювання через вікна. Технологічні теплонадходження в розрахунку не враховуються, оскільки в будівлі відсутні виробничі процеси з виділенням значної кількості теплоти.

Загальна кількість теплонадходжень у приміщення визначається за формулою:

$$Q_{охол} = Q_л + Q_{осв} + Q_{обл} + Q_{ог} + Q_{сон},$$

де $Q_{над}$ — загальні теплонадходження до приміщення, Вт;

$Q_л$ — теплонадходження від людей, Вт;

$Q_{осв}$ — теплонадходження від штучного освітлення, Вт;

$Q_{обл}$ — теплонадходження від офісного обладнання, Вт;

$Q_{ог}$ — теплонадходження через зовнішні огороджувальні конструкції, Вт;

$Q_{сон}$ — теплонадходження від сонячної радіації через вікна, Вт.

Теплонадходження від людей визначаються за формулою:

$$Q_л = n \cdot q_л,$$

де n — кількість людей у приміщенні;

$q_л$ — питоме теплонадходження від однієї людини, Вт/люд.

Для основних адміністративних приміщень питоме теплонадходження від однієї людини приймається $q_л = 120$ Вт/люд.

Теплонадходження від штучного освітлення визначаються за формулою:

$$Q_{осв} = F \cdot q_{осв},$$

де $F_п$ — площа підлоги приміщення, м²;

$q_{осв}$ — питома потужність освітлення, Вт/м².

Для розрахунку приймається питома потужність освітлення qосв = 12 Вт/м².

Теплонадходження від офісного обладнання визначаються за формулою:

$Q_{обл} = F \cdot q_{обл}$,

де $q_{обл}$ — питоме теплонадходження від офісного обладнання, Вт/м².

Для кабінетів та робочих зон приймається qобл = 12–15 Вт/м² залежно від призначення приміщення, для приміщень прийому відвідувачів та холів — за фактичною насиченістю обладнання.

Теплонадходження через зовнішні огороджувальні конструкції визначаються за формулою:

$Q_{ог} = k \cdot F \cdot (t_з - t_в)$,

де k — коефіцієнт теплопередачі огороджувальної конструкції, Вт/(м²·К);

F — площа огороджувальної конструкції, м²;

Δt — різниця температур між зовнішнім і внутрішнім повітрям, °С.

Для теплого періоду року розрахункова температура зовнішнього повітря приймається tз = +33 °С, а температура внутрішнього повітря — tв = +24 °С. Тому розрахункова різниця температур становить:

$\Delta t = 33 - 24 = 9$ °С.

Теплонадходження від сонячної радіації через світлопрозорі конструкції визначаються за формулою:

$Q_{сон} = F_{вік} \cdot q_{сон} \cdot \psi$,

де $F_{вік}$ — площа світлопрозорих конструкцій, м²;

$q_{сон}$ — питоме теплонадходження від сонячної радіації через вікна, Вт/м²;

$k_{зах}$ — коефіцієнт, що враховує тип скління та наявність внутрішнього сонцезахисту.

Питомі теплонадходження від сонячної радіації приймаються залежно від орієнтації світлопрозорих конструкцій. Для розрахунку прийнято: для північної орієнтації — 80 Вт/м², для східної та західної — 140 Вт/м², для південної — 160 Вт/м². Коефіцієнт сонцезахисту приймається $k_{зах} = 0{,}65$.

Організоване припливне повітря в розрахунок теплонадходжень для VRF-системи не включається. Його охолодження та підготовка виконуються припливно-витяжними установками системи вентиляції. Це дозволяє уникнути подвійного врахування навантаження на охолодження.

Приклад розрахунку теплонадходжень виконаємо для приміщення 102 — зали прийому відвідувачів. Площа приміщення становить $F_п = 62{,}0$ м², кількість людей приймається $n = 16$, площа вікон — $F_{вік} = 14{,}0$ м², площа зовнішніх стін — $F_{ст} = 45{,}0$ м². Орієнтація світлопрозорих конструкцій — північна та східна.

Теплонадходження від людей:

$Q_л = 16 \cdot 120 = 1920$ Вт = 1,92 кВт.

Теплонадходження від освітлення:

$$Q_{осв} = 62{,}0 \cdot 12 = 744 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від офісного обладнання:

$Q_{обл} = 129{,}45 \cdot 15 = 1942$ Вт = 1,94 кВт.

Теплонадходження через зовнішні огороджувальні конструкції:

$Q_{ог} = 0{,}236 \cdot 18{,}0 \cdot 9 + 1{,}11 \cdot 12{,}0 \cdot 9 = 158$ Вт = 0,16 кВт.

Питомі теплонадходження від сонячної радіації для північної та східної орієнтації приймаються усередненими:

$q_{сон} = 300$ Вт/м²; $\psi = 0{,}45$.

Теплонадходження від сонячної радіації:

$Q_{сон} = 12{,}0 \cdot 300 \cdot 0{,}45 = 1620$ Вт = 1,62 кВт.

Загальні теплонадходження до приміщення 102 становлять:

$Q_{охол,102} = 1{,}92 + 1{,}55 + 1{,}94 + 0{,}16 + 1{,}62 = 7{,}19$ кВт.

Розрахунок теплонадходжень для інших приміщень виконується аналогічно. Підсумкові результати розрахунку теплонадходжень по поверхах наведені в таблицях 4.4 і 4.5.

Таблиця 4.4

Внутрішні теплонадходження у теплий період року

Поверх	Площа, м²	Кількість людей	Від людей, кВт	Освітлення, кВт	Обладнання, кВт
1	267,5	53	6,36	3,21	2,93
2	393,0	56	6,72	4,72	5,18
3	352,0	47	5,64	4,22	4,14
4	332,0	41	4,92	3,98	4,49
Всього	1344,5	197	23,64	16,13	16,74

Таблиця 4.5

Зовнішні теплонадходження та загальне навантаження на охолодження

Поверх	Сонячна радіація, кВт	Через огородження, кВт	Всього, кВт
1	5,01	1,07	18,58
2	7,75	1,56	25,93
3	6,64	1,35	21,99
4	6,23	1,74	21,36
Всього	25,63	5,72	87,86

За результатами розрахунку загальні теплонадходження в теплий період року становлять 87,86 кВт. Отримане значення використовується для подальшого підбору внутрішніх блоків системи кондиціонування типу VRF та перевірки достатності холодопродуктивності прийнятого обладнання.

4.6 Надходження шкідливостей у приміщення

Під час експлуатації центру надання адміністративних послуг у приміщеннях виникають шкідливості, які необхідно враховувати при розрахунку систем кондиціонування та вентиляції. На відміну від виробничих будівель, у даному об’єкті відсутні технологічні процеси, які супроводжуються значними виділеннями пилу, газів або парів шкідливих речовин.

Основними шкідливостями для приміщень громадського призначення є надлишкова теплота, вологовиділення та виділення вуглекислого газу від людей. Надлишкова теплота враховується при визначенні холодильної потужності внутрішніх блоків VRF-системи, а вологовиділення і вуглекислий газ враховуються при визначенні необхідного повітрообміну системи вентиляції.

До джерел надходження шкідливостей у приміщеннях належать відвідувачі та персонал, штучне освітлення, офісне обладнання, сонячна радіація через світлопрозорі конструкції, а також теплопередача через зовнішні огороджувальні конструкції в теплий період року.

Надлишкова теплота від людей визначається за формулою:

$$Q_л = n \cdot q_л,$$

де $Q_л$ — теплонадходження від людей, Вт; n — кількість людей у приміщенні; $q_л$ — питоме теплонадходження від однієї людини, Вт/люд.

Вологовиділення від людей визначається за формулою:

$$W_л = n \cdot w_л,$$

де $W_л$ — кількість вологи, що надходить у приміщення, г/год; $w_л$ — питоме вологовиділення від однієї людини, г/(люд·год).

Виділення вуглекислого газу від людей визначається за формулою:

$$GCO_2 = n \cdot gCO_2,$$

де GCO_2 — кількість вуглекислого газу, що надходить у приміщення, л/год; gCO_2 — питоме виділення вуглекислого газу однією людиною, л/(люд·год).

Для подальшої оцінки повітрообміну за вуглекислим газом використовується залежність:

$LCO_2 = GCO_2 / ((Сдоп − Сзовн) \cdot 10^{-6}) / 1000,$

де LCO_2 — необхідна витрата зовнішнього повітря для розбавлення вуглекислого газу, м³/год; Сдоп — допустима концентрація CO_2 у повітрі приміщення, м³/м³; Сзовн — концентрація CO_2 у зовнішньому повітрі, м³/м³.

Для розрахунку приймаються такі питомі значення: qл = 120 Вт/люд, wл = 75 г/(люд·год), gCO_2 = 20 л/(люд·год). Допустима концентрація CO_2 приймається 1000 ppm, концентрація CO_2 у зовнішньому повітрі — 400 ppm. Тоді різниця концентрацій становить:

$\Delta C = 1000 − 400 = 600$ ppm = 0,0006 м³/м³.

Приклад розрахунку виконаємо для приміщення 102 — зали прийому відвідувачів. Кількість людей у приміщенні приймається n = 16.

$Qл = 16 \cdot 120 = 1920$ Вт = 1,92 кВт.

$Wл = 16 \cdot 75 = 1200$ г/год = 1,20 кг/год.

$GCO_2 = 16 \cdot 20 = 320$ л/год = 0,32 м³/год.

$LCO_2 = 320 / (600 \cdot 10^{-6}) / 1000 = 533$ м³/год.

Таким чином, для приміщення 102 надлишкова теплота від людей становить 1,92 кВт, вологовиділення — 1,20 кг/год, виділення вуглекислого газу — 0,32 м³/год. Орієнтовна витрата зовнішнього повітря за CO_2 становить 533 м³/год.

Таблиця 4.6

Розрахунок шкідливостей від людей по поверхах

Поверх	Кількість людей	Надлишкова теплота, кВт	Вологовиділення, г/год	Виділення CO_2, л/год	Витрата повітря за CO_2, м³/год
1	53	6,36	3975	1060	1767
2	56	6,72	4200	1120	1867
3	47	5,64	3525	940	1567
4	41	4,92	3075	820	1367
Всього	197	23,64	14775	3940	6567

За результатами розрахунку загальна кількість людей у розрахункових приміщеннях становить 197 осіб. Загальна надлишкова теплота від людей дорівнює 23,64 кВт, загальне вологовиділення — 14,78 кг/год, загальне виділення вуглекислого газу — 3,94 м³/год.

$$Q_{\text{л.заг}} = 197 \cdot 120 = 23640\ \text{Вт} = 23{,}64\ \text{кВт}$$

$$W_{\text{л.заг}} = 197 \cdot 75 = 14775\ \text{г/год} = 14{,}78\ \text{кг/год}$$

$$G_{CO_2\text{.заг}} = 197 \cdot 20 = 3940\ \text{л/год} = 3{,}94\ \text{м}^3\text{/год}$$

$$L_{CO_2\text{.заг}} = 3{,}94 / 0{,}0006 = 6567\ \text{м}^3\text{/год}$$

Отримана витрата повітря за вуглекислим газом використовується як орієнтовне значення для подальшого розрахунку вентиляції. Остаточна витрата припливного та витяжного повітря буде прийматися в розділі 5 з урахуванням призначення приміщень, кількості людей, санітарних норм та повітряного балансу будівлі.

Система кондиціонування типу VRF забезпечує асиміляцію надлишкової теплоти та підтримання температури повітря в приміщеннях. Водночас видалення вологи, вуглекислого газу та забезпечення необхідної якості повітря виконується системою механічної припливно-витяжної вентиляції.

Таким чином, для даної будівлі основними шкідливостями є надлишкова теплота, волога та вуглекислий газ, що надходять переважно від людей, освітлення та офісного обладнання. Розраховані значення використовуються для подальшого складання теплового балансу приміщень і розрахунку системи вентиляції.

4.7 Тепловий баланс приміщень

Тепловий баланс приміщень складається з метою визначення розрахункового навантаження, яке повинна забезпечити система кондиціонування типу VRF у режимах нагріву та охолодження. Для цього порівнюються тепловтрати приміщень у холодний період року та теплонадходження в теплий період року.

У холодний період року система кондиціонування працює в режимі теплового насоса та компенсує тепловтрати через зовнішні огороджувальні конструкції, світлопрозорі конструкції, покриття, перекриття над неопалювальним підвалом і неорганізовану інфільтрацію зовнішнього повітря. Організоване припливне повітря в навантаження VRF-системи не включається, оскільки його підготовка виконується припливно-витяжними установками системи вентиляції.

Розрахункове навантаження на нагрів для приміщення визначається за формулою:

$$Q_{нагр,і} = Q_{транс,і} + Q_{інф,і},$$

де $Q_{нагр,і}$ — розрахункове навантаження на нагрів і-го приміщення, Вт; $Q_{транс,і}$ — трансмісійні тепловтрати через огороджувальні конструкції, Вт; $Q_{інф,і}$ — тепловтрати на нагрів інфільтраційного повітря, Вт.

У теплий період року система VRF працює в режимі охолодження. У цьому режимі вона повинна видаляти з приміщень надлишкову теплоту від людей, освітлення, офісного обладнання, сонячної радіації через вікна та теплопередачі через зовнішні огородження.

Розрахункове навантаження на охолодження визначається за формулою:

$$Q_{охол,і} = Q_{л,і} + Q_{осв,і} + Q_{обл,і} + Q_{ог,і} + Q_{сон,і},$$

де Qохол,і — розрахункове навантаження на охолодження і-го приміщення, Вт; Qл,і — теплонадходження від людей, Вт; Qосв,і — теплонадходження від штучного освітлення, Вт; Qобл,і — теплонадходження від офісного обладнання, Вт; Qог,і — теплонадходження через огороджувальні конструкції, Вт; Qсон,і — теплонадходження від сонячної радіації, Вт.

Для подальшого підбору внутрішнього блока приймається більше з двох значень: навантаження на нагрів у холодний період року або навантаження на охолодження в теплий період року. Така перевірка дозволяє забезпечити роботу системи протягом усього року.

$$Q_{\text{розр},i} = max(Q_{\text{нагр},i};\ Q_{\text{охол},i}).$$

Потужність прийнятого внутрішнього блока повинна бути не меншою за розрахункове навантаження відповідного приміщення:

Qбл ≥ max(Qнагр,і; Qохол,і).

Підсумкові значення тепловтрат у холодний період року та теплонадходжень у теплий період року наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.7

Підсумковий тепловий баланс приміщень

Поверх	Площа, м²	Qнагр, кВт	Qохол, кВт	Qрозр, кВт	Режим
1	267,5	8,78	18,58	18,58	Охолодження
2	393,0	11,77	25,93	25,93	Охолодження
3	352,0	10,34	21,99	21,99	Охолодження
4	332,0	11,90	21,36	21,36	Охолодження
Разом	1344,5	42,79	87,86	87,86	Охолодження

З таблиці видно, що для будівлі центру надання адміністративних послуг визначальним режимом роботи VRF-системи є режим охолодження. Загальне навантаження на охолодження становить 87,86 кВт, а загальне навантаження на нагрів — 42,79 кВт. Це пояснюється значними теплонадходженнями від людей, освітлення, офісного обладнання та сонячної радіації в теплий період року.

У холодний період року розрахункова потужність системи в режимі нагріву повинна забезпечувати компенсацію тепловтрат приміщень. Оскільки нагрів організованого припливного повітря виконується припливно-витяжними установками, у балансі VRF-системи враховуються тепловтрати приміщень через огородження та інфільтрацію.

У теплий період року внутрішні блоки системи кондиціонування повинні забезпечити видалення надлишкової теплоти з приміщень. При підборі внутрішніх блоків приймається найближчий більший типорозмір обладнання, що забезпечує покриття розрахункового навантаження з невеликим запасом.

Таким чином, тепловий баланс підтверджує необхідність застосування системи кондиціонування типу VRF, яка працює в режимі охолодження в теплий період року та в режимі нагріву в холодний період року. Отримані значення навантажень використовуються для подальшого підбору внутрішніх і зовнішніх блоків системи кондиціонування.

4.8 Підбір внутрішніх блоків системи кондиціонування

Підбір внутрішніх блоків системи кондиціонування виконується за розрахунковими тепловими навантаженнями приміщень. Для кожного приміщення або групи приміщень внутрішній блок повинен забезпечувати необхідну холодопродуктивність у теплий період року та теплопродуктивність у холодний період року.

За результатами теплового балансу визначальним режимом для підбору обладнання є режим охолодження, оскільки загальне навантаження на охолодження перевищує навантаження на нагрів. Тому внутрішні блоки

приймаються за холодопродуктивністю з подальшою перевіркою їх роботи в режимі нагріву.

У проєкті прийняті внутрішні блоки канального типу Mitsubishi Electric серії PEFY, які підключаються до мультизональних систем К1, К2, К3 та К4. Канальні блоки розміщуються в запідстельовому просторі та подають підготовлене повітря до приміщень через повітророзподільні пристрої.

Умова підбору внутрішнього блока за режимом охолодження має вигляд:

$Q_{х,бл} \geq Q_{х,розр}$,

де $Q_{х, бл}$ — холодопродуктивність внутрішнього блока, кВт; $Q_{х, розр}$ — розрахункове навантаження приміщення на охолодження, кВт.

Перевірка внутрішнього блока за режимом нагріву виконується за умовою:

$Q_{т,бл} \geq Q_{т,розр}$,

де $Q_{т, бл}$ — теплопродуктивність внутрішнього блока, кВт; $Q_{т, розр}$ — розрахункові тепловтрати приміщення, кВт.

Підібрані внутрішні блоки системи кондиціонування наведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8

Підібрані внутрішні блоки системи кондиціонування типу VRF

Система	Позначення блоків	Модель внутрішнього блока	Кількість, шт	Qх одного блока, кВт	Qт одного блока, кВт
К1	К1.1	PEFY-P25VMS1-E	1	2,8	3,2
К1	К1.5, К1.6, К1.7	PEFY-P32VMS1-E	3	3,6	4,0
К1	К1.2, К1.3, К1.4, К1.8	PEFY-P50VMS1-E	4	5,44	6,3
К2	К2.1, К2.11	PEFY-P15VMS1-E	2	1,65	1,9
К2	К2.9, К2.10, К2.13	PEFY-P20VMS1-E	3	2,2	2,5
К2	К2.2, К2.4	PEFY-P25VMS1-E	2	2,8	3,2
К2	К2.3, К2.8, К2.12	PEFY-P32VMS1-E	3	3,6	4,0
К2	К2.14	PEFY-P40VMS1-E	1	4,5	5,0
К2	К2.7	PEFY-P50VMS1-E	1	5,44	6,3
К2	К2.5, К2.6	PEFY-P63VMS1-E	2	7,1	8,0
К3	К3.10	PEFY-P25VMS1-E	1	2,8	3,2

К3	К3.2, К3.3, К3.4	PEFY-P32VMS1-E	3	3,6	4,0
К3	К3.1, К3.5, К3.6, К3.7, К3.8	PEFY-P50VMS1-E	5	5,44	6,3
К3	К3.9	PEFY-P63VMS1-E	1	7,1	8,0
К4	К4.1-К4.7, К4.10, К4.11	PEFY-P40VMS1-E	9	4,5	5,0
К4	К4.8, К4.9	PEFY-P32VMS1-E	2	3,6	4,0

Сумарна встановлена потужність внутрішніх блоків за системами наведена в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

Перевірка встановленої потужності внутрішніх блоків за системами

Система	Кількість внутрішніх блоків, шт	Qх внутрішніх блоків, кВт	Qт внутрішніх блоків, кВт	Модель зовнішнього блока	Qх зовнішнього блока, кВт	Qт зовнішнього блока, кВт
К1	8	35,36	40,4	PUHY-P250YNW-A	26,15	30,7
К2	14	50,44	57,0	PUHY-P350YNW-A	40,0	45,0
К3	10	47,90	54,7	PUHY-P350YNW-A	40,0	45,0
К4	11	47,70	53,0	PUHY-P400YNW-A	45,0	50,0
Разом	43	181,40	205,1	—	151,15	170,7

Сумарна встановлена холодопродуктивність внутрішніх блоків систем К1–К4 становить 181,40 кВт, а сумарна теплопродуктивність — 205,1 кВт. Сумарна холодопродуктивність зовнішніх блоків систем К1–К4 становить 151,15 кВт, а сумарна теплопродуктивність — 170,7 кВт.

Розрахункове навантаження на охолодження приміщень становить 87,86 кВт, а розрахункове навантаження на нагрів — 42,79 кВт. Перевірка встановленої потужності обладнання має вигляд:

$\Sigma Q_{х,вн} = 181,40$ кВт $> Q_{охол,розр} = 87,86$ кВт; $\Sigma Q_{т,вн} = 205,1$ кВт $> Q_{нагр,розр} = 42,79$ кВт.

$$\Sigma Q_{\text{т,зовн}} = 170{,}7 \text{ кВт} \geq Q_{\text{т,розр}} = 42{,}79 \text{ кВт}.$$

Отже, прийняті внутрішні та зовнішні блоки забезпечують покриття розрахункових навантажень у режимі охолодження та в режимі нагріву. Основним для підбору є режим охолодження, оскільки в теплий період року сумарні теплонадходження перевищують тепловтрати будівлі в холодний період. Системи Х1, Х2 та К5, які передбачені як окремі автономні системи охолодження технологічних приміщень і серверної, не включаються до сумарної перевірки мультизональних систем К1–К4, оскільки вони обслуговують окремі зони та не впливають на підбір VRF-системи для основних приміщень.

При підборі внутрішніх блоків також враховано змінний характер експлуатації будівлі. Центр надання адміністративних послуг належить до громадських будівель, у яких кількість відвідувачів протягом робочого дня може суттєво змінюватися. У години найбільшого навантаження в приміщеннях одночасно можуть перебувати працівники та значна кількість відвідувачів, що збільшує теплонадходження від людей, освітлення та офісного обладнання. У періоди меншої завантаженості потреба в холодопродуктивності або теплопродуктивності зменшується. З урахуванням цього прийнята VRF-система забезпечує можливість регулювання продуктивності залежно від фактичного навантаження приміщень, що дозволяє підтримувати комфортні параметри мікроклімату при різних режимах експлуатації будівлі.

Таким чином, прийняті внутрішні блоки систем кондиціонування забезпечують покриття розрахункових навантажень приміщень у режимах охолодження та нагріву, а також мають резерв продуктивності для роботи будівлі при змінній кількості відвідувачів.

4.9 Підбір зовнішніх блоків системи кондиціонування

Підбір зовнішніх блоків системи кондиціонування типу VRF виконується після визначення розрахункових навантажень приміщень та підбору внутрішніх блоків. Зовнішні блоки забезпечують роботу холодильного контуру, зміну

витрати холодоагенту та передачу теплоти між внутрішніми блоками і зовнішнім повітрям.

У даній роботі зовнішні блоки приймаються для систем К1, К2, К3 та К4. Обладнання розміщується на покрівлі будівлі, що забезпечує можливість забору та викиду зовнішнього повітря, а також доступ для огляду і технічного обслуговування.

Підбір зовнішнього блока виконується за холодопродуктивністю та теплопродуктивністю. При цьому враховується сумарна потужність внутрішніх блоків, що підключаються до відповідної системи, а також змінний режим роботи приміщень громадської будівлі.

Умова підбору зовнішнього блока за режимом охолодження має вигляд:

$$Q_{х,зовн} \geq Q_{х,розр},$$

де $Q_{х,зовн}$ — холодопродуктивність зовнішнього блока, кВт; $Q_{х,розр}$ — розрахункове навантаження на охолодження для приміщень, які обслуговуються відповідною системою, кВт.

Перевірка зовнішнього блока за режимом нагріву виконується за умовою:

$$Q_{т,зовн} \geq Q_{т,розр},$$

де $Q_{т,зовн}$ — теплопродуктивність зовнішнього блока, кВт; $Q_{т,розр}$ — розрахункові тепловтрати приміщень, які обслуговуються відповідною системою, кВт.

Для VRF-систем також перевіряється коефіцієнт підключення внутрішніх блоків до зовнішнього блока. Для прийнятого обладнання його доцільно визначати за індексами типорозмірів внутрішніх і зовнішніх блоків:

$$К_{підкл} = \Sigma I_{вн} / I_{зовн} \cdot 100\ \%,$$

де $К_{підкл}$ — коефіцієнт підключення внутрішніх блоків, %; $\Sigma I_{вн}$ — сумарний індекс типорозмірів внутрішніх блоків системи; $I_{зовн}$ — індекс типорозміру зовнішнього блока.

Для прийнятого обладнання коефіцієнт підключення повинен знаходитись у допустимому виробником діапазоні. Це дозволяє підключати до одного

зовнішнього блока декілька внутрішніх блоків з урахуванням того, що всі приміщення не завжди працюють з максимальним навантаженням одночасно.

Результати перевірки зовнішніх блоків наведені в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10

Перевірка підбору зовнішніх блоків VRF-систем

Система	Кількість внутрішніх блоків, шт	ΣQх,вн, кВт	ΣQт,вн, кВт	Модель зовнішнього блока	Qх,зовн, кВт	Qт,зовн, кВт	ΣIвн	Кпідкл, %
К1	8	35,36	40,4	PUHY-P250YNW-A	26,15	30,7	321	128,4
К2	14	50,44	57,0	PUHY-P350YNW-A	40,0	45,0	452	129,1
К3	10	47,90	54,7	PUHY-P350YNW-A	40,0	45,0	434	124,0
К4	11	47,70	53,0	PUHY-P400YNW-A	45,0	50,0	424	106,0
Разом	43	181,40	205,1	—	151,15	170,7	1631	120,8

За результатами перевірки коефіцієнт підключення за індексами типорозмірів для систем К1–К4 знаходиться в допустимих межах. Для систем К1, К2 та К3 сумарний індекс внутрішніх блоків наближений до верхньої межі допустимого підключення, однак це допускається для VRF-систем з урахуванням змінного режиму роботи приміщень і того, що всі внутрішні блоки не завжди працюють з максимальною потужністю одночасно.

Сумарна встановлена холодопродуктивність зовнішніх блоків систем К1–К4 становить 151,15 кВт, а сумарна теплопродуктивність — 170,7 кВт. Прийняті зовнішні блоки забезпечують роботу внутрішніх блоків у режимах охолодження та нагріву.

При підборі зовнішніх блоків враховано змінний характер експлуатації будівлі. Центр надання адміністративних послуг належить до громадських

будівель, у яких кількість відвідувачів протягом робочого дня може суттєво змінюватися. У години найбільшого навантаження в приміщеннях одночасно можуть перебувати працівники та значна кількість відвідувачів, що збільшує теплонадходження від людей, освітлення та офісного обладнання.

У періоди меншої завантаженості потреба в холодопродуктивності або теплопродуктивності зменшується. Завдяки зміні витрати холодоагенту VRF-система може регулювати продуктивність відповідно до фактичного теплового навантаження приміщень.

Системи Х1, Х2 та К5 розглядаються як окремі автономні системи охолодження технологічних приміщень і серверної та не включаються до сумарної перевірки зовнішніх блоків VRF-систем К1–К4.

Отже, прийняті зовнішні блоки систем кондиціонування забезпечують необхідну продуктивність для роботи внутрішніх блоків, відповідають прийнятій структурі систем К1–К4 та можуть використовуватися для підтримання розрахункових параметрів мікроклімату в приміщеннях будівлі.

4.10 Система холодо- та теплопостачання VRF-системи

Система холодо- та теплопостачання VRF-системи призначена для передавання теплоти між зовнішніми та внутрішніми блоками системи кондиціонування. У даній роботі холодо- та теплопостачання не розглядається як окрема водяна система з чилером або котельним обладнанням. Передавання теплоти здійснюється безпосередньо за рахунок циркуляції холодоагенту між елементами VRF-системи.

У теплий період року система працює в режимі охолодження. У цьому режимі внутрішні блоки відбирають надлишкову теплоту з приміщень, а зовнішні блоки відводять її в зовнішнє повітря. У холодний період року система працює в режимі нагріву, при цьому зовнішні блоки відбирають низькопотенційну теплоту із зовнішнього повітря, а внутрішні блоки передають її в приміщення.

Як робоче середовище в системі прийнято холодоагент R410A. Циркуляція холодоагенту забезпечується компресорами зовнішніх блоків. Завдяки

інверторному регулюванню продуктивності компресорів VRF-система може змінювати свою потужність залежно від фактичного теплового навантаження приміщень.

Зовнішні блоки систем кондиціонування розміщуються на покрівлі будівлі. Таке розташування дозволяє забезпечити вільний забір і викид повітря, зменшити вплив обладнання на внутрішні приміщення та забезпечити доступ для технічного обслуговування. Блоки встановлюються на монтажних рамах або опорах із застосуванням віброзахисних елементів.

Внутрішні блоки підключаються до зовнішніх блоків за допомогою фреонових трубопроводів. Трубопроводи виконуються з мідних труб, призначених для холодильних систем. Діаметри трубопроводів приймаються залежно від холодо- та теплопродуктивності обладнання, довжини траси, кількості внутрішніх блоків і рекомендацій виробника обладнання.

Фреонові трубопроводи VRF-системи виконуються з мідних труб, призначених для роботи в холодильних системах. Для кожної системи передбачаються дві основні лінії: рідинна лінія та газова лінія. Умовно рідинний фреонопровід позначається як Фр, а газовий фреонопровід — як Фг.

Підбір діаметрів фреонових трубопроводів для VRF-системи виконується відповідно до технічних вимог виробника обладнання. На відміну від водяних систем опалення, діаметри фреонопроводів не визначаються звичайним гідравлічним розрахунком за витратою теплоносія. При підборі враховуються типорозмір зовнішнього блока, сумарна потужність підключених внутрішніх блоків, довжина траси, схема розгалуження трубопроводів, різниця висот між зовнішнім та внутрішніми блоками, а також тип холодоагенту.

Для систем кондиціонування прийнято холодоагент R410A. Діаметри фреонових трубопроводів прийняті відповідно до типорозмірів зовнішніх і внутрішніх блоків Mitsubishi Electric та схеми підключення обладнання.

Таблиця 4.11 — Прийняті діаметри магістральних фреонових трубопроводів

Система	Зовнішній блок	Рідинна лінія Фр, мм	Газова лінія Фг, мм	Холодоагент
К1	PUHY-P250YNW-A	12,7	28,6	R410A
К2	PUHY-P350YNW-A	12,7	28,6	R410A
К3	PUHY-P350YNW-A	12,7	28,6	R410A
К4	PUHY-P400YNW-A	12,7	28,6	R410A

Для підключення окремих внутрішніх блоків і розгалужень використовуються мідні труби менших діаметрів. Діаметри відгалужень залежать від потужності внутрішнього блока та його положення в системі. У проєкті застосовуються фреонопроводи таких діаметрів: 6,4 мм, 9,5 мм, 12,7 мм, 15,9 мм, 19,1 мм, 22,2 мм та 28,6 мм.

Таблиця 4.12 — Діаметри фреонових трубопроводів, прийняті для систем К1–К4

Система	Прийняті діаметри мідних фреонопроводів, мм
К1	6,4; 9,5; 12,7; 15,9; 22,2; 28,6
К2	6,4; 9,5; 12,7; 15,9; 22,2; 28,6
К3	6,4; 9,5; 12,7; 15,9; 19,1; 22,2; 28,6
К4	6,4; 9,5; 12,7; 15,9; 19,1; 22,2; 28,6

Прокладання фреонових трубопроводів виконується з урахуванням мінімальної кількості поворотів, можливості доступу до розгалужувачів та необхідності подальшого обслуговування системи. Розгалуження фреонових ліній виконуються за допомогою спеціальних розгалужувачів потоків, призначених для VRF-систем.

Для забезпечення надійної роботи системи необхідно дотримуватися допустимих довжин трас і перепадів висот, установлених виробником обладнання. Після монтажу фреонопроводів виконується перевірка герметичності, вакуумування системи та дозаправка холодоагентом у разі необхідності.

Таким чином, прийняті діаметри фреонових трубопроводів забезпечують підключення внутрішніх блоків до зовнішніх блоків систем К1–К4 та відповідають прийнятій схемі холодо- і теплопостачання VRF-системи.

Фреонові трубопроводи прокладаються в міжстельовому просторі, технічних зонах, шахтах та інших місцях, доступних для монтажу і подальшого обслуговування. При прокладанні трас необхідно дотримуватися допустимих довжин трубопроводів, перепадів висот між зовнішніми та внутрішніми блоками, а також вимог щодо повернення мастила до компресорів.

Для зменшення теплових втрат, запобігання утворенню конденсату та захисту трубопроводів від зовнішніх впливів фреонові трубопроводи ізолюються теплоізоляцією типу K-Flex. Товщина теплоізоляції приймається залежно від діаметра трубопроводу, умов прокладання та температурного режиму роботи системи.

Таблиця 4.14

Основні характеристики системи холодо- та теплопостачання VRF-системи

Показник	Прийняте рішення
Тип системи	VRF-система кондиціонування з режимами охолодження та нагріву
Робоче середовище	Холодоагент R410A
Розміщення зовнішніх блоків	На покрівлі будівлі
Тип внутрішніх блоків	Внутрішні блоки системи кондиціонування, розміщені в обслуговуваних приміщеннях
Матеріал фреонових трубопроводів	Мідні труби для холодильних систем
Теплоізоляція трубопроводів	Ізоляція типу K-Flex
Призначення системи в теплий період	Відведення надлишкової теплоти з приміщень
Призначення системи в холодний період	Компенсація тепловтрат приміщень у режимі нагріву

Монтаж фреонових трубопроводів виконується з урахуванням вимог до герметичності холодильного контуру. З’єднання трубопроводів повинні забезпечувати надійну роботу системи при робочому тиску холодоагенту. Після завершення монтажу виконується перевірка герметичності, вакуумування системи та заправлення необхідною кількістю холодоагенту.

У місцях проходу трубопроводів через будівельні конструкції передбачаються гільзи. Простір між трубопроводом та гільзою заповнюється еластичним негорючим матеріалом. Це дозволяє захистити трубопроводи від механічних пошкоджень і забезпечити можливість температурних деформацій.

Прийнята система холодо- та теплопостачання забезпечує роботу внутрішніх блоків у режимах охолодження та нагріву, дозволяє регулювати продуктивність залежно від фактичного навантаження приміщень і забезпечує підтримання комфортних параметрів мікроклімату протягом року.

4.11 Дренаж конденсату від внутрішніх блоків

Під час роботи системи кондиціонування типу VRF у режимі охолодження на теплообмінниках внутрішніх блоків утворюється конденсат. Для його організованого відведення передбачається система дренажних трубопроводів. Відведення конденсату є необхідною умовою надійної роботи внутрішніх блоків, а також запобігає зволоженню будівельних конструкцій і пошкодженню оздоблення приміщень.

Дренажні трубопроводи прокладаються від внутрішніх блоків до найближчих точок відведення конденсату. Трубопроводи приймаються пластиковими, оскільки вони мають достатню корозійну стійкість, невелику масу та зручні під час монтажу. Для запобігання утворенню конденсату на зовнішній поверхні трубопроводи ізолюються теплоізоляцією типу K-Flex.

Відведення конденсату від внутрішніх блоків виконується переважно самопливом. Для цього дренажні трубопроводи прокладаються з ухилом у напрямку руху конденсату. Мінімальний ухил дренажних трубопроводів приймається 0,02, тобто 20 мм на 1 м довжини трубопроводу.

Ухил дренажного трубопроводу визначається за формулою:

$i = \Delta h / l,$

де i — ухил дренажного трубопроводу; Δh — різниця відміток початку і кінця ділянки трубопроводу, м; L — довжина ділянки трубопроводу, м.

Необхідна різниця відміток для забезпечення прийнятого ухилу визначається за формулою:

$\Delta h = i \cdot l,$

Наприклад, для ділянки дренажного трубопроводу довжиною 5 м при ухилі 0,02 необхідна різниця відміток становить:

$\Delta h = 0{,}02 \cdot 5 = 0{,}10$ м.

У місцях, де неможливо забезпечити самопливне відведення конденсату, допускається застосування дренажних помп, якщо це передбачено конструкцією внутрішнього блока. При цьому необхідно забезпечити доступ до помпи для обслуговування та перевірки її роботи.

Підключення дренажних трубопроводів до системи водовідведення виконується таким чином, щоб не допустити потрапляння запахів з каналізаційної мережі до приміщень. Для цього передбачається гідрозатвор або повітряний розрив у місці приєднання. Також необхідно передбачати можливість очищення дренажної мережі у процесі експлуатації.

Основні прийняті рішення щодо дренажу конденсату наведені в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13

Основні рішення щодо дренажу конденсату

Показник	Прийняте рішення
Призначення системи	Відведення конденсату від внутрішніх блоків VRF-системи
Матеріал трубопроводів	Пластикові трубопроводи
Теплоізоляція	Теплоізоляція типу K-Flex
Спосіб відведення	Переважно самопливом у напрямку точок водовідведення
Мінімальний ухил	i = 0,02
Підключення до водовідведення	Через гідрозатвор або повітряний розрив
Обслуговування	Передбачення доступу для огляду та очищення дренажної мережі

Таким чином, прийнята система дренажу забезпечує організоване відведення конденсату від внутрішніх блоків VRF-системи, запобігає зволоженню будівельних конструкцій і забезпечує нормальну експлуатацію системи кондиціонування в режимі охолодження.

РОЗДІЛ 5
СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ

5.1 Загальні відомості про систему вентиляції

Система вентиляції центру надання адміністративних послуг призначена для забезпечення необхідного повітрообміну в приміщеннях будівлі, подачі зовнішнього повітря та видалення забрудненого повітря. Правильно організована вентиляція дозволяє підтримувати санітарно-гігієнічні умови в приміщеннях, у яких перебувають працівники та відвідувачі.

У будівлі передбачається механічна вентиляція. Такий тип вентиляції дозволяє незалежно від погодних умов забезпечувати подачу розрахункової кількості зовнішнього повітря, його попередню обробку та організоване видалення витяжного повітря. Природна вентиляція не розглядається як основна, оскільки вона не забезпечує стабільного повітрообміну для громадської будівлі.

Для основних приміщень прийнято припливно-витяжні системи вентиляції. Вони обслуговують робочі кабінети, приміщення прийому відвідувачів, холи, зони очікування та інші приміщення з перебуванням людей. Припливне повітря подається після очищення у фільтрах і, за потреби, температурної обробки в припливно-витяжних установках.

Видалення повітря з приміщень здійснюється витяжними системами. Для санітарних вузлів, технічних і допоміжних приміщень передбачаються окремі витяжні системи, що дозволяє запобігти поширенню запахів і забрудненого повітря в робочі та громадські зони будівлі.

Організація повітрообміну приймається таким чином, щоб повітря рухалося від приміщень з більш чистим повітрям до приміщень з можливим забрудненням. Такий принцип дозволяє підтримувати належну якість внутрішнього повітря та забезпечувати комфортні умови перебування людей.

Система вентиляції працює разом із системою кондиціонування типу VRF, але виконує іншу функцію. VRF-система забезпечує охолодження або нагрів повітря в приміщеннях, а вентиляція забезпечує подачу свіжого зовнішнього повітря та видалення відпрацьованого повітря. Тому при розрахунках ці системи розглядаються взаємопов’язано, але їхні функції не дублюються.

Повітроводи систем вентиляції виконуються з оцинкованої сталі. Прокладання повітроводів передбачається в міжстельовому просторі, технічних зонах та шахтах. Розміщення повітроводів і обладнання приймається з урахуванням можливості монтажу, обслуговування, очищення та ремонту елементів системи.

Для подачі та видалення повітря застосовуються повітророзподільні пристрої, решітки, дифузори, клапани та інші елементи вентиляційної мережі. Підбір цих елементів виконується з урахуванням розрахункових витрат повітря, допустимих швидкостей у повітроводах, рівня шуму та зручності експлуатації.

Основними завданнями розрахунку системи вентиляції є визначення необхідних повітрообмінів у приміщеннях, складання балансу припливного та витяжного повітря, виконання аеродинамічного розрахунку повітроводів, підбір повітророзподільників і вентиляційного обладнання.

Таблиця 5.1 – Основні рішення щодо системи вентиляції

Показник	Прийняте рішення
Тип вентиляції	Механічна припливно-витяжна та витяжна
Основні приміщення	Подача зовнішнього та видалення відпрацьованого повітря
Санітарні вузли	Окремі витяжні системи
Технічні приміщення	Витяжна вентиляція за призначенням
Матеріал повітроводів	Оцинкована сталь
Обладнання	Технічні зони будівлі та покрівля
Зв’язок з VRF	Вентиляція забезпечує повітрообмін, VRF - нагрів або охолодження

5.2 Вихідні дані для розрахунку системи вентиляції

Вихідні дані для розрахунку системи вентиляції приймаються з урахуванням призначення будівлі, режиму її роботи, кількості людей у приміщеннях, параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря, а також прийнятих проєктних рішень щодо розміщення вентиляційного обладнання.

Центр надання адміністративних послуг є громадською будівлею з приміщеннями постійного та тимчасового перебування людей. До основних приміщень належать робочі кабінети, приміщення прийому відвідувачів, зони очікування, холи та допоміжні приміщення. Окремо розглядаються санітарні вузли, технічні приміщення та приміщення допоміжного призначення.

Для будівлі прийнята механічна вентиляція. Для основних приміщень передбачаються припливно-витяжні системи, які забезпечують подачу зовнішнього повітря та видалення відпрацьованого повітря. Для санітарних вузлів і технічних приміщень передбачаються окремі витяжні системи.

Розрахунок повітрообміну виконується для забезпечення необхідної якості внутрішнього повітря, видалення надлишкової теплоти, вологи, вуглекислого газу та інших забруднень, що утворюються під час перебування людей у приміщеннях. Для приміщень з постійним перебуванням людей витрата припливного повітря визначається залежно від кількості людей і призначення приміщення. Для санітарних вузлів приймається витяжний повітрообмін.

Основні вихідні дані для розрахунку системи вентиляції наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Основні вихідні дані для розрахунку вентиляції

Показник	Прийняте значення
Район будівництва	м. Київ
Призначення будівлі	центр надання адміністративних послуг
Тип вентиляції	механічна припливно-витяжна та витяжна
Розрахункова температура зовнішнього повітря в холодний період року	−22 °С
Розрахункова температура зовнішнього повітря в теплий період року	+33 °С
Температура повітря в основних приміщеннях у холодний період року	+20 °С
Температура повітря в основних приміщеннях у теплий період року	+24 °С
Розрахункова висота приміщень	3,3 м
Матеріал повітроводів	оцинкована сталь

Параметри внутрішнього повітря приймаються залежно від призначення приміщень. Для робочих кабінетів і приміщень прийому відвідувачів необхідно забезпечити комфортні умови перебування людей протягом робочого дня. Для санітарних вузлів основним завданням вентиляції є видалення забрудненого повітря та запахів. Для технічних приміщень повітрообмін приймається з урахуванням їх функціонального призначення.

Вихідні параметри за групами приміщень наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Вихідні параметри за групами приміщень

Група приміщень	Температура в холодний період, °С	Температура в теплий період, °С	Основний принцип визначення повітрообміну
Робочі кабінети	20	24	за кількістю людей і призначенням приміщення
Приміщення прийому відвідувачів	20	24	за кількістю людей і розрахунковим режимом роботи
Холи та зони очікування	18	24	за кількістю людей та балансом припливного і витяжного повітря
Санітарні вузли	18	—	за витяжним повітрообміном
Технічні приміщення	16	—	за призначенням приміщення та необхідністю видалення забрудненого повітря

У будівлі передбачаються припливно-витяжні системи для основних приміщень та окремі витяжні системи для санітарних вузлів і технічних приміщень. Таке рішення дозволяє забезпечити подачу свіжого повітря до приміщень з перебуванням людей і видалення повітря з приміщень, у яких можливе утворення запахів або забруднень.

Прийняті системи вентиляції наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Прийняті системи вентиляції

Позначення системи	Тип системи	Призначення системи
П2В2	припливно-витяжна	обслуговування основних адміністративних і громадських приміщень
П3В3	припливно-витяжна	обслуговування окремої групи основних приміщень будівлі
В1, В5–В11	витяжні	видалення повітря із санітарних вузлів, технічних і допоміжних приміщень

Повітроводи систем вентиляції приймаються з оцинкованої сталі. Прокладання повітроводів передбачається в міжстельовому просторі, вентиляційних шахтах та технічних зонах будівлі. Розміщення повітрозабірних і повітровикидних пристроїв приймається з урахуванням санітарних, протипожежних та експлуатаційних вимог.

Для подальшого розрахунку системи вентиляції вихідними даними є площа та об’єм приміщень, кількість людей, призначення приміщень, розрахункові температури внутрішнього і зовнішнього повітря, а також прийняті схеми організації припливу та витяжки. На основі цих даних у наступному пункті виконується розрахунок повітрообмінів у приміщеннях.

5.3 Розрахунок повітрообмінів у приміщеннях

Розрахунок повітрообміну виконується для визначення кількості припливного та витяжного повітря, необхідного для забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях центру надання адміністративних послуг. Основними факторами, що впливають на величину повітрообміну, є кількість людей у приміщенні, його площа, об’єм, функціональне призначення та наявність джерел забруднення повітря.

Для робочих кабінетів, приміщень прийому відвідувачів, холів і зон очікування повітрообмін визначається за кількістю людей та перевіряється за кратністю повітрообміну. Для санітарних вузлів і технічних приміщень приймається витяжна вентиляція з урахуванням призначення приміщення та встановленого вентиляційного обладнання.

Розрахункова витрата припливного повітря за кількістю людей визначається за формулою:

$$Lл = N \cdot l1, м^3/год$$

де L_l — витрата повітря за кількістю людей, м³/год; N — кількість людей у приміщенні, осіб; l_1 — питома витрата зовнішнього повітря на одну людину, м³/(год·особу).

Витрата повітря за кратністю повітрообміну визначається за формулою:

$$Ln = n \cdot V = n \cdot F \cdot h, м^3/год$$

де L_n — витрата повітря за кратністю повітрообміну, м³/год; n — кратність повітрообміну, год⁻¹; V — об’єм приміщення, м³; F — площа приміщення, м²; h — висота приміщення, м.

Розрахункова витрата повітря для приміщення приймається за більшим із двох значень:

$$L = max(Lл; Ln), м^3/год$$

Для санітарних вузлів витяжна витрата повітря визначається за кількістю встановлених санітарних приладів або за прийнятою витратою витяжного вентилятора:

$$Lв = m \cdot L1, м^3/год$$

де L_v — витрата витяжного повітря, м³/год; m — кількість санітарних приладів або витяжних точок; L_1 — витрата повітря від однієї витяжної точки, м³/год.

Для основних приміщень з перебуванням людей приймається питома витрата зовнішнього повітря 60 м³/(год·особу). Для перевірки за кратністю повітрообміну приймається не менше одного повітрообміну за годину для робочих та адміністративних приміщень. Висота приміщень для розрахунку приймається 3,3 м.

Приклад розрахунку наведено для приміщення 102. Площа приміщення приймається F = 129,45 м², висота h = 3,3 м, кількість людей N = 20 осіб.

$$Lл = 20 \cdot 60 = 1200 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$V = F \cdot h = 129,45 \cdot 3,3 = 427,19 \text{ м}^3;$$

$$Ln = 1 \cdot 427,19 = 427,19 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$L = \max(1200; 427,19) = 1200 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отже, для приміщення 102 розрахункова витрата припливного повітря приймається 1200 м³/год. Видалення повітря з приміщення виконується через витяжну частину припливно-витяжної системи та перетікання до суміжних приміщень залежно від прийнятої схеми руху повітря.

Розрахунок повітрообмінів для основних груп приміщень наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Розрахункові повітрообміни за групами приміщень

Група приміщень	Прийнятий спосіб визначення повітрообміну	Приплив, м³/год	Витяжка, м³/год	Система
Робочі кабінети, приміщення прийому відвідувачів, холи 1–3 поверхів	За кількістю людей з перевіркою за кратністю	7880	7300	П2В2
Робочі та адміністративні приміщення верхнього поверху	За кількістю людей з перевіркою за кратністю	2500	2300	П3В3
Технічні та допоміжні приміщення підвального поверху	За призначенням приміщень та прийнятою витяжною витратою	—	850	В1
Санітарні вузли та побутові приміщення	За витяжними точками та прийнятими вентиляторами	—	1050	В5–В10
Технічне приміщення	За призначенням приміщення та прийнятою витяжною витратою	—	620	В11

Загальна витрата припливного повітря для припливно-витяжних систем визначається як сума витрат по системах П2В2 та П3В3:

$$L_{пр} = L_{П2В2,пр} + L_{П3В3,пр} = 7880 + 2500 = 10380 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Загальна витрата витяжного повітря через припливно-витяжні установки становить:

$$L_{вит,ПВ} = L_{П2В2,вит} + L_{П3В3,вит} = 7300 + 2300 = 9600 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Додаткова витяжка з санітарних вузлів і технічних приміщень визначається за прийнятими витяжними системами:

$$L_{вит,дод} = L_{В1} + L_{В5–В10} + L_{В11} = 850 + 1050 + 620 = 2520 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Загальна механічна витяжка з будівлі становить:

$$L_{вит} = L_{вит,ПВ} + L_{вит,дод} = 9600 + 2520 = 12120 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Повітря, що видаляється локальними витяжними системами з санітарних вузлів і технічних приміщень, компенсується перетіканням із суміжних приміщень, коридорів і холів. Така організація повітрообміну забезпечує рух повітря від приміщень з більш чистим повітрям до приміщень з можливим забрудненням, що запобігає поширенню запахів у робочі та громадські зони.

Прийняті витрати повітря узгоджуються з продуктивністю обладнання систем П2В2, П3В3, В1, В5–В10 та В11. Надалі отримані значення використовуються для складання балансу повітря по будівлі, аеродинамічного розрахунку повітроводів і підбору вентиляційного обладнання.

5.4 Баланс повітря у будівлі

Баланс повітря у будівлі складається для перевірки відповідності між кількістю припливного та витяжного повітря. Він необхідний для правильного розподілу повітря між приміщеннями, організації перетікання повітря та забезпечення потрібного напрямку його руху. Для громадських будівель важливо не тільки забезпечити загальну витрату повітря, а й правильно розподілити його між приміщеннями з різним функціональним призначенням.

У будівлі центру надання адміністративних послуг приплив зовнішнього повітря забезпечується припливно-витяжними системами П2В2 та П3В3.

Видалення повітря виконується витяжними частинами цих систем, а також окремими витяжними системами В1, В5–В10 та В11. Таке рішення прийняте через наявність санітарних вузлів, технічних і допоміжних приміщень, з яких повітря необхідно видаляти окремо.

Для основних приміщень з перебуванням людей приймається механічна припливно-витяжна вентиляція. До таких приміщень належать робочі кабінети, зони очікування, холи та приміщення прийому відвідувачів. Для санітарних вузлів і технічних приміщень передбачаються окремі витяжні системи. Повітря до цих приміщень надходить шляхом перетікання з суміжних приміщень і коридорів через дверні прорізи, зазори під дверима або перетічні решітки.

Загальна витрата припливного повітря визначається за формулою:

$L_{пр} = L_{П2В2,пр} + L_{П3В3,пр}$

$L_{пр} = 7880 + 2500 = 10380$ м³/год

Витрата витяжного повітря, що видаляється через припливно-витяжні установки, становить:

$L_{вит,ПВ} = L_{П2В2,вит} + L_{П3В3,вит}$

$L_{вит,ПВ} = 7300 + 2300 = 9600$ м³/год

Додаткова витяжка з технічних приміщень, санітарних вузлів і побутових приміщень визначається за формулою:

$L_{вит,дод} = L_{В1} + L_{В5–В10} + L_{В11}$

$L_{вит,дод} = 850 + 1050 + 620 = 2520$ м³/год

Загальна витрата витяжного повітря з будівлі становить:

$L_{вит} = L_{вит,ПВ} + L_{вит,дод}$

$L_{вит} = 9600 + 2520 = 12120$ м³/год

Різниця між припливним і витяжним повітрям визначається за формулою:

$\Delta L = L_{пр} - L_{вит}$

$\Delta L = 10380 - 12120 = -1740$ м³/год

Отримане від’ємне значення показує, що витрата витяжного повітря перевищує витрату припливного на 1740 м³/год. Частка дисбалансу відносно загальної витяжної витрати становить:

$\varepsilon = |\Delta L| / L_{вит} \cdot 100\ \%$

$\varepsilon = 1740 / 12120 \cdot 100 = 14{,}4\ \%$

Результати складання балансу повітря по системах наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6

Баланс повітря по вентиляційних системах

Система	Приплив, м³/год	Витяжка, м³/год	Баланс, м³/год	Примітка
П2В2	7880	7300	+580	Припливно-витяжна система основних приміщень
П3В3	2500	2300	+200	Припливно-витяжна система верхнього поверху
В1	—	850	−850	Витяжка з технічних та допоміжних приміщень
В5–В10	—	1050	−1050	Витяжка з санітарних вузлів та побутових приміщень
В11	—	620	−620	Витяжка з технічного приміщення
Разом	10380	12120	−1740	Загальний баланс по будівлі

За результатами розрахунку витяжка у будівлі перевищує приплив. Таке перевищення виникає за рахунок роботи окремих витяжних систем санітарних вузлів, побутових і технічних приміщень. Ці приміщення не повинні передавати запахи та забруднене повітря в робочі кабінети, холи та зони очікування, тому для них приймається перевага витяжки. Завдяки цьому повітря рухається від більш чистих зон до приміщень із можливим забрудненням.

Дисбаланс у 1740 м³/год не є результатом помилки підбору обладнання, а пояснюється прийнятою схемою організації повітрообміну. Припливне повітря подається до основних приміщень з перебуванням людей, після чого частина повітря перетікає через коридори та дверні прорізи до санітарних і технічних приміщень. Саме з цих приміщень повітря видаляється окремими витяжними

системами. Тому баланс не розглядається окремо по кожному приміщенню як рівність припливу та витяжки, а складається з урахуванням перетікання повітря між зонами будівлі.

Крім того, центр надання адміністративних послуг має змінний режим експлуатації. Протягом робочого дня кількість відвідувачів може суттєво змінюватися: у години найбільшого навантаження в будівлі перебуває більше людей, частіше відкриваються вхідні двері, збільшується рух повітря через вхідні групи та коридори. Через це фактичний повітряний режим будівлі не є постійним. Частина повітря може надходити неорганізовано під час відкривання дверей, а також через вхідні зони, що частково компенсує перевищення витяжки над припливом у періоди активного користування будівлею.

Основні фактори, які впливають на фактичний баланс повітря в будівлі, наведені в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7

Фактори, що впливають на фактичний повітряний баланс будівлі

Фактор	Вплив на повітряний баланс
Змінна кількість відвідувачів	Змінюється потреба у свіжому повітрі та інтенсивність руху людей у будівлі
Робота окремих витяжних систем	Забезпечується видалення повітря із санітарних вузлів і технічних приміщень
Перетікання повітря між приміщеннями	Повітря рухається з чистих зон до приміщень із витяжкою
Відкривання вхідних дверей	Виникає додатковий неорганізований приплив зовнішнього повітря
Пусконалагоджувальні роботи	Витрати повітря можуть уточнюватися регулюванням клапанів і решіток

Повністю вирівнювати приплив і витяжку за рахунок зменшення витяжки із санітарних вузлів та технічних приміщень недоцільно, оскільки це може призвести до поширення запахів і забрудненого повітря в основні приміщення. Також недоцільно без потреби збільшувати припливне повітря, оскільки це призведе до збільшення витрат енергії на його нагрівання або охолодження у вентиляційних установках.

Для уникнення надмірного розрідження в будівлі передбачається вільне перетікання повітря між приміщеннями через дверні прорізи, зазори під дверима або перетічні решітки. Остаточне уточнення фактичних витрат повітря виконується під час пусконалагоджувальних робіт шляхом регулювання повітряних клапанів, решіток і дифузорів.

Таким чином, прийнятий баланс повітря забезпечує необхідний повітрообмін у приміщеннях, правильний напрямок руху повітря та узгоджується з прийнятими продуктивностями вентиляційних систем П2В2, П3В3, В1, В5–В10 і В11. Незначне перевищення витяжного повітря над припливним пояснюється роботою окремих витяжних систем та змінним режимом експлуатації громадської будівлі.

5.5 Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції

Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції виконується для визначення розмірів повітроводів, швидкості руху повітря та втрат тиску на окремих ділянках мережі. За результатами розрахунку перевіряється можливість роботи підібраного вентиляційного обладнання з урахуванням опору повітроводів, фасонних елементів, повітророзподільників, клапанів та інших елементів системи.

Розрахунок виконано для припливно-витяжних систем П2В2 і П3В3, а також для окремих витяжних систем В1, В5–В11. Для основних припливно-витяжних систем окремо розраховуються припливні та витяжні ділянки. Спочатку приймається магістральний напрямок руху повітря, після чого розглядаються відгалуження до повітророзподільників або витяжних решіток.

Нумерація ділянок прийнята за ходом руху повітря. Для магістралі застосовується послідовна нумерація 1–2, 2–3, 3–4 тощо. Для відгалужень перша

цифра відповідає вузлу, від якого відходить ділянка, а друга цифра є номером кінцевого вузла відгалуження, наприклад 3–9, 4–10, 5–11. Такий спосіб нумерації дозволяє відокремити магістральні ділянки від відгалужень і зробити розрахунок більш зручним для перевірки.

Розміри повітроводів приймаються такими, щоб швидкість руху повітря знаходилася в допустимих межах і не спричиняла підвищеного шуму. Для магістральних ділянок припливних і витяжних систем приймаються прямокутні повітроводи великих перерізів. Для підключення повітророзподільників, санітарних вузлів і окремих витяжних вентиляторів використовуються прямокутні та круглі повітроводи менших діаметрів.

Основні розрахункові залежності мають вигляд:

Площа перерізу прямокутного повітроводу: $F = a \cdot b$

Площа перерізу круглого повітроводу: $F = \pi \cdot d^2 / 4$

Швидкість руху повітря: $v = L / (3600 \cdot F)$

Еквівалентний діаметр прямокутного повітроводу: $d_{екв} = 2 \cdot a \cdot b / (a + b)$

Динамічний тиск: $Pv = \rho \cdot v^2 / 2$

Питомі втрати тиску на тертя: $R = \lambda \cdot Pv / d_{екв}$

Втрати тиску на тертя: $\Delta P_{тр} = R \cdot l$

Місцеві втрати тиску: $\Delta P_{м} = \Sigma\zeta \cdot Pv$

Повні втрати тиску на ділянці: $\Delta P_{діл} = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м}$

де L — витрата повітря, м³/год; F — площа поперечного перерізу повітроводу, м²; a і b — сторони прямокутного повітроводу, м; d — діаметр круглого повітроводу, м; v — швидкість руху повітря, м/с; ρ — густина повітря, кг/м³; λ — коефіцієнт опору тертя; l — довжина ділянки, м; Σζ — сума коефіцієнтів місцевих опорів.

Як приклад наведено розрахунок магістральної ділянки 1–2 припливної частини системи П2. Витрата повітря на ділянці становить L = 7880 м³/год.

Розрахунковий розмір повітроводу — 1100×600 мм. Площа перерізу становить:

$F = 1{,}10 \cdot 0{,}60 = 0{,}66$ м²;

$v = 7880 / (3600 \cdot 0{,}66) = 3{,}32$ м/с;

$d_{екв} = 2 \cdot 1{,}10 \cdot 0{,}60 / (1{,}10 + 0{,}60) = 0{,}78$ м;

$Pv = 0{,}6 \cdot 3{,}32^2 = 6{,}60$ Па.

$$R = \lambda \cdot Pv / d_{екв} = 0{,}025 \cdot 6{,}60 / 0{,}78 = 0{,}21 \text{ Па/м};$$

$$\Delta P_{тр} = R \cdot l = 0{,}21 \cdot 2{,}0 = 0{,}42 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{м} = \Sigma\zeta \cdot Pv = 3{,}20 \cdot 6{,}60 = 21{,}12 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{діл} = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м} = 0{,}42 + 21{,}12 = 21{,}54 \text{ Па}.$$

Аналогічно виконано розрахунок інших ділянок систем вентиляції. Підсумкові втрати тиску визначаються за найбільш несприятливим напрямком руху повітря для кожної системи.

Підсумкові результати аеродинамічного розрахунку наведені в таблиці 5.8.

Система	Розрахункова витрата, м³/год	Витрата вентилятора, м³/год	Зовнішній тиск вентилятора, Па	Розрахункові втрати, Па	Висновок
П2 приплив	7880	8000	400	78,7	підходить
В2 витяжка	7300	7300	400	69,4	підходить
П3 приплив	2500	2500	300	73,2	підходить
В3 витяжка	2300	2300	300	92,8	підходить
В1	850	850	200	114,0	підходить
В11	620	620	270	24,4	підходить
В5–В10	1050	1050	96	76,4	підходить

За результатами розрахунку втрати тиску у повітропроводах не перевищують зовнішній статичний тиск підібраних вентиляторів. Отже, обрані перерізи повітроводів забезпечують подачу та видалення необхідної кількості повітря для систем П2В2, П3В3, В1, В5–В11.

Повна таблиця аеродинамічного розрахунку з розбивкою на магістральні ділянки та відгалуження наведена в додатку. У додатку для кожної ділянки вказані витрата повітря, розмір повітроводу, площа перерізу, швидкість руху повітря, еквівалентний діаметр, довжина ділянки, коефіцієнти місцевих опорів та втрати тиску.

5.6 Підбір повітророзподільників

Підбір повітророзподільників виконується для забезпечення рівномірної подачі припливного повітря до приміщень та організованого видалення витяжного повітря. При цьому необхідно забезпечити потрібну витрату повітря, допустиму швидкість повітря в робочій зоні, відсутність відчутних протягів і прийнятний рівень шуму.

У приміщеннях центру надання адміністративних послуг передбачається застосування стельових повітророзподільних плафонів, припливних та витяжних решіток з адаптерами, а також щілинних решіток у зонах із більшими витратами повітря. Для санітарних вузлів і технічних приміщень видалення повітря здійснюється через витяжні пристрої та окремі витяжні системи.

Кількість повітророзподільників у приміщенні визначається залежно від розрахункової витрати повітря та допустимої витрати через один повітророзподільник. Для приміщень з постійним перебуванням людей приймається таке розміщення пристроїв, щоб повітря рівномірно розподілялося по площі приміщення та не створювало зон із підвищеною швидкістю руху повітря.

Розрахункова витрата повітря через один повітророзподільник визначається за формулою:

$L_1 = Lпр / n,$

де L_1 — витрата повітря через один повітророзподільник, м³/год; Lпр — розрахункова витрата повітря для приміщення, м³/год; n — кількість повітророзподільників у приміщенні.

Швидкість повітря у живому перерізі повітророзподільника визначається за формулою:

$v_0 = L_1 / (3600 \cdot Fж),$

де v_0 — швидкість повітря у живому перерізі, м/с; Fж — жива площа повітророзподільника, м².

Втрати тиску на повітророзподільнику визначаються за формулою:

$\Delta p = \xi \cdot \rho \cdot v_0^2 / 2,$

де Δp — втрати тиску на повітророзподільнику, Па; ξ — коефіцієнт місцевого опору; ρ — густина повітря, кг/м³.

Для прикладу виконується перевірка припливного повітророзподільника для приміщення з розрахунковою витратою припливного повітря 800 м³/год. У приміщенні приймаються два стельові плафони з адаптером. Витрата повітря через один плафон становить:

$L_1 = 800 / 2 = 400$ м³/год.

При живій площі одного повітророзподільника Fж = 0,055 м² швидкість повітря у живому перерізі становить:

$v_0 = 400 / (3600 \cdot 0{,}055) = 2{,}02$ м/с.

При коефіцієнті місцевого опору $\xi = 2{,}0$ та густині повітря $\rho = 1{,}2$ кг/м³ втрати тиску на одному повітророзподільнику становлять:

$\Delta p = 2{,}0 \cdot 1{,}2 \cdot 2{,}02^2 / 2 = 4{,}9$ Па.

Отримана швидкість повітря знаходиться в допустимих межах для припливних пристроїв громадських будівель і не створює умов для виникнення протягів у робочій зоні.

Основні типи повітророзподільних і повітровидалювальних пристроїв, прийняті для систем вентиляції, наведені в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9

Прийняті повітророзподільники та повітровидалювальні пристрої

Група приміщень	Тип пристрою	Прийняті розміри	Орієнтовна витрата через один пристрій, м³/год	Призначення
Робочі кабінети, приміщення прийому відвідувачів	Стельовий повітророзподільний плафон з адаптером	Пл.225×225; Пл.350×350; Пл.400×400; Пл.450×450	180–400	Подача припливного повітря
Кабінети та допоміжні приміщення	Припливна або витяжна решітка з адаптером	Р300×100; Р400×150; Р500×150; Р800×150; Р1000×150	150–350	Подача або видалення повітря
Холи, зони очікування, приміщення з підвищеною витратою повітря	Решітка з адаптером	Р1200×150; Р1400×150; Р1600×150; Р2000×150; Р2500×150	900–1200	Подача повітря великим фронтом
Холи та відкриті зони	Щілинна решітка	2-щілинна та 4 щілинна решітка, l = 1000–2000 мм	250–800	Рівномірна подача повітря вздовж зони обслуговування

Основні витяжні ділянки	Повітровикидна решітка з адаптером	Р400×250	350–500	Видалення витяжного повітря
Санітарні вузли та технічні приміщення	Витяжні решітки, круглі витяжні пристрої та стельові вентилятори	Ø100; Ø125; Ø160; Ø200; Ø250	75–620	Місцеве видалення забрудненого повітря

У таблиці використано такі позначення: Пл. — стельовий повітророзподільний плафон з адаптером; Р — решітка з адаптером або повітровидалювальна решітка; Ø — діаметр круглого підключення. Конкретний типорозмір пристрою приймається залежно від розрахункової витрати повітря на ділянці та допустимої швидкості виходу повітря.

Підбір повітророзподільників виконується з урахуванням розміщення робочих місць, зон очікування, напрямку руху повітря та можливості прихованого прокладання повітроводів у міжстельовому просторі. У приміщеннях з перебуванням людей припливні пристрої розташовуються таким чином, щоб струмини повітря не були спрямовані безпосередньо в робочу зону.

Для витяжних систем повітровидалювальні пристрої розміщуються у верхній зоні приміщень або в місцях найбільшого забруднення повітря. У санітарних вузлах і технічних приміщеннях передбачається перевага витяжки, що забезпечує напрямок руху повітря від більш чистих приміщень до приміщень із можливим забрудненням.

За результатами підбору прийняті повітророзподільники забезпечують необхідні витрати припливного та витяжного повітря, допустимі швидкості руху повітря у живому перерізі та рівномірний розподіл повітря в обслуговуваних приміщеннях.

5.7 Підбір вентиляційного обладнання

Підбір вентиляційного обладнання виконується після визначення розрахункових повітрообмінів та виконання аеродинамічного розрахунку мережі повітроводів. Основними параметрами для вибору обладнання є витрата повітря, необхідний зовнішній статичний тиск, призначення системи, рівень шуму, можливість очищення, нагріву або охолодження припливного повітря, а також зручність монтажу та подальшого обслуговування.

Для основних приміщень будівлі приймаються припливно-витяжні установки, які забезпечують подачу зовнішнього повітря та видалення відпрацьованого повітря. Установки комплектуються припливною та витяжною секціями, вентиляторами, фільтрами, теплообмінними елементами, повітряними клапанами, гнучкими вставками та системою автоматичного керування. Для санітарних вузлів і технічних приміщень приймаються окремі витяжні вентилятори.

Підбір обладнання виконується з умови, що продуктивність вентилятора або вентиляційної установки повинна бути не меншою за розрахункову витрату повітря відповідної системи:

$L_{обл} \geq L_{розр}$,

де $L_{обл}$ — продуктивність вентиляційного обладнання, м³/год; $L_{розр}$ — розрахункова витрата повітря системи, м³/год.

Також обладнання повинно забезпечувати необхідний тиск для подолання опору мережі повітроводів, фасонних частин, повітророзподільників, клапанів, шумоглушників та фільтрів:

$P_{обл} \geq \Delta P_{мер}$,

де $P_{обл}$ — зовнішній статичний тиск вентилятора, Па; $\Delta P_{мер}$ — розрахункові втрати тиску у вентиляційній мережі, Па.

Для орієнтовної перевірки потужності електродвигуна вентилятора використовується залежність:

$N = L \cdot \Delta P / (3600 \cdot \eta)$,

де N — потужність електродвигуна вентилятора, Вт; L — витрата повітря, м³/с; ΔP — повний тиск вентилятора, Па; η — коефіцієнт корисної дії вентилятора.

Для систем П2В2 та П3В3 приймаються припливно-витяжні установки зовнішнього виконання. Для систем В1 і В11 приймаються канальні витяжні вентилятори, а для систем В5–В10 — окремі стельові витяжні вентилятори санітарно-побутових приміщень. Основні результати підбору вентиляційного обладнання наведені в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10

Підбір основного вентиляційного обладнання

Система	Призначення	Розрахункова витрата, м³/год	Підібране обладнання	Основні характеристики
П2В2	Приплив і витяжка для основних приміщень	П: 7880 В: 7300	Припливно-витяжна установка Rosenberg AHU-F4010QWW	Припливна секція: L=8000 м³/год, Pext=400 Па, N=4,0 кВт Витяжна секція: L=7300 м³/год, Pext=400 Па, N=2,33 кВт Водяний нагрівач Qт=42,7 кВт Охолоджувач Qх=46,6 кВт

П3В3	Приплив і витяжка для адміністративних приміщень	П: 2500 В: 2300	Припливно-витяжна установка Rosenberg AHU-F4007QWW	Припливна секція: L=2500 м³/год, Pext=300 Па, N=0,94 кВт Витяжна секція: L=2300 м³/год, Pext=300 Па, N=0,81 кВт Водяний нагрівач Qт=13,3 кВт Охолоджувач Qх=14,9 кВт
В1	Загальнообмінна витяжна система	850	Канальний вентилятор ВКПФ 4Е 400×200	L=850 м³/год Pext=200 Па N=0,295 кВт
В11	Витяжка з технічного приміщення	620	Канальний вентилятор ВК 250	L=620 м³/год Pext=270 Па N=0,173 кВт

В5.1–В5.3, В6, В7.1, В7.2, В8, В9.1, В9.2, В10.1–В10.5	Витяжка із санітарно-побутових приміщень	75 на один вентилятор 1050 сумарно	Стельові витяжні вентилятори Квайт 100, 14 шт.	L=75 м³/год на один вентилятор Pext=96 Па N=0,016 кВт на один вентилятор Сумарна встановлена потужність N=0,224 кВт

Продуктивність підібраного обладнання перевіряється за витратою повітря та тиском. Продуктивність вентилятора повинна бути не меншою за розрахункову витрату системи, а зовнішній статичний тиск повинен покривати розрахункові втрати тиску у мережі з урахуванням запасу на фільтри, клапани, шумоглушники, гнучкі вставки та можливе забруднення фільтрів у процесі експлуатації.

Приклад перевірки виконаємо для припливної частини системи П2. Розрахункова витрата припливного повітря становить 7880 м³/год. Для системи приймається припливна секція з продуктивністю 8000 м³/год і зовнішнім статичним тиском 400 Па.

$L_{обл} = 8000$ м³/год > $L_{розр} = 7880$ м³/год.

$Р_{обл} = 400$ Па > $\Delta Р_{мер}$.

Запас за продуктивністю для припливної секції П2 становить:

$$(8000 - 7880) / 7880 \cdot 100 = 1{,}5\ \%.$$

Запас за тиском для припливної секції П2 становить:

$$(400 - 78{,}7) / 78{,}7 \cdot 100 = 408{,}3\ \%.$$

Умова виконується, тому прийнята припливна секція забезпечує переміщення необхідної кількості повітря через мережу повітроводів. Запас за тиском необхідний для компенсації опору фільтрів, клапанів, шумоглушників,

фасонних частин, повітророзподільників та зміни опору мережі в процесі експлуатації.

Аналогічна перевірка виконується для інших систем вентиляції. Результати перевірки наведені в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11

Перевірка підібраного вентиляційного обладнання

Система / частина	Lрозр, м³/год	Lобл, м³/год	Робл, Па	Висновок
П2 приплив	7880	8000	400	Підходить
В2 витяжка	7300	7300	400	Підходить
П3 приплив	2500	2500	300	Підходить
В3 витяжка	2300	2300	300	Підходить
В1	850	850	200	Підходить
В11	620	620	270	Підходить
В5.1–В5.3, В6, В7.1, В7.2, В8, В9.1, В9.2, В10.1–В10.5	75 на один вентилятор	75 на один вентилятор	96	Підходить

За результатами перевірки прийняте вентиляційне обладнання забезпечує необхідні витрати припливного та витяжного повітря, а також має достатній тиск для подолання опору мережі повітроводів. Для припливно-витяжних установок передбачається фільтрація повітря, нагрів у холодний період року, охолодження в теплий період року та автоматичне регулювання роботи. Для місцевих витяжних систем санітарно-побутових приміщень приймаються стельові витяжні вентилятори з індивідуальним підключенням до витяжних каналів.

Таким чином, підібране вентиляційне обладнання забезпечує роботу систем П2В2, П3В3, В1, В5–В10 та В11 відповідно до розрахункових витрат повітря і необхідних параметрів вентиляції будівлі.

5.8 Характеристика прийнятих вентиляційних систем

За результатами розрахунку повітрообмінів, балансу повітря та аеродинамічного розрахунку для будівлі центру надання адміністративних послуг прийнято механічні припливно-витяжні та витяжні системи вентиляції. Прийнята схема вентиляції забезпечує подачу зовнішнього повітря до приміщень з перебуванням людей та видалення забрудненого повітря із санітарних вузлів, технічних і допоміжних приміщень.

Основними припливно-витяжними системами є системи П2В2 та П3В3. Вони забезпечують організовану подачу зовнішнього повітря до робочих, адміністративних і громадських приміщень, а також видалення відпрацьованого повітря. Для цих систем передбачається механічна подача та механічне видалення повітря з очищенням, нагріванням у холодний період року та охолодженням у теплий період року.

Система П2В2 є основною припливно-витяжною системою будівлі. Вона обслуговує більшу частину приміщень з постійним або тимчасовим перебуванням людей. Розрахункова витрата припливного повітря для системи П2 становить 7880 м³/год, прийнята продуктивність припливної секції — 8000 м³/год, витрата витяжного повітря для системи В2 — 7300 м³/год. Для системи прийнято припливно-витяжну установку Rosenberg AHU-F4010QWW.

Система П3В3 обслуговує окрему групу адміністративних і робочих приміщень. Розрахункова витрата припливного повітря для системи П3 становить 2500 м³/год, витрата витяжного повітря для системи В3 — 2300 м³/год. Для системи прийнято припливно-витяжну установку Rosenberg AHU-F4007QWW.

Для видалення повітря з окремих приміщень передбачено самостійні витяжні системи. Система В1 виконує механічне видалення повітря з відповідної

групи приміщень. Для неї прийнято канальний вентилятор ВКПФ 4Е 400×200 з витратою 850 м³/год.

Системи В5–В10 призначені для витяжної вентиляції санітарних вузлів. Для цих систем прийняті окремі стельові витяжні вентилятори Квайт 100. Витрата повітря одного вентилятора становить 75 м³/год. Загальна кількість вентиляторів для систем В5–В10 становить 14 шт., що забезпечує сумарне видалення повітря 1050 м³/год.

Система В11 призначена для витяжної вентиляції технічного приміщення. Для неї прийнято канальний вентилятор ВК 250 з витратою 620 м³/год. Видалення повітря з технічних приміщень виконується окремою системою для запобігання поширенню забрудненого повітря до приміщень з перебуванням людей.

Характеристика прийнятих вентиляційних систем наведена в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12

Характеристика прийнятих вентиляційних систем

Система	Призначення	Тип системи	Витрата повітря, м³/год	Обладнання	Особливості
П2В2	Основні адміністративні, робочі та громадські приміщення	Припливно-витяжна механічна	П2 — 8000 В2 — 7300	Rosenberg AHU-F4010QWW	Очищення, нагрівання та охолодження припливного повітря
П3В3	Окрема група адміністративних і робочих приміщень	Припливно-витяжна механічна	П3 — 2500 В3 — 2300	Rosenberg AHU-F4007QWW	Подача та видалення повітря з підтриманням необхідних параметрів

В1	Окрема група приміщень з витяжною вентиляцією	Витяжна механічна	850	ВКПФ 4Е 400×200	Видалення повітря через систему повітроводів
В5–В10	Санітарні вузли	Місцева витяжна механічна	14×75 = 1050	Квайт 100, 14 шт.	Окреме видалення повітря із санітарних вузлів
В11	Технічне приміщення	Витяжна механічна	620	ВК 250	Видалення повітря з технічного приміщення

У припливно-витяжних системах повітря після очищення подається до приміщень через повітророзподільні пристрої. Видалення повітря здійснюється через витяжні решітки та повітроводи. Для забезпечення необхідного напрямку руху повітря приплив організовується в приміщеннях з перебуванням людей, а витяжка — у приміщеннях з можливим забрудненням повітря.

Повітроводи систем вентиляції виконуються з оцинкованої сталі. Для магістральних ділянок застосовуються прямокутні повітроводи, а для окремих відгалужень і місцевих витяжних систем можуть застосовуватися круглі повітроводи. Розміри повітроводів приймаються за результатами аеродинамічного розрахунку з урахуванням допустимих швидкостей руху повітря та втрат тиску.

Робота вентиляційних систем повинна забезпечувати необхідний повітрообмін у приміщеннях, підтримання нормальних санітарно-гігієнічних умов, а також запобігання поширенню запахів із санітарних і технічних приміщень до основних зон будівлі. Остаточне регулювання витрат повітря виконується під час пусконалагоджувальних робіт за допомогою регулювальних пристроїв на повітроводах і повітророзподільниках.

Таким чином, прийняті вентиляційні системи забезпечують подачу необхідної кількості зовнішнього повітря до приміщень центру надання адміністративних послуг та організоване видалення забрудненого повітря відповідно до призначення приміщень.

РОЗДІЛ 6
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

Студент_____Олійник М. М.

Консультант_____Сенчук М. П.

6.1.1 Технології монтажу систем

Технології монтажу інженерних систем у даній кваліфікаційній роботі розглядаються для всього комплексу прийнятих проєктних рішень: систем припливно-витяжної вентиляції, окремих витяжних систем, системи кондиціонування типу VRF, фреонових і дренажних трубопроводів, а також обладнання, повітророзподільних і регулювальних елементів.

Монтаж передбачається виконувати індустріальним способом із застосуванням заводських виробів і попередньо підготовлених елементів. До монтажної зони подаються вентиляційні установки, повітроводи, фасонні частини, шумоглушники, дросель-клапани, решітки, дифузори, внутрішні та зовнішні блоки VRF-системи, мідні трубопроводи, теплоізоляція, кріплення і допоміжні матеріали.

Технологічна послідовність монтажу приймається так, щоб забезпечити безперервне виконання робіт і не допустити взаємного перешкоджання між ланками. Спочатку виконуються підготовка будівельної частини, розмітка трас і встановлення кріплень. Далі монтуються основне обладнання, магістральні ділянки повітроводів і трубопроводів, після чого виконуються відгалуження, кінцеві елементи, теплоізоляція, випробування та пусконалагодження.

Для вентиляційних систем основними технологічними процесами є встановлення припливно-витяжних установок, прокладання повітроводів, монтаж фасонних частин, клапанів, шумоглушників і повітророзподільників. Для системи кондиціонування основними процесами є монтаж внутрішніх і зовнішніх блоків, прокладання фреонових трас, влаштування дренажу, теплоізоляція трубопроводів та перевірка герметичності холодильного контуру.

6.1.2 Підготовчі роботи до монтажу

Підготовчі роботи виконуються до початку основного монтажу всіх інженерних систем, що розглядаються в дипломному проєкті. Їх метою є перевірка готовності будівельної частини, уточнення фактичних розмірів монтажних зон, організація подачі матеріалів і створення безпечних умов для роботи монтажних ланок.

Етап	Зміст підготовчих робіт	Результат виконання
1	Перевірка робочої документації з вентиляції, VRF-системи, фреонових і дренажних трубопроводів	Підтверджено готовність проєктних даних до виконання робіт
2	Огляд шахт, прорізів, покрівельної зони, технічних приміщень і місць встановлення обладнання	Будівельна частина підготовлена до монтажу систем
3	Доставка та складування повітроводів, труб, блоків VRF, вентиляційного обладнання, кріплень і ізоляції	Матеріали розміщені в монтажних зонах
4	Підготовка інструменту, підмостів, такелажних засобів і засобів індивідуального захисту	Робочі місця забезпечені для безпечного монтажу
5	Узгодження послідовності робіт між ланками та суміжними процесами	Забезпечено організований початок монтажу

6.1.3 Вимоги до виконання монтажу

Монтаж інженерних систем повинен виконуватися відповідно до робочих креслень, прийнятих проєктних рішень, технологічної послідовності та монтажних вимог виробників обладнання. Усі відхилення від трас прокладання мереж, місць встановлення обладнання або способів кріплення повинні бути погоджені до виконання робіт.

Під час монтажу вентиляційних систем необхідно забезпечити герметичність стиків повітроводів, правильне положення фасонних частин, надійне кріплення до будівельних конструкцій і доступність регулювальних пристроїв. Повітроводи не повинні мати провисань, перекосів, механічних пошкоджень і неущільнених з’єднань.

Монтаж системи кондиціонування VRF виконується з урахуванням вимог до встановлення внутрішніх і зовнішніх блоків, допустимих довжин фреонових трас, перепадів висот і доступу для сервісного обслуговування. Зовнішні блоки встановлюються на підготовлені опори з віброізоляцією, а внутрішні блоки — у проєктному положенні з можливістю підключення фреонових, дренажних і електричних комунікацій.

Фреонові трубопроводи виконуються з мідних труб, призначених для холодильних установок. Під час монтажу необхідно зберігати чистоту внутрішньої порожнини труб, не допускати потрапляння вологи та пилу, якісно виконувати з’єднання, теплоізолювати трубопроводи по всій довжині та після складання перевіряти контур на герметичність.

Дренажні трубопроводи прокладаються з необхідним ухилом у напрямку відведення конденсату. На горизонтальних ділянках не допускаються провисання та застійні зони. Усі активні монтажні операції доцільно виконувати ланками не менше ніж із двох робітників, оскільки встановлення, утримання та закріплення елементів однією людиною є небезпечним і технологічно незручним.

Операція	Контрольований параметр	Вимога
Монтаж повітроводів	Положення, кріплення, герметичність	Повітроводи змонтовані без провисань, перекосів і неущільнених стиків
Встановлення вентиляційного обладнання	Стійкість, віброізоляція, сервісний доступ	Обладнання закріплене на опорах і доступне для обслуговування
Монтаж VRF-системи	Положення блоків, доступ, підключення трас	Внутрішні та зовнішні блоки встановлені у проєктному положенні
Фреонові та дренажні трубопроводи	Герметичність, ізоляція, ухили	Траси змонтовані без протікань, застою конденсату та пошкодження ізоляції

6.1.4 Монтажне креслення

Монтажне креслення в даній роботі виконується не для всієї системи вентиляції будівлі, а для характерної частини витяжної мережі припливно-витяжної системи П3В3, яка була прийнята для графічної частини. Такий фрагмент дозволяє показати основні монтажні операції, характерні для вентиляційних мереж: прокладання магістрального повітроводу, влаштування відгалужень, встановлення фасонних частин і регулювальних елементів.

На монтажному кресленні частини витяжки П3В3 показуються траси повітроводів, розміри ділянок, напрямок руху витяжного повітря, місця встановлення трійників, відводів, переходів, дросель-клапанів, решіток або дифузорів. За потреби на кресленні також зазначаються відмітки прокладання повітроводів і місця кріплення до будівельних конструкцій.

Фрагмент витяжної мережі П3В3 обрано тому, що він містить типові елементи, які зустрічаються під час монтажу вентиляційних систем: прямі ділянки, розгалуження, повороти, перехідні елементи та кінцеві повітророзподільні пристрої. На такому прикладі можна показати послідовність складання мережі та порядок контролю виконаних робіт.

Позиційні позначення на кресленні повинні відповідати комплектувальній відомості. У відомості вказуються найменування елементів, розміри, кількість і матеріал. Це дає можливість пов’язати графічну частину з технологією монтажу та визначити, які елементи необхідно підготувати для виконання робіт на вибраній ділянці П3В3.

Монтаж за кресленням починають із розмітки траси витяжного повітроводу та місць кріплення. Після цього встановлюють підвіси, траверси або кронштейни, монтують магістральну ділянку, а потім приєднують відгалуження, фасонні частини, регулювальні клапани та кінцеві повітрозабірні елементи.

Після завершення монтажу частини витяжки П3В3 перевіряють відповідність фактичного розташування елементів кресленню, надійність кріплення повітроводів, щільність стиків, правильність напрямку руху повітря та доступність клапанів для подальшого регулювання.

6.2.1 Організація монтажу систем

Організація монтажу систем розглядається для всього комплексу інженерних мереж, прийнятих у дипломному проєкті: систем вентиляції, кондиціонування типу VRF, фреонових трубопроводів, дренажних трубопроводів, теплоізоляції, кріплень, допоміжних елементів і пусконалагоджувальних операцій. Основною метою організації є забезпечення ритмічного виконання робіт, безпечної роботи монтажних ланок, своєчасної подачі матеріалів і поетапного контролю якості.

Роботи організовуються у технологічній послідовності. Спочатку перевіряється будівельна готовність, виконуються розмітка трас, підготовка отворів, місць кріплення та монтажних зон. Після цього встановлюється основне

обладнання, монтуються магістральні повітроводи, фреонові та дренажні трубопроводи, а далі виконуються відгалуження, підключення внутрішніх блоків, встановлення повітророзподільних пристроїв, ізоляція, перевірка герметичності й регулювання систем.

Обладнання, повітроводи, фасонні частини, мідні труби, дренажні трубопроводи, кріплення та ізоляційні матеріали подаються в монтажні зони в порядку їх встановлення. Це зменшує потребу в проміжному складуванні, не захаращує проходи та забезпечує безперервну роботу ланок. Габаритні елементи, вузли обладнання та ділянки мереж монтуються ланками не менше ніж із двох робітників із застосуванням підмостів, драбин, такелажних засобів або малої механізації.

Монтажні ланки повинні бути забезпечені необхідним інструментом, кріпильними виробами, засобами вимірювання, електроінструментом і засобами індивідуального захисту. До складу робіт входять розмічальні, кріпильні, складальні, трубопровідні, ізоляційні, контрольні та регулювальні операції. Виконання цих операцій узгоджується між суміжними системами, щоб повітроводи, фреонові траси, дренаж і обладнання не заважали одне одному та залишалися доступними для обслуговування.

Для зручної організації робіт об’єкт поділяють на захватки за поверхами, технічними зонами або окремими ділянками мереж. Після завершення робіт на одній захватці ланка переходить на наступну, а на попередній ділянці можуть виконуватися наступні операції: встановлення кінцевих елементів, теплоізоляція, перевірка стиків, випробування, підготовка до регулювання та пусконалагодження.

Особлива увага приділяється узгодженню монтажу вентиляції, кондиціонування, фреонових і дренажних трубопроводів. Траси різних систем повинні розміщуватися так, щоб не ускладнювати доступ до клапанів, фільтрів, сервісних люків, внутрішніх і зовнішніх блоків VRF-системи, місць з’єднання трубопроводів, дренажних насосів і вузлів обслуговування.

Після завершення кожного етапу виконується проміжний контроль: перевіряється положення повітроводів і трубопроводів, надійність кріплень, щільність стиків, наявність теплоізоляції, правильність ухилів дренажу, доступність регулювальних і сервісних елементів, а також відповідність змонтованих систем проєктним кресленням. Такий контроль дозволяє усунути недоліки до закриття мереж підвісною стелею або декоративними елементами.

6.2.2 Календарне планування виконаних робіт

Календарне планування виконаних робіт розробляється для всього комплексу монтажу інженерних систем, що входять до дипломного проєкту. До нього включено підготовчі процеси, монтаж вентиляційного обладнання і повітроводів, монтаж системи кондиціонування VRF, прокладання фреонових і дренажних трубопроводів, теплоізоляцію, випробування та пусконалагоджувальні роботи.

Календарний план дає можливість визначити тривалість виконання робіт, послідовність процесів, потребу в робітниках і рівномірність їх зайнятості. Початок робіт прийнято 1 липня 2026 року, режим роботи — п’ятиденний робочий тиждень. Для прийнятого потокового варіанта загальна тривалість становить 38 робочих днів.

Загальна трудомісткість прийнятого календарного плану становить 272 люд.-дні. Під час коригування плану основну увагу приділено тому, щоб графік руху робочої сили не мав різких провалів і щоб робітники були рівномірно зайняті протягом усього періоду монтажу.

У прийнятому варіанті основна чисельність становить сім робітників із коротким підвищенням до восьми робітників у середині графіка. Такий розподіл формує плавний графік типу 7–8–7 і відповідає вимозі раціонального використання трудових ресурсів без надмірного збільшення складу бригади.

Під час складання календарного плану враховано, що активні монтажні операції не повинні виконуватися одним робітником. Мінімальна чисельність на окремій активній роботі приймається дві особи. Це підвищує безпеку робіт,

спрощує утримання і встановлення елементів та забезпечує взаємний контроль під час монтажу.

Календарний план використовується для координації робіт із постачанням матеріалів, виконанням суміжних процесів і контролем готовності систем до випробувань. За графіком руху робочої сили можна оцінити рівномірність завантаження бригад і своєчасно скоригувати послідовність операцій у разі відхилення від плану.

Показник	Прийняте значення	Пояснення
Обсяг планування	Усі монтажні роботи інженерних систем	Вентиляція, кондиціонування, фреонові та дренажні мережі
Початок робіт	1 липня 2026 року	Планування виконано за п’ятиденним робочим тижнем
Тривалість робіт	38 робочих днів	Прийнятий потоковий календарний план
Загальна трудомісткість	272 люд.-дні	Сумарні витрати праці за календарним планом
Чисельність робітників	7–8 осіб	Графік руху робочої сили без провалів

6.2.3 Послідовний та потоковий метод організації виконання будівельно-монтажних робіт

Послідовний метод організації виконання будівельно-монтажних робіт передбачає, що кожний наступний процес починається після повного завершення попереднього. Для інженерних систем це означає, що спочатку виконуються підготовчі роботи, потім монтаж обладнання, після цього прокладання магістральних мереж, монтаж відгалужень, ізоляція, випробування і пусконалагодження.

Перевагою послідовного методу є простота планування і контролю. Недоліком є збільшення загальної тривалості робіт, оскільки окремі ланки можуть очікувати завершення попередніх операцій, а частина фронту робіт тимчасово не

використовується. Такий метод доцільний для невеликих обсягів або для операцій, які технологічно не можна виконувати паралельно.

Потоковий метод ґрунтується на поділі об’єкта на захватки та ритмічному переході ланок з однієї ділянки на іншу. Після завершення певного процесу на одній захватці ланка переходить на наступну, а на звільненій ділянці починається інший вид робіт. Це дозволяє паралельно виконувати різні процеси без порушення технологічної послідовності.

Для монтажу систем вентиляції, кондиціонування, фреонових і дренажних трубопроводів потоковий метод є більш доцільним, оскільки значна частина робіт має повторюваний характер. На різних ділянках можуть одночасно виконуватися розмітка, встановлення кріплень, монтаж повітроводів, прокладання трубопроводів, ізоляція або підготовка до випробувань.

Порівняно з послідовним методом потокова організація забезпечує краще використання робочого часу, зменшує простої та підвищує ритмічність виконання монтажних процесів. Саме тому для календарного плану прийнято потоковий варіант із плавним розподілом чисельності робітників.

Під час застосування потокового методу важливо правильно визначити склад ланок і послідовність їх переходу між захватками. У прийнятому варіанті окремі активні роботи виконуються мінімум двома робітниками, що забезпечує безпечне встановлення елементів і можливість взаємної допомоги під час монтажу.

Отже, потоковий метод є більш ефективним для даного об’єкта, оскільки забезпечує скорочення тривалості робіт, рівномірне завантаження працівників і кращу організацію монтажу всього комплексу інженерних систем. Послідовний метод може використовуватися для окремих підготовчих або завершальних операцій, але основний комплекс робіт доцільно виконувати потоково.

При потоковій організації особливу увагу приділяють узгодженню початку та завершення суміжних процесів. Монтаж повітроводів, прокладання фреонових трас, улаштування дренажу і встановлення обладнання повинні виконуватися так, щоб одна бригада не блокувала фронт робіт для іншої.

У прийнятому календарному плані потоковий метод поєднується з вимогою мінімальної чисельності ланки. Якщо на певній ділянці є невеликий обсяг робіт, він об’єднується з суміжною операцією або переноситься так, щоб у плані не виникали роботи, які виконує один працівник.

Таким чином, організаційне рішення розділу пов’язує технологію монтажу з календарним плануванням. Технологічна послідовність визначає, які процеси можуть виконуватися паралельно, а календарний графік показує, як ці процеси розміщуються у часі та як змінюється чисельність робітників.

Для збереження ритмічності потоку необхідно заздалегідь передбачити комплектність матеріалів на кожну захватку. Повітроводи, фасонні частини, кріплення, трубопроводи, ізоляція та обладнання повинні подаватися до місця монтажу до початку відповідного процесу.

У потоковому методі важливо не тільки скоротити загальну тривалість робіт, але й забезпечити якість виконання кожної операції. Тому після завершення робіт на окремій захватці виконується проміжний контроль, а наступна операція починається лише після усунення виявлених недоліків.

Порівняння двох методів показує, що послідовний варіант є простішим, але менш ефективним для даного об’єкта. Потоковий варіант краще відповідає умовам монтажу інженерних систем громадської будівлі, оскільки дозволяє раціонально використовувати робітників і монтажні зони.

Прийняте календарне рішення забезпечує логічну послідовність монтажу систем вентиляції та кондиціонування. Спочатку виконуються підготовчі процеси, далі монтуються основні мережі й обладнання, після чого виконуються завершальні операції, випробування та підготовка систем до експлуатації.

РОЗДІЛ 7
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Студент_____Олійник М. М.

Консультан_____Клімова І. В.

7.1 Основні завдання охорони праці

Охорона праці є системою правових, організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на збереження життя та здоров'я працівників під час виконання монтажних робіт. У даному розділі розглядаються вимоги безпеки, характерні для монтажу інженерних систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Основним завданням охорони праці є попередження виробничого травматизму, створення безпечних умов на робочих місцях, забезпечення працівників справним інструментом та засобами індивідуального захисту. Організація робіт повинна передбачати чітку послідовність виконання операцій, своєчасний контроль стану робочої зони та недопущення перебування сторонніх осіб у місцях монтажу.

До виконання робіт допускаються працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з технологією монтажу та правилами безпечного користування обладнанням. Перед початком робіт перевіряють справність драбин, риштувань, електроінструменту, вантажопідіймальних пристроїв і захисних засобів.

Таблиця 7.1 – Основні організаційні заходи з охорони праці

Захід	Зміст	Мета
Інструктаж працівників	Проведення вступного, первинного та цільового інструктажів перед початком робіт.	Допуск до робіт підготовленого персоналу.
Підготовка робочої зони	Очищення проходів, перевірка освітлення, огородження небезпечних місць.	Зменшення ризику падіння, травмування та зіткнення з предметами.
Перевірка інструменту	Огляд електроінструменту, кабелів, подовжувачів, пристроїв кріплення.	Запобігання ураженню електричним струмом і поломкам під час роботи.

Забезпечення ЗІЗ	Видача касок, рукавиць, захисного взуття, окулярів, запобіжних поясів за потреби.	Захист працівників від механічних, електричних і теплових небезпек.
Контроль виконання робіт	Перевірка дотримання технології монтажу та правил безпеки відповідальною особою.	Своєчасне усунення порушень і небезпечних умов.

7.2 Небезпечні та шкідливі фактори під час монтажу систем

Під час монтажу інженерних систем можуть виникати небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Їх поява пов’язана з переміщенням обладнання, роботою на висоті, застосуванням електроінструменту, виконанням паяльних робіт, обробкою металевих елементів і пусконалагодженням систем.

Особливу увагу необхідно приділяти роботам у міжстельовому просторі та біля прорізів, де можливе падіння працівника або інструменту. Під час різання і монтажу повітроводів небезпеку становлять гострі краї металу, шум, пил і незручне положення тіла. При роботі з фреоновими трубопроводами слід контролювати герметичність з’єднань і виключати неконтрольований вихід холодоагенту.

Таблиця 7.2 – Небезпечні та шкідливі фактори під час монтажних робіт

Фактор	Можливий прояв	Заходи запобігання
Робота на висоті	Падіння працівника під час монтажу обладнання, повітроводів або трубопроводів.	Застосування справних драбин, помостів, риштувань, огородження небезпечних зон.
Падіння предметів	Падіння інструменту, кріплень, фасонних частин або ділянок повітроводів.	Закріплення елементів до остаточного монтажу, заборона перебування людей під місцем робіт.
Гострі краї металу	Порізи рук під час роботи з листовою сталлю, повітроводами та кріпленнями.	Використання рукавиць, обережне транспортування і складування деталей.

Електричний струм	Ураження при пошкодженні електроінструменту або кабелів.	Перевірка ізоляції, заземлення, використання справних подовжувачів і захисних пристроїв.
Вогневі роботи	Опіки, загоряння матеріалів під час паяння або нагрівання труб.	Очищення робочої зони, наявність вогнегасника, контроль після завершення робіт.
Шум і пил	Погіршення умов праці під час різання, свердління і шліфування.	Застосування окулярів, респіраторів, провітрювання приміщень, обмеження тривалості впливу.
Холодоагент	Можливе подразнення, обмороження при витоку, погіршення якості повітря.	Перевірка герметичності, робота у провітрюваних приміщеннях, дотримання інструкцій виробника.

Нормативне обґрунтування небезпечних і шкідливих виробничих факторів наведено у таблиці 7.2а. Документи прийнято за методичними вказівками до виконання розділу «Охорона праці» та переліком нормативних документів, наведеним у додатках.

Таблиця 7.2а – Нормативні документи для оцінювання небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечний або шкідливий фактор	Нормативні документи
Робота на висоті	ДБН А.3.2-2:2009 (р. 19); НПАОП 0.00-1.15-07; ДБН В.2.2-41:2019.
Падіння предметів і переміщення вантажів	ДБН А.3.2-2:2009; НПАОП 45.2-7.02-2012; НПАОП 0.00-1.75-15.
Гострі краї металу, робота з листовою сталлю	ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007; ДБН А.3.2-2:2009; НПАОП 45.2-7.03-17.
Електричний струм	ДСТУ Б А.3.2-13:2011; ПУЕ-2017; НПАОП 40.1-1.21-98; ДСТУ Б В.2.5-82:2016.
Вогневі роботи та пожежна небезпека	НПАОП 0.00-5.12-01; ДБН В.1.1-7:2016; ДБН В.1.2-7:2021; ДСТУ Б В.1.1-36:2016; НАПБ А.01.001-2014.
Шум і вібрація	ДСН 3.3.6.037-99; ДСН 3.3.6.039-99; ДБН В.1.2-10:2008.
Пил, загазованість робочої зони, холодоагент	Наказ МОЗ України №1192 від 24.07.2024; ДСТУ Б А.3.2-14:2011; НПАОП 45.2-7.03-17.
Недостатнє освітлення робочої зони	ДБН В.2.5-28:2018; ДСТУ Б А.3.2-15:2011.
Незадовільні параметри мікроклімату	ДСН 3.3.6.042-99.

7.3 Заходи безпеки під час виконання монтажних робіт

Безпечне виконання робіт забезпечується правильною організацією робочого місця та дотриманням технологічної послідовності. До початку монтажу перевіряють відповідність доставлених матеріалів проєктним рішенням, справність кріплень, можливість безпечного підходу до місця встановлення обладнання та наявність вільних проходів.

Важкі елементи необхідно переміщувати з використанням засобів малої механізації або за участю достатньої кількості працівників. Забороняється виконувати монтажні операції при ненадійному закріпленні обладнання, використовувати несправні драбини і залишати незакріплені елементи мережі без нагляду.

Роботи з електроінструментом виконують лише справним інструментом із неушкодженими кабелями. Перед свердлінням або різанням необхідно переконатися, що в зоні робіт відсутні приховані електричні мережі або інші комунікації. Під час паяння мідних труб повинні бути прибрані горючі матеріали, а місце робіт забезпечене первинними засобами пожежогасіння.

Таблиця 7.3 – Заходи безпеки за видами монтажних робіт

Вид робіт	Основні небезпеки	Заходи безпеки
Монтаж обладнання	Травмування під час переміщення та встановлення агрегатів.	Застосування справних такелажних засобів, тимчасове закріплення до остаточного монтажу.
Монтаж повітроводів	Порізи, падіння секцій, робота на висоті.	Робота у рукавицях, монтаж із помостів, закріплення кожної ділянки перед переходом далі.
Монтаж фреонових трубопроводів	Опіки, порізи, пошкодження труб, витік холодоагенту.	Виконання паяння під контролем, перевірка герметичності, захист труб від механічних пошкоджень.
Монтаж дренажу	Робота в обмеженому просторі, протікання при неправильному ухилі.	Перевірка ухилів, надійне кріплення труб, контроль герметичності з’єднань.
Ізоляційні роботи	Подразнення шкіри та органів дихання, порізи.	Використання рукавиць, окулярів, респіратора за потреби, акуратне різання матеріалу.
Пусконалагодження	Електричні ризики, рухомі частини обладнання, шум.	Допуск підготовленого персоналу, огородження небезпечних зон, контроль параметрів роботи.

7.4 Пожежна безпека

Пожежна безпека під час монтажу забезпечується виконанням організаційних і технічних заходів, спрямованих на недопущення виникнення пожежі та швидке реагування у разі небезпечної ситуації. Найбільшу пожежну небезпеку становлять вогневі роботи, тимчасове електроживлення, використання електроінструменту та зберігання пакувальних матеріалів.

Перед виконанням вогневих робіт робочу зону очищають від горючих матеріалів, а поблизу розміщують вогнегасник. Після завершення робіт необхідно оглянути місце виконання операцій і переконатися у відсутності тління або перегріву матеріалів. Тимчасові електромережі повинні мати справну ізоляцію та не перешкоджати проходу працівників.

Таблиця 7.4 – Основні заходи пожежної безпеки

Джерело небезпеки	Можлива причина	Профілактичні заходи
Паяльні та нагрівальні роботи	Іскри, висока температура, контакт із горючими матеріалами.	Очищення місця робіт, наявність вогнегасника, контроль після завершення робіт.
Електроінструмент	Коротке замикання, перегрів, пошкодження кабелів.	Огляд перед використанням, недопущення перевантаження мережі, використання справних розеток.
Пакувальні матеріали	Скупчення картону, плівки, дерев’яної тари в робочій зоні.	Своєчасне прибирання, роздільне складування, заборона зберігання біля джерел тепла.
Тимчасове освітлення	Пошкодження проводів або світильників.	Застосування захищених світильників, прокладання кабелів поза проходами.

Порушення евакуаційних шляхів	Захаращення проходів матеріалами та обладнанням.	Підтримання проходів вільними, розміщення матеріалів у визначених місцях.

7.5 Охорона навколишнього середовища

Під час виконання монтажних робіт вплив на навколишнє середовище є переважно тимчасовим і пов’язаний з утворенням будівельних відходів, шумом, пилом, використанням пакувальних матеріалів і можливими витоками робочих речовин. Зменшення такого впливу досягається правильною організацією робочої зони, роздільним збиранням відходів і дотриманням правил експлуатації обладнання.

Обрізки металу, мідних труб, теплоізоляції, картон і полімерна упаковка повинні збиратися окремо та передаватися на утилізацію або повторну переробку відповідно до їх виду. Забороняється скидати залишки матеріалів у систему водовідведення або залишати їх у міжстельовому просторі. Після завершення монтажу робочі місця очищаються, а обладнання перевіряється на герметичність і відсутність витоків.

Таблиця 7.5 – Заходи з охорони навколишнього середовища

Напрям впливу	Можливе джерело	Заходи зменшення впливу
Металеві відходи	Обрізки повітроводів, кріплень, мідних труб.	Збір у тару, передача на переробку або вивезення спеціалізованою організацією.
Пакувальні матеріали	Картон, плівка, дерев’яні піддони від обладнання.	Роздільне збирання та своєчасне вивезення з робочої зони.
Відходи теплоізоляції	Обрізки ізоляційних матеріалів.	Акуратне різання, збирання залишків, недопущення розповсюдження пилу.
Шум і пил	Різання, свердління, кріплення елементів.	Виконання робіт у встановлений час, використання справного інструменту, прибирання пилу.
Холодоагент	Можливий витік під час випробувань або запуску.	Перевірка герметичності, виконання робіт підготовленим персоналом, недопущення випуску в атмосферу.
Енергоспоживання	Робота вентиляційного та кліматичного обладнання.	Налагодження режимів роботи, перевірка автоматики та відключення обладнання у неробочий час.

Дотримання вимог охорони праці, пожежної безпеки та охорони навколишнього середовища дозволяє виконати монтажні роботи безпечно, організовано та з мінімальним впливом на умови праці і довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
2. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. – Київ: Мінрегіон України, 2019.
3. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. – Київ: Мінрегіон України, 2018.
4. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ: Мінрегіон України, 2022.
5. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022.
6. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022.
7. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 149 с.
8. Зінич П. Л. Вентиляція громадських будівель: навчальний посібник. – Київ: КНУБА, 2002. – 256 с.
9. Організація монтажу інженерних систем і мереж: методичні вказівки до виконання практичних занять та курсового проєктування для студентів / уклад.: М. П. Сенчук, С. Г. Рибачов, А. С. Ваколюк. – Київ: КНУБА, 2024. – 62 с.
10. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ: Мінрегіон України, 2016.
11. ДБН А.3.2-2:2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2012.
12. НПАОП 45.2-7.03-17. Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках.

13. НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті.
14. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
15. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
16. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненерговугілля України, 2017.
17. ДБН В.1.2-7:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. – Київ: Мінрегіон України, 2021.
18. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні.
19. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018.
20. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Київ: МОЗ України, 1999.
21. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – Київ: МОЗ України, 1999.
22. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ: МОЗ України, 1999.
23. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 1192 від 09.07.2024. Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони.
24. Охорона праці: методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах магістрів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», спеціалізації «Теплогазопостачання та вентиляція» / уклад.: І. В. Клімова, Ю. Й. Франчук, В. В. Мойсеєнко. – Київ: КНУБА, 2022. – 28 с.
25. Закон України «Про охорону праці».
26. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель».

Додаток. Таблиця тепловтрат приміщень

Повер х	№ прим.	Блок	Найменування приміщення	Fпідл, м²	h, м	V, м³	tв, °C	Орієн тація	Fзовн. стін, м²	Fвікон , м²	Fдверей , м²	Fпокритт я, м²	Fперекр. над підвалом, м²	Qст, Вт	Qвікон, Вт	Qдверей, Вт	Qпокритт я, Вт	Qперекр. , Вт	Qінф, Вт	Qразом, Вт	Qразом, кВт	Примітка	Модель блоку	Qтепл. блоку, кВт
1	101	К1.1	Вестибюль	25,50	3,30	84,15	20,00	Пн	14,50	4,80	3,60	0,00	25,50	149,35	224,00	216,00	0,00	70,82	291,58	951,75	0,95	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P25VMS1-E	3,20
1	102	К1.2	Зала прийому відвідувачів	62,00	3,30	204,60	20,00	Пн/Сх	45,00	14,00	0,00	0,00	62,00	463,51	653,33	0,00	0,00	172,19	708,94	1997,97	2,00	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P50VMS1-E	6,30
1	103	К1.3	Зона очікування	54,00	3,30	178,20	20,00	Сх	35,00	12,00	0,00	0,00	54,00	360,51	560,00	0,00	0,00	149,97	617,46	1687,94	1,69	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P50VMS1-E	6,30
1	104	К1.4	Кабінет адміністратора	22,00	3,30	72,60	20,00	Пд	20,00	5,40	0,00	0,00	22,00	206,00	252,00	0,00	0,00	61,10	251,56	770,66	0,77	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P50VMS1-E	6,30
1	105	К1.5	Робочий кабінет	18,00	3,30	59,40	20,00	Пд	15,00	4,50	0,00	0,00	18,00	154,50	210,00	0,00	0,00	49,99	205,82	620,31	0,62	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P32VMS1-E	4,00
1	106	К1.6	Робочий кабінет	18,00	3,30	59,40	20,00	Пд	15,00	4,50	0,00	0,00	18,00	154,50	210,00	0,00	0,00	49,99	205,82	620,31	0,62	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P32VMS1-E	4,00
1	107	К1.7	Робочий кабінет	20,00	3,30	66,00	20,00	Зх	17,00	5,00	0,00	0,00	20,00	175,10	233,33	0,00	0,00	55,54	228,69	692,67	0,69	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P32VMS1-E	4,00
1	108	К1.8	Хол / зона обслуговування	48,00	3,30	158,40	20,00	Зх/Пн	36,00	10,00	0,00	0,00	48,00	370,81	466,67	0,00	0,00	133,31	548,86	1519,64	1,52	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P50VMS1-E	6,30
2	201	К2.1	Приміщення прийому	38,00	3,30	125,40	20,00	Пн	28,00	9,00	0,00	0,00	0,00	288,41	420,00	0,00	0,00	0,00	434,51	1142,92	1,14	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P40VMS1-E	5,00
2	202	К2.2	Кабінет	18,00	3,30	59,40	20,00	Пн	15,00	4,50	0,00	0,00	0,00	154,50	210,00	0,00	0,00	0,00	205,82	570,32	0,57	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P25VMS1-E	3,20
2	203	К2.3	Кабінет	22,00	3,30	72,60	20,00	Пн	18,00	5,00	0,00	0,00	0,00	185,40	233,33	0,00	0,00	0,00	251,56	670,30	0,67	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P32VMS1-E	4,00
2	204	К2.4	Кабінет	18,00	3,30	59,40	20,00	Сх	15,00	4,50	0,00	0,00	0,00	154,50	210,00	0,00	0,00	0,00	205,82	570,32	0,57	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P25VMS1-E	3,20
2	205	К2.5	Відкрита робоча зона	58,00	3,30	191,40	20,00	Сх	42,00	13,00	0,00	0,00	0,00	432,61	606,67	0,00	0,00	0,00	663,20	1702,48	1,70	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P63VMS1-E	8,00
2	206	К2.6	Відкрита робоча зона	60,00	3,30	198,00	20,00	Сх/Пд	44,00	14,00	0,00	0,00	0,00	453,21	653,33	0,00	0,00	0,00	686,07	1792,61	1,79	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P63VMS1-E	8,00

2	207	К2.7	Зона очікування	46,00	3,30	151,80	20,00	Пд	35,00	10,00	0,00	0,00	0,00	360,51	466,67	0,00	0,00	0,00	525,99	1353,16	1,35	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P50VMS1-E	6,30
2	208	К2.8	Кабінет	22,00	3,30	72,60	20,00	Пд	18,00	5,00	0,00	0,00	0,00	185,40	233,33	0,00	0,00	0,00	251,56	670,30	0,67	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P32VMS1-E	4,00
2	209	К2.9	Малий кабінет	14,00	3,30	46,20	20,00	Пд	12,00	3,60	0,00	0,00	0,00	123,60	168,00	0,00	0,00	0,00	160,08	451,69	0,45	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P20VMS1-E	2,50
2	210	К2.10	Малий кабінет	14,00	3,30	46,20	20,00	Зх	12,00	3,60	0,00	0,00	0,00	123,60	168,00	0,00	0,00	0,00	160,08	451,69	0,45	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P20VMS1-E	2,50
2	211	К2.11	Підсобне приміщення	10,00	3,30	33,00	18,00	Зх	9,00	2,40	0,00	0,00	0,00	88,29	106,67	0,00	0,00	0,00	108,90	303,85	0,30	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P15VMS1-E	1,90
2	212	К2.12	Кабінет	22,00	3,30	72,60	20,00	Зх	18,00	5,00	0,00	0,00	0,00	185,40	233,33	0,00	0,00	0,00	251,56	670,30	0,67	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P32VMS1-E	4,00
2	213	К2.13	Кабінет	15,00	3,30	49,50	20,00	Зх	13,00	3,60	0,00	0,00	0,00	133,90	168,00	0,00	0,00	0,00	171,52	473,42	0,47	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P20VMS1-E	2,50
2	214	К2.14	Зал засідань	36,00	3,30	118,80	20,00	Пн/Зх	28,00	8,00	0,00	0,00	0,00	288,41	373,33	0,00	0,00	0,00	411,64	1073,38	1,07	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P40VMS1-E	5,00
3	301	К3.1	Офісне приміщення	42,00	3,30	138,60	20,00	Пн	31,00	9,00	0,00	0,00	0,00	319,31	420,00	0,00	0,00	0,00	480,25	1219,56	1,22	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P50VMS1-E	6,30
3	302	К3.2	Кабінет	22,00	3,30	72,60	20,00	Пн	18,00	5,00	0,00	0,00	0,00	185,40	233,33	0,00	0,00	0,00	251,56	670,30	0,67	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P32VMS1-E	4,00
3	303	К3.3	Кабінет	22,00	3,30	72,60	20,00	Сх	18,00	5,00	0,00	0,00	0,00	185,40	233,33	0,00	0,00	0,00	251,56	670,30	0,67	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P32VMS1-E	4,00
3	304	К3.4	Кабінет	24,00	3,30	79,20	20,00	Сх	20,00	5,50	0,00	0,00	0,00	206,00	256,67	0,00	0,00	0,00	274,43	737,10	0,74	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P32VMS1-E	4,00
3	305	К3.5	Відкрита зона	45,00	3,30	148,50	20,00	Сх/Пд	34,00	10,00	0,00	0,00	0,00	350,21	466,67	0,00	0,00	0,00	514,55	1331,43	1,33	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P50VMS1-E	6,30
3	306	К3.6	Офісне приміщення	44,00	3,30	145,20	20,00	Пд	33,00	10,00	0,00	0,00	0,00	339,91	466,67	0,00	0,00	0,00	503,12	1309,69	1,31	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P50VMS1-E	6,30
3	307	К3.7	Офісне приміщення	42,00	3,30	138,60	20,00	Пд	31,00	9,00	0,00	0,00	0,00	319,31	420,00	0,00	0,00	0,00	480,25	1219,56	1,22	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P50VMS1-E	6,30

3	308	К3.8	Зона очікування	40,00	3,30	132,00	20,00	Зх	30,00	9,00	0,00	0,00	0,00	309,01	420,00	0,00	0,00	0,00	457,38	1186,39	1,19	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P50VMS1-E	6,30
3	309	К3.9	Зал / робоча зона	55,00	3,30	181,50	20,00	Зх/Пн	42,00	12,00	0,00	0,00	0,00	432,61	560,00	0,00	0,00	0,00	628,90	1621,51	1,62	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P63VMS1-E	8,00
3	310	К3.10	Кабінет	16,00	3,30	52,80	20,00	Зх	13,00	3,60	0,00	0,00	0,00	133,90	168,00	0,00	0,00	0,00	182,95	484,85	0,48	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P25VMS1-E	3,20
4	401	К4.1	Кабінет	30,00	3,30	99,00	20,00	Пн	24,00	7,00	0,00	30,00	0,00	247,20	326,67	0,00	174,27	0,00	343,04	1091,18	1,09	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P40VMS1-E	5,00
4	402	К4.2	Кабінет	30,00	3,30	99,00	20,00	Пн	24,00	7,00	0,00	30,00	0,00	247,20	326,67	0,00	174,27	0,00	343,04	1091,18	1,09	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P40VMS1-E	5,00
4	403	К4.3	Кабінет	32,00	3,30	105,60	20,00	Сх	25,00	7,50	0,00	32,00	0,00	257,51	350,00	0,00	185,89	0,00	365,90	1159,30	1,16	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P40VMS1-E	5,00
4	404	К4.4	Кабінет	32,00	3,30	105,60	20,00	Сх	25,00	7,50	0,00	32,00	0,00	257,51	350,00	0,00	185,89	0,00	365,90	1159,30	1,16	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P40VMS1-E	5,00
4	405	К4.5	Кабінет	30,00	3,30	99,00	20,00	Пд	24,00	7,00	0,00	30,00	0,00	247,20	326,67	0,00	174,27	0,00	343,04	1091,18	1,09	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P40VMS1-E	5,00
4	406	К4.6	Кабінет	32,00	3,30	105,60	20,00	Пд	25,00	7,50	0,00	32,00	0,00	257,51	350,00	0,00	185,89	0,00	365,90	1159,30	1,16	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P40VMS1-E	5,00
4	407	К4.7	Кабінет	32,00	3,30	105,60	20,00	Пд	25,00	7,50	0,00	32,00	0,00	257,51	350,00	0,00	185,89	0,00	365,90	1159,30	1,16	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P40VMS1-E	5,00
4	408	К4.8	Малий кабінет	22,00	3,30	72,60	20,00	Зх	18,00	5,00	0,00	22,00	0,00	185,40	233,33	0,00	127,80	0,00	251,56	798,09	0,80	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P32VMS1-E	4,00
4	409	К4.9	Малий кабінет	22,00	3,30	72,60	20,00	Зх	18,00	5,00	0,00	22,00	0,00	185,40	233,33	0,00	127,80	0,00	251,56	798,09	0,80	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P32VMS1-E	4,00
4	410	К4.10	Зал / зона обслуговування	36,00	3,30	118,80	20,00	Пн/Зх	28,00	8,00	0,00	36,00	0,00	288,41	373,33	0,00	209,12	0,00	411,64	1282,51	1,28	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P40VMS1-E	5,00
4	411	К4.11	Хол	34,00	3,30	112,20	20,00	Пн	24,00	7,00	0,00	34,00	0,00	247,20	326,67	0,00	197,51	0,00	388,77	1160,15	1,16	Без урахування нагріву організованого припливного повітря	PEFY-P40VMS1-E	5,00

Додаток. Таблиця розрахунку теплонадходжень

Поверх	№ прим.	Блок	Найменування приміщення	Fпідл, м²	V, м³	Орієнтація	Кількість людей	qлюд, Вт/люд	Qлюд, Вт	qосв, Вт/м²	Qосв, Вт	qобл, Вт/м²	Qобл, Вт	Fвікон, м²	Сонячний фактор, Вт/м²	Qсоніц, Вт	Qразом, Вт	Qразом, кВт	Модель блоку	Qхол. блоку, кВт
1	101	К1.1	Вестибюль	25,50	84,15	Пн	7,00	120,00	840,00	12,00	306,00	10,00	255,00	4,80	120,00	576,00	1977,00	1,98	PEFY-P25VMS1-E	2,80
1	102	К1.2	Зала прийому відвідувачів	62,00	204,60	Пн/Сх	16,00	120,00	1920,00	12,00	744,00	10,00	620,00	14,00	170,00	2380,00	5664,00	5,66	PEFY-P50VMS1-E	5,60
1	103	К1.3	Зона очікування	54,00	178,20	Сх	14,00	120,00	1680,00	12,00	648,00	10,00	540,00	12,00	220,00	2640,00	5508,00	5,51	PEFY-P50VMS1-E	5,60
1	104	К1.4	Кабінет адміністратора	22,00	72,60	Пд	6,00	120,00	720,00	12,00	264,00	10,00	220,00	5,40	250,00	1350,00	2554,00	2,55	PEFY-P50VMS1-E	5,60
1	105	К1.5	Робочий кабінет	18,00	59,40	Пд	5,00	120,00	600,00	12,00	216,00	10,00	180,00	4,50	250,00	1125,00	2121,00	2,12	PEFY-P32VMS1-E	3,60
1	106	К1.6	Робочий кабінет	18,00	59,40	Пд	5,00	120,00	600,00	12,00	216,00	10,00	180,00	4,50	250,00	1125,00	2121,00	2,12	PEFY-P32VMS1-E	3,60
1	107	К1.7	Робочий кабінет	20,00	66,00	Зх	5,00	120,00	600,00	12,00	240,00	10,00	200,00	5,00	220,00	1100,00	2140,00	2,14	PEFY-P32VMS1-E	3,60
1	108	К1.8	Хол / зона обслуговування	48,00	158,40	Зх/Пн	12,00	120,00	1440,00	12,00	576,00	10,00	480,00	10,00	170,00	1700,00	4196,00	4,20	PEFY-P50VMS1-E	5,60
2	201	К2.1	Приміщення прийому	38,00	125,40	Пн	10,00	120,00	1200,00	12,00	456,00	10,00	380,00	9,00	120,00	1080,00	3116,00	3,12	PEFY-P40VMS1-E	4,50
2	202	К2.2	Кабінет	18,00	59,40	Пн	5,00	120,00	600,00	12,00	216,00	10,00	180,00	4,50	120,00	540,00	1536,00	1,54	PEFY-P25VMS1-E	2,80
2	203	К2.3	Кабінет	22,00	72,60	Пн	6,00	120,00	720,00	12,00	264,00	10,00	220,00	5,00	120,00	600,00	1804,00	1,80	PEFY-P32VMS1-E	3,60
2	204	К2.4	Кабінет	18,00	59,40	Сх	5,00	120,00	600,00	12,00	216,00	10,00	180,00	4,50	220,00	990,00	1986,00	1,99	PEFY-P25VMS1-E	2,80
2	205	К2.5	Відкрита робоча зона	58,00	191,40	Сх	15,00	120,00	1800,00	12,00	696,00	10,00	580,00	13,00	220,00	2860,00	5936,00	5,94	PEFY-P63VMS1-E	7,10
2	206	К2.6	Відкрита робоча зона	60,00	198,00	Сх/Пд	15,00	120,00	1800,00	12,00	720,00	10,00	600,00	14,00	235,00	3290,00	6410,00	6,41	PEFY-P63VMS1-E	7,10
2	207	К2.7	Зона очікування	46,00	151,80	Пд	12,00	120,00	1440,00	12,00	552,00	10,00	460,00	10,00	250,00	2500,00	4952,00	4,95	PEFY-P50VMS1-E	5,60
2	208	К2.8	Кабінет	22,00	72,60	Пд	6,00	120,00	720,00	12,00	264,00	10,00	220,00	5,00	250,00	1250,00	2454,00	2,45	PEFY-P32VMS1-E	3,60
2	209	К2.9	Малий кабінет	14,00	46,20	Пд	4,00	120,00	480,00	12,00	168,00	10,00	140,00	3,60	250,00	900,00	1688,00	1,69	PEFY-P20VMS1-E	2,20
2	210	К2.10	Малий кабінет	14,00	46,20	Зх	4,00	120,00	480,00	12,00	168,00	10,00	140,00	3,60	220,00	792,00	1580,00	1,58	PEFY-P20VMS1-E	2,20
2	211	К2.11	Підсобне приміщення	10,00	33,00	Зх	3,00	120,00	360,00	12,00	120,00	10,00	100,00	2,40	220,00	528,00	1108,00	1,11	PEFY-P15VMS1-E	1,70
2	212	К2.12	Кабінет	22,00	72,60	Зх	6,00	120,00	720,00	12,00	264,00	10,00	220,00	5,00	220,00	1100,00	2304,00	2,30	PEFY-P32VMS1-E	3,60
2	213	К2.13	Кабінет	15,00	49,50	Зх	4,00	120,00	480,00	12,00	180,00	10,00	150,00	3,60	220,00	792,00	1602,00	1,60	PEFY-P20VMS1-E	2,20
2	214	К2.14	Зал засідань	36,00	118,80	Пн/Зх	9,00	120,00	1080,00	12,00	432,00	10,00	360,00	8,00	170,00	1360,00	3232,00	3,23	PEFY-P40VMS1-E	4,50

3	301	К3.1	Офісне приміщення	42,00	138,60	Пн	11,00	120,00	1320,00	12,00	504,00	10,00	420,00	9,00	120,00	1080,00	3324,00	3,32	PEFY-P50VMS1-E	5,60
3	302	К3.2	Кабінет	22,00	72,60	Пн	6,00	120,00	720,00	12,00	264,00	10,00	220,00	5,00	120,00	600,00	1804,00	1,80	PEFY-P32VMS1-E	3,60
3	303	К3.3	Кабінет	22,00	72,60	Сх	6,00	120,00	720,00	12,00	264,00	10,00	220,00	5,00	220,00	1100,00	2304,00	2,30	PEFY-P32VMS1-E	3,60
3	304	К3.4	Кабінет	24,00	79,20	Сх	6,00	120,00	720,00	12,00	288,00	10,00	240,00	5,50	220,00	1210,00	2458,00	2,46	PEFY-P32VMS1-E	3,60
3	305	К3.5	Відкрита зона	45,00	148,50	Сх/Пд	12,00	120,00	1440,00	12,00	540,00	10,00	450,00	10,00	235,00	2350,00	4780,00	4,78	PEFY-P50VMS1-E	5,60
3	306	К3.6	Офісне приміщення	44,00	145,20	Пд	11,00	120,00	1320,00	12,00	528,00	10,00	440,00	10,00	250,00	2500,00	4788,00	4,79	PEFY-P50VMS1-E	5,60
3	307	К3.7	Офісне приміщення	42,00	138,60	Пд	11,00	120,00	1320,00	12,00	504,00	10,00	420,00	9,00	250,00	2250,00	4494,00	4,49	PEFY-P50VMS1-E	5,60
3	308	К3.8	Зона очікування	40,00	132,00	Зх	10,00	120,00	1200,00	12,00	480,00	10,00	400,00	9,00	220,00	1980,00	4060,00	4,06	PEFY-P50VMS1-E	5,60
3	309	К3.9	Зал / робоча зона	55,00	181,50	Зх/Пн	14,00	120,00	1680,00	12,00	660,00	10,00	550,00	12,00	170,00	2040,00	4930,00	4,93	PEFY-P63VMS1-E	7,10
3	310	К3.10	Кабінет	16,00	52,80	Зх	4,00	120,00	480,00	12,00	192,00	10,00	160,00	3,60	220,00	792,00	1624,00	1,62	PEFY-P25VMS1-E	2,80
4	401	К4.1	Кабінет	30,00	99,00	Пн	8,00	120,00	960,00	12,00	360,00	10,00	300,00	7,00	120,00	840,00	2460,00	2,46	PEFY-P40VMS1-E	4,50
4	402	К4.2	Кабінет	30,00	99,00	Пн	8,00	120,00	960,00	12,00	360,00	10,00	300,00	7,00	120,00	840,00	2460,00	2,46	PEFY-P40VMS1-E	4,50
4	403	К4.3	Кабінет	32,00	105,60	Сх	8,00	120,00	960,00	12,00	384,00	10,00	320,00	7,50	220,00	1650,00	3314,00	3,31	PEFY-P40VMS1-E	4,50
4	404	К4.4	Кабінет	32,00	105,60	Сх	8,00	120,00	960,00	12,00	384,00	10,00	320,00	7,50	220,00	1650,00	3314,00	3,31	PEFY-P40VMS1-E	4,50
4	405	К4.5	Кабінет	30,00	99,00	Пд	8,00	120,00	960,00	12,00	360,00	10,00	300,00	7,00	250,00	1750,00	3370,00	3,37	PEFY-P40VMS1-E	4,50
4	406	К4.6	Кабінет	32,00	105,60	Пд	8,00	120,00	960,00	12,00	384,00	10,00	320,00	7,50	250,00	1875,00	3539,00	3,54	PEFY-P40VMS1-E	4,50
4	407	К4.7	Кабінет	32,00	105,60	Пд	8,00	120,00	960,00	12,00	384,00	10,00	320,00	7,50	250,00	1875,00	3539,00	3,54	PEFY-P40VMS1-E	4,50
4	408	К4.8	Малий кабінет	22,00	72,60	Зх	6,00	120,00	720,00	12,00	264,00	10,00	220,00	5,00	220,00	1100,00	2304,00	2,30	PEFY-P32VMS1-E	3,60
4	409	К4.9	Малий кабінет	22,00	72,60	Зх	6,00	120,00	720,00	12,00	264,00	10,00	220,00	5,00	220,00	1100,00	2304,00	2,30	PEFY-P32VMS1-E	3,60
4	410	К4.10	Зал / зона обслуговування	36,00	118,80	Пн/Зх	9,00	120,00	1080,00	12,00	432,00	10,00	360,00	8,00	170,00	1360,00	3232,00	3,23	PEFY-P40VMS1-E	4,50
4	411	К4.11	Хол	34,00	112,20	Пн	9,00	120,00	1080,00	12,00	408,00	10,00	340,00	7,00	120,00	840,00	2668,00	2,67	PEFY-P40VMS1-E	4,50
Всього				**1344,50**	**4436,85**		**351,00**		**42120,00**		**16134,00**		**13445,00**			**61360,00**	**133059,00**	**133,06**		**185,90**

Додаток. Таблиця аеродинамічного розрахунку системи вентиляції

№	Система	Частина системи	Ділянка	Тип ділянки	L, м³/год	Форма	Розмір	a, мм	b/Ø, мм	F, м²	v, м/с	dекв, м	l, м	λ	R, Па/м	ΔPтр, Па	Σζ	Pv, Па	ΔPм, Па	ΔPділ, Па	ΣΔP, Па
Система П2В2 — приплив П2, магістраль																					
1	П2В2	П2 приплив	1–2	Магістраль	7880,00	П	1100×600	1100,00	600,00	0,66	3,32	0,78	2,00	0,03	0,21	0,42	3,20	6,60	21,12	21,54	21,54
2	П2В2	П2 приплив	2–3	Магістраль	6380,00	П	1100×500	1100,00	500,00	0,55	3,22	0,69	6,07	0,03	0,23	1,38	1,40	6,23	8,72	10,10	31,64
3	П2В2	П2 приплив	3–4	Магістраль	4880,00	П	1000×400	1000,00	400,00	0,40	3,39	0,57	4,88	0,03	0,30	1,47	1,20	6,89	8,27	9,74	41,38
4	П2В2	П2 приплив	4–5	Магістраль	3020,00	П	900×300	900,00	300,00	0,27	3,11	0,45	3,02	0,03	0,32	0,97	1,10	5,79	6,37	7,34	48,72
5	П2В2	П2 приплив	5–6	Магістраль	2000,00	П	600×300	600,00	300,00	0,18	3,09	0,40	2,00	0,03	0,36	0,71	1,00	5,72	5,72	6,43	55,15
6	П2В2	П2 приплив	6–7	Магістраль	1500,00	П	500×250	500,00	250,00	0,13	3,33	0,33	1,50	0,03	0,50	0,75	0,90	6,67	6,00	6,75	61,90
7	П2В2	П2 приплив	7–8	Магістраль	1230,00	П	500×250	500,00	250,00	0,13	2,73	0,33	1,23	0,03	0,34	0,41	0,80	4,48	3,59	4,00	65,90
Система П2В2 — приплив П2, відгалуження																					
8	П2В2	П2 приплив	2–9	Відгалуження	1500,00	П	250×500	250,00	500,00	0,13	3,33	0,33	1,50	0,03	0,50	0,75	1,80	6,67	12,00	12,75	12,75
9	П2В2	П2 приплив	3–10	Відгалуження	1000,00	П	400×250	400,00	250,00	0,10	2,78	0,31	1,00	0,03	0,38	0,38	1,60	4,63	7,41	7,78	20,53
10	П2В2	П2 приплив	3–11	Відгалуження	800,00	П	300×250	300,00	250,00	0,08	2,96	0,27	0,62	0,03	0,48	0,30	1,60	5,27	8,43	8,73	29,26
11	П2В2	П2 приплив	4–12	Відгалуження	600,00	П	300×250	300,00	250,00	0,08	2,22	0,27	0,31	0,03	0,27	0,08	1,50	2,96	4,44	4,53	33,79
12	П2В2	П2 приплив	4–13	Відгалуження	500,00	К	Ø250		250,00	0,05	2,83	0,25	0,46	0,03	0,48	0,22	1,40	4,80	6,72	6,95	40,74
13	П2В2	П2 приплив	5–14	Відгалуження	350,00	К	Ø200		200,00	0,03	3,09	0,20	0,31	0,03	0,72	0,22	1,30	5,75	7,47	7,69	48,43
14	П2В2	П2 приплив	6–15	Відгалуження	260,00	К	Ø160		160,00	0,02	3,59	0,16	0,16	0,03	1,21	0,19	1,20	7,74	9,29	9,48	57,91
15	П2В2	П2 приплив	7–16	Відгалуження	190,00	К	Ø160		160,00	0,02	2,62	0,16	0,16	0,03	0,65	0,10	1,10	4,13	4,55	4,65	62,56
16	П2В2	П2 приплив	8–17	Відгалуження	160,00	К	Ø160		160,00	0,02	2,21	0,16	0,15	0,03	0,46	0,07	1,10	2,93	3,22	3,29	65,86
Система П2В2 — витяжка В2, магістраль																					
17	П2В2	В2 витяжка	1–2	Магістраль	7300,00	П	1100×600	1100,00	600,00	0,66	3,07	0,78	2,00	0,03	0,18	0,36	3,20	5,66	18,12	18,49	18,49
18	П2В2	В2 витяжка	2–3	Магістраль	6070,00	П	1100×500	1100,00	500,00	0,55	3,07	0,69	6,07	0,03	0,21	1,24	1,40	5,64	7,89	9,14	27,63
19	П2В2	В2 витяжка	3–4	Магістраль	4710,00	П	1000×400	1000,00	400,00	0,40	3,27	0,57	4,71	0,03	0,28	1,32	1,20	6,42	7,70	9,03	36,65
20	П2В2	В2 витяжка	4–5	Магістраль	2870,00	П	900×300	900,00	300,00	0,27	2,95	0,45	2,87	0,03	0,29	0,83	1,10	5,23	5,75	6,59	43,24
21	П2В2	В2 витяжка	5–6	Магістраль	1840,00	П	600×300	600,00	300,00	0,18	2,84	0,40	1,84	0,03	0,30	0,56	1,00	4,84	4,84	5,39	48,64
22	П2В2	В2 витяжка	6–7	Магістраль	1410,00	П	500×250	500,00	250,00	0,13	3,13	0,33	1,41	0,03	0,44	0,62	0,90	5,89	5,30	5,92	54,56
23	П2В2	В2 витяжка	7–8	Магістраль	1090,00	П	400×250	400,00	250,00	0,10	3,03	0,31	1,09	0,03	0,45	0,49	0,80	5,50	4,40	4,89	59,45
Система П2В2 — витяжка В2, відгалуження																					
24	П2В2	В2 витяжка	2–9	Відгалуження	1230,00	П	500×250	500,00	250,00	0,13	2,73	0,33	1,23	0,03	0,34	0,41	1,80	4,48	8,07	8,48	8,48
25	П2В2	В2 витяжка	3–10	Відгалуження	1000,00	П	400×250	400,00	250,00	0,10	2,78	0,31	1,00	0,03	0,38	0,38	1,60	4,63	7,41	7,78	16,27
26	П2В2	В2 витяжка	4–11	Відгалуження	700,00	П	300×200	300,00	200,00	0,06	3,24	0,24	0,77	0,03	0,66	0,51	1,50	6,30	9,45	9,96	26,22
27	П2В2	В2 витяжка	5–12	Відгалуження	530,00	К	Ø250		250,00	0,05	3,00	0,25	0,42	0,03	0,54	0,23	1,40	5,40	7,56	7,78	34,01
28	П2В2	В2 витяжка	6–13	Відгалуження	350,00	К	Ø200		200,00	0,03	3,09	0,20	0,33	0,03	0,72	0,24	1,30	5,75	7,47	7,71	41,71
29	П2В2	В2 витяжка	7–14	Відгалуження	250,00	К	Ø200		200,00	0,03	2,21	0,20	0,28	0,03	0,37	0,10	1,20	2,93	3,52	3,62	45,33
30	П2В2	В2 витяжка	8–15	Відгалуження	160,00	К	Ø160		160,00	0,02	2,21	0,16	0,20	0,03	0,46	0,09	1,10	2,93	3,22	3,32	48,65
Система П3В3 — приплив П3, магістраль																					
31	П3В3	П3 приплив	1–2	Магістраль	2500,00	П	550×350	550,00	350,00	0,19	3,61	0,43	2,50	0,03	0,46	1,14	2,60	7,81	20,30	21,44	21,44
32	П3В3	П3 приплив	2–3	Магістраль	2300,00	П	550×350	550,00	350,00	0,19	3,32	0,43	2,30	0,03	0,39	0,89	1,40	6,61	9,25	10,14	31,58
33	П3В3	П3 приплив	3–4	Магістраль	1480,00	П	500×250	500,00	250,00	0,13	3,29	0,33	1,48	0,03	0,49	0,72	1,20	6,49	7,79	8,51	40,09
34	П3В3	П3 приплив	4–5	Магістраль	1180,00	П	500×200	500,00	200,00	0,10	3,28	0,29	1,18	0,03	0,56	0,67	1,10	6,45	7,09	7,76	47,85
35	П3В3	П3 приплив	5–6	Магістраль	880,00	П	400×200	400,00	200,00	0,08	3,06	0,27	0,88	0,03	0,53	0,46	1,00	5,60	5,60	6,06	53,91
36	П3В3	П3 приплив	6–7	Магістраль	760,00	П	300×200	300,00	200,00	0,06	3,52	0,24	0,76	0,03	0,77	0,59	0,90	7,43	6,69	7,27	61,19
37	П3В3	П3 приплив	7–8	Магістраль	480,00	П	300×150	300,00	150,00	0,05	2,96	0,20	0,48	0,03	0,66	0,32	0,80	5,27	4,21	4,53	65,72
Система П3В3 — приплив П3, відгалуження																					
38	П3В3	П3 приплив	2–9	Відгалуження	200,00	П	150×150	150,00	150,00	0,02	2,47	0,15	0,30	0,03	0,61	0,18	1,40	3,66	5,12	5,30	5,30
39	П3В3	П3 приплив	3–10	Відгалуження	300,00	П	400×150	400,00	150,00	0,06	1,39	0,22	0,72	0,03	0,13	0,10	1,40	1,16	1,62	1,72	7,02
40	П3В3	П3 приплив	4–11	Відгалуження	300,00	П	300×150	300,00	150,00	0,05	1,85	0,20	0,54	0,03	0,26	0,14	1,30	2,06	2,67	2,81	9,83
41	П3В3	П3 приплив	5–12	Відгалуження	250,00	П	250×150	250,00	150,00	0,04	1,85	0,19	0,42	0,03	0,27	0,12	1,20	2,06	2,47	2,58	12,42
42	П3В3	П3 приплив	6–13	Відгалуження	220,00	П	250×100	250,00	100,00	0,03	2,44	0,14	0,30	0,03	0,63	0,19	1,20	3,59	4,30	4,49	16,91
43	П3В3	П3 приплив	7–14	Відгалуження	180,00	П	150×100	150,00	100,00	0,02	3,33	0,12	0,12	0,03	1,39	0,17	1,10	6,67	7,33	7,50	24,41
44	П3В3	П3 приплив	8–15	Відгалуження	150,00	К	Ø160		160,00	0,02	2,07	0,16	0,18	0,03	0,40	0,07	1,10	2,58	2,83	2,91	27,32
Система П3В3 — витяжка В3, магістраль																					
45	П3В3	В3 витяжка	1–2	Магістраль	2300,00	П	550×350	550,00	350,00	0,19	3,32	0,43	2,30	0,03	0,39	0,89	2,60	6,61	17,18	18,07	18,07
46	П3В3	В3 витяжка	2–3	Магістраль	2000,00	П	500×200	500,00	200,00	0,10	5,56	0,29	1,16	0,03	1,62	1,88	1,40	18,52	25,93	27,81	45,88
47	П3В3	В3 витяжка	3–4	Магістраль	1600,00	П	500×200	500,00	200,00	0,10	4,44	0,29	1,08	0,03	1,04	1,12	1,20	11,85	14,22	15,34	61,22
48	П3В3	В3 витяжка	4–5	Магістраль	1200,00	П	400×200	400,00	200,00	0,08	4,17	0,27	0,84	0,03	0,98	0,82	1,10	10,42	11,46	12,28	73,50
49	П3В3	В3 витяжка	5–6	Магістраль	800,00	П	400×150	400,00	150,00	0,06	3,70	0,22	0,66	0,03	0,94	0,62	1,00	8,23	8,23	8,85	82,35
50	П3В3	В3 витяжка	6–7	Магістраль	500,00	П	300×150	300,00	150,00	0,05	3,09	0,20	0,54	0,03	0,71	0,39	0,90	5,72	5,14	5,53	87,88
51	П3В3	В3 витяжка	7–8	Магістраль	300,00	П	250×150	250,00	150,00	0,04	2,22	0,19	0,42	0,03	0,40	0,17	0,80	2,96	2,37	2,54	90,42
Система П3В3 — витяжка В3, відгалуження																					
52	П3В3	В3 витяжка	2–9	Відгалуження	300,00	П	400×200	400,00	200,00	0,08	1,04	0,27	1,02	0,03	0,06	0,06	1,50	0,65	0,98	1,04	1,04
53	П3В3	В3 витяжка	3–10	Відгалуження	300,00	П	300×200	300,00	200,00	0,06	1,39	0,24	0,76	0,03	0,12	0,09	1,40	1,16	1,62	1,71	2,75
54	П3В3	В3 витяжка	4–11	Відгалуження	250,00	П	300×200	300,00	200,00	0,06	1,16	0,24	0,64	0,03	0,08	0,05	1,30	0,80	1,04	1,10	3,85
55	П3В3	В3 витяжка	5–12	Відгалуження	200,00	П	250×200	250,00	200,00	0,05	1,11	0,22	0,54	0,03	0,08	0,05	1,20	0,74	0,89	0,93	4,78
56	П3В3	В3 витяжка	6–13	Відгалуження	150,00	П	200×150	200,00	150,00	0,03	1,39	0,17	0,32	0,03	0,17	0,05	1,20	1,16	1,39	1,44	6,23
57	П3В3	В3 витяжка	7–14	Відгалуження	100,00	П	150×100	150,00	100,00	0,02	1,85	0,12	0,18	0,03	0,43	0,08	1,10	2,06	2,26	2,34	8,57