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 третьої черги житлового комплексу seven-eleven в м. Києві.

Бараннiков Павло Дмитрович
(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
_____
„24” 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР

Опалення вентиляція та кондиціонування повітря третьої черги житлового комплексу seven-eleven в м. 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 Баранніков Павло Дмитрович
(прізвище, ім’я по батькові повністю)
Будівництво та цивільна інженерія
(спеціальність)
Теплогазопостачання і вентиляція
(освітня програма)
Група ТВ-23с
Керівник проф. Любарець Олександр Петрович
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент Семчук М.П.
_____
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
_____
„15" 05 2026 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР

Бараннiков Павло Дмитрович
(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи: Опалення вентиляція та кондиціонування повітря третьої черги житлового комплексу seven-eleven в м. Києві

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

2. Керівник роботи проф. Любарець Олександр Петрович

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

3. Термін подання здобувача роботи до захисту 23.06.2026

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

Розділ 5. Система вентиляції

Розділ 6. Технологія та організація монтажу інженерних систем

Розділ 7. Охорона праці та навколишнього середовища

Розділ 8. Енергоефективність

5. Графічний матеріал за розділами

Аркуш 1. План 1-го та 2го поверхів з системою вентиляції; план кровлі з системою вентиляції; експлікація приміщень; схема КЦК-8-1-ПВК-Пр-7940/130-Л-7940/97

Аркуш 2. Аксонометричні схеми: ПВ1, В2, В3, П2, В4, В5

Аркуш 3. План 1-го та 2-го поверхів з системою опалення; експлікація приміщень; позначення теплової підлоги; вузли 1 та 2

Аркуш 4. Схема системи радіаторного опалення; схема розташування елементів розподільчого колектора ТП-1; специфікація обладнання та матеріалів

Аркуш 5. Схема системи радіаторного опалення; схема розташування елементів розподільчого колектора ; специфікація обладнання та матеріалів; аксонометрична схема системи опалення

Аркуш 6. Деталі; графік зміни чисельності робітників; умовні позначення

Аркуш 7. Монтажна схема системи опалення; комплектувальна відомістьна вироби і деталі

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Вступна частина	25.05.26
Розділ 2. Характеристика об'єкта будівництва	01.06.26
Розділ 3. Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій	08.06.26
Розділ 4. Розрахунок системи опалення	08.06.26
Розділ 5. Розрахунок системи вентиляції та кондиціонування	09.06.26
Розділ 6. Технологія та організація монтажу інженерних систем	13.06.26
Розділ 7. Охорона праці та навколишнього середовища	15.06.26

Остаточне оформлення роботи	19.06.26
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	20.06.2026
Попередній захист роботи на кафедрі	24.06.2026

7. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
Розділ 6.	Сенчук М.П., к.т.н., доцент	23.06.2026	
Розділ 7.	Клімова І.В., доцент	24.06.2026	

8. Дата видачі завдання 25.05.2026

Керівник _____ Любарець О.П.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Здобувач _____ Баранніков П.Д.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ……...
2. Характеристика об'єкту будівництва…….
2.1 Загальні відомості про об'єкт…….
2.2 Місце розташування об'єкта……..
2.3 Кліматичні дані……....
3. Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій……....
3.1 Загальні відомості про теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій……
3.2 Конструктивні рішення будівлі та її елементів……....
3.3 Розрахунок тепловтрат будівлі……..
4. Розрахунок системи опалення…….....
4.1 Конструктивні рішення з урахуванням архітектурно- планувальних особливостей будівлі ……..…….
4.2 Розрахунок системи опалення……....
4.3 Вибір розмірів і розміщення опалювальних приладів…….....
4.4 Запірна на регулююча арматура……....
4.5 Трубопроводи системи опалення та їх прокладання……..
4.6 Вибір джерела теплової енергії……....
5. Система вентиляції та кондиціонування повітря……...
5.1 Основні поняття про систему вентиляції та кондиціонування повітря……
5.2 Вихідні дані для розрахунку системи вентиляції та кондиціонування повітря……
5.3 Розрахунок балансу шкідливостей……...
5.4 Надходження шкідливостей в приміщення…….....
5.5 Тепловий баланс в приміщенні…….....
5.6 Розрахунок повітрообмінів в приміщенні…….
5.7 Баланс повітря у будівлі ……....
5.8 Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції……
5.9 Підбір повітророзподільників……
5.10 Підбір вентиляціїйного обладнання ……
6. Технологія та організація монтажу інженерних систем…….
6.1 Технології монтажу систем вентиляції…….
6.1.1 Підготовчий етап та організаційно-технічні заходи перед монтажем систем вентиляції …….....

6.1.2 Вимоги до виконання монтажу повітропроводів та вентиляційного обладнання……
6.1.3 Монтажне креслення системи вентиляції……..
6.2 Організація монтажу систем вентиляції…….....
6.2.1 Календарне планування виконаних робіт…….....
6.2.2 Послідовний та потоковий метод організації виконання будівельно-монтажних робіт, побудова графіка-циклограми……..
7. Охорона праці та навколишнього середовища…….
7.1 Основні завдання охорони праці……
7.2 Небезпечні та шкідливі фактори, що діють на працівників під час виконання робіт…….....
7.3 Охорона навколишнього середовища……
Список використаних джерел…….
Додаток А
Додаток Б
Додаток В
Додаток Г
Додаток Д

РОЗДІЛ 1
ВСТУПНА ЧАСТИНА

1.Вступ

Актуальність теми. Забезпечення нормативного мікроклімату та комфортних умов життєдіяльності людини в приміщеннях різного призначення (житлових, громадських, адміністративних та виробничих) є фундаментальним завданням сучасних інженерних систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВК).

В умовах сьогодення, що характеризуються стрімким підвищенням вартості енергоносіїв, особливої гостроти набуває питання раціонального збереження енергоресурсів. Цей фактор зумовлює необхідність постійного вдосконалення інженерних рішень, модернізації обладнання та впровадження прогресивних технологій у галузі будівництва та проектування систем ОВК.

Метою атестаційної бакалаврської роботи є розробка сучасної, енергоефективної системи опалення та вентиляції 10 -х поверхового житлового будинку з окремим приміщеннями. Створення безпечного та комфортного для здоров’я людини середовища при мінімальних матеріальних та енергетичних затратах. Інженерне розроблення комплексних систем повітряного опалення й загальнообмінної вентиляції припливно-витяжного типу для вбудованих зон на базі високотехнологічних енергоощадних приладів і сучасної терморегулювальної арматури. В даній атестаційній бакалаврській роботі система опалення житлової частини запроектована двотрубна, з нижньою розводкою, з тупиковим рухом теплоносія і з поквартирним відгалуженням. Опалення вбудованих нежитлових приміщень 1-го поверху передбачається самостійної системою, на якій в приміщенні ІТП встановлюється прибор комерційного обліку витрати теплоти. Система опалення вбудованих нежитлових приміщень двотрубна з нижнім розведенням трубопроводів.

Для вбудованих нежитлових приміщень 1-го поверху системавентиляції запроектована окремо для кожного приміщення в залежності від призначення. Перший поверх поділений на три частини, для кожної частини передбачається припливно-витяжна установ

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ БУДІВНИЦТВА

2.1 Загальні відомості про об’єкт

Об’єктом проектування є житловий будинок, який розташований в місті Київ.

Будівля складається з 10 житлових поверхів, та підвалу, також окремої будівля конференс залу

Джерелом теплопостачання будівлі є окремо розташована котельня. Теплопостачання системи опалення житлового будинку здійснюється від теплопункту, що розміщується в підвалі. Теплоносієм для системи опалення є гаряча вода з параметрами 80-60°С.

Система опалення житлової частини двотрубна, з нижньою розводкою, з тупиковим рухом теплоносія і з поквартирним відгалуженням.

Вертикальні магістральні стояки квартир прокладаються в закритих шафах в коридорах. Для кожної квартири передбачається встановлення лічильника тепла і запірної арматури. Трубопроводи системи опалення житлових та нежитлових приміщень монтуються із поліетиленових труб PEX- з антидифузійним захистом, що прокладаються в підготовці підлоги захованим методом.

Система вентиляції - загально-обмінна, припливно-витяжна. Повітропроводи виготовлені з оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм, прокладаються відкрито під стелею. Забезпечення свіжим повітрям, відбувається трьома припливно-витяжними установками з рекуперацією тепла.

Обґрунтовані в роботі технологічні та конструктивні рішення розроблені у суворій відповідності до діючих на території України екологічних, протипожежних та санітарно-епідеміологічних регламентів. Їх практична реалізація забезпечує високу експлуатаційну

надійність інженерних систем та створює безпечне й комфортне середовище для життєдіяльності людини.

2.2Місце розташування об’єкта

Об'єкт будівництва розташований у місті Києві — головному мегаполісі та адміністративному центрі України з потужною інфраструктурою та розвиненими мережами інженерного забезпечення.

- Географічне положення: Північна частина Центральної України, вздовж берегів річки Дніпро на межі зон Полісся та Лісостепу.
- Рельєф місцевості: Пересічений, із вираженим поділом на низовинну лівобережну частину та підвищену правобережну частину (в межах Придніпровської височини). Перепад висот становить від 106 до 179 метрів над рівнем моря.
- Гідрографія та зелені зони: Місто перетинає річка Дніпро з притоками. Область будівництва характеризується наявністю великих зелених масивів (Голосіївський ліс, Пуща-Водиця тощо), що межують із урбанізованими зонами та впливають на тепловий баланс району.

2.3 Кліматині дані

Місто Київ розташоване в І кліматичній зоні. лімат району будівництва — помірно-континентальний, з відносно м'якою, але тривалою зимою та теплим, достатньо зволоженим літом.

Середня температура найхолоднішого місяця зими (січня) становить 6,4 °С а найтеплішого місяця (липня) дорівнює +19,5°С. Середня річна температура повітря становить +7,7°С.Тривалість опалювального періоду (згідно з ДСТУ для житлових будівель при переході через температуру тримання 8°С) становить 176 діб, а середня температура повітря за цей період дорівнює -0,1 °С. Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування систем опалення та вентиляції (параметр Б) для м. Київ

приймається на рівні -22°С.

Розрахункові величини середньомісячних та середньорічних температур наведені в таблиці 2.1, сформованій на підставі ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [1].

Таблиця 2.1

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

Переважна більшість вітрів у районі будівництва має західний та північно-західний напрямки. У холодний період року домінує західний (Зх) напрямок руху повітряних мас з повторюваністю 19,0%. У теплий період року домінує північно-західний (ПнЗх) напрямок руху з повторюваністю 17,5%.

Повторюваність напрямків вітру й штилів, (%), наведена у таблиці 2.2, згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [1].

Період року	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	Штиль
Теплий період	13	9,5	7,5	8	9	12,5	15	17,5	8
Холодний період	7	7	9	14	14	17	19	10	3
Рік	10	8,2	8,3	11	11,5	14,8	17	13,7	5,5

Формування теплового балансу зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель і земної поверхні відбувається під безпосереднім впливом сонячного випромінювання, яке виступає ключовим постачальником теплової енергії. Потік енергії, що досягає об'єкта проектування, має неоднорідну фізичну структуру і складається з двох компонентів.

Перший компонент — пряме випромінювання, що є спрямованим потоком паралельних світлових променів, які проходять крізь атмосферні шари безпосередньо від сонячного диска. Другий компонент — дифузне (розсіяне) випромінювання, яке утворюється через заломлення та розсіювання світла в хмарах і газах атмосфери, через що воно падає на об'єкт рівномірно з усього простору небосводу. За умов суцільної хмарності цей вид теплонадходжень залишається єдиним джерелом природного нагріву.

Сукупна дія обох складових визначає величину загальної (сумарної) сонячної радіації, що фіксується на горизонтальних і вертикальних поверхнях споруди. Її кількісні показники є базовими вихідними даними для калькуляції теплопотужності вентиляційних систем та опалення.

Підсумковий річний радіаційний баланс для міста Києва є позитивним і становить у середньому 1,65-1,8 МДж/м^2. Протягом року цей показник суттєво змінюється: від негативних значень у січні-лютому (на рівні -0,05МДж/м^2) до максимальних позначок у червні-липні (0,32–0,35МДж/м^2).

Вологісний режим атмосфери визначається величиною парціального тиску водяної пари, дефіцитом насичення та відносною вологістю повітря. Середньорічна відносна вологість у м. Київ складає 75% [1].

Абсолютна мінімальна температура зовнішнього повітря: -32°С;

Абсолютна максимальна температура зовнішнього повітря: +39°С

Розрахункова зимова температура зовнішнього повітря для проектування опалення : -22°С

Розрахункова температура зовнішнього повітря в теплий період для проектування вентиляції :+28°С

Середня температура повітря за опалювальний період: -0,1°С [1];

Тривалість опалювального періоду (для житлового фонду): 176 діб [1];

Розрахункова географічна широта міста Києва: 50° пн. ш.;

Глибина промерзання ґрунту (нормативна):

середня: 0,85 м;

максимальна: 1,40 м.

Кількість опадів за рік: 649 мм.

РОЗДІЛ 3

ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

3.1 Загальні відомості про теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій

У сучасних умовах розвитку будівельної галузі раціональне використання енергетичних ресурсів набуває виняткової актуальності. Обґрунтований вибір будівельних матеріалів для огороджувальних конструкцій дозволяє істотно зменшити споживання енергоресурсів і забезпечити підвищену довговічність конструкцій протягом усього нормативного терміну експлуатації будівель і споруд.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [2], встановлено мінімальні вимоги до теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій та енергетичних характеристик будівлі або її окремих частин. Вказані вимоги визначаються на основі економічно обґрунтованих рівнів енергоефективності з урахуванням повного життєвого циклу будівлі, забезпечення санітарно-гігієнічних та побутових потреб людини, а також підтримання оптимальних параметрів мікроклімату приміщень.

Основною метою теплотехнічного розрахунку є підбір таких матеріалів і конструктивних рішень огороджувальних конструкцій, які забезпечують повну відповідність нормативним вимогам.

У загальному випадку огороджувальна конструкція складається з несучого шару, що характеризується високою щільністю, значною теплопровідністю та низькою проникністю для водяної пари й повітря, та теплоізоляційного шару, який має порувату структуру, низький коефіцієнт теплопровідності, а також високу паро- та повітропроникність.

Теплофізичні характеристики огороджувальних конструкцій значною мірою залежать від умов їх експлуатації, що визначаються параметрами внутрішнього та зовнішнього повітря.

Нормами ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [2] для зовнішніх огороджувальних конструкцій передбачено обов'язкове дотримання таких вимог:

$$R_{\Sigma\,\text{пр}} \geq R_{q\,min}, \quad (3.1)$$

де $R_{\Sigma\text{пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої або світлопрозорої огороджувальної конструкції, м^2·К/Вт;

R_{qmin} – мінімально допустиме значення приведеного опору теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції чи непрозорої частинки огороджувальної конструкції, або мінімально допустиме значення приведеного опору теплопередачі світлопрозорої конструкції, м^2·К/Вт.

$$\Delta T_{\text{пр}} \leq \Delta \text{T}_{cr}, \quad (3.2)$$

де $\Delta T_{\text{пр}}$ - за санітарно-гігієнічними вимогами допустима величина різниці між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С;

ΔT_{cr} – фактична різниця між температурами внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С.

$$T_{\text{в мін}} > \text{T}_{\text{мін}}, \quad (3.3)$$

де $T_{\text{в мін}}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах де наявні теплопровідні включення в огороджувальній конструкції, °С;

$T_{мін}$ – дозволене мінімальне значення температури внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції з розрахункових значень температури внутрішнього і зовнішнього повітря, °С.

Вибір та використання матеріалу в огороджувальних конструкціях залежить від вологісного режиму приміщення (таблиця 3.1) та характеризується умовами А і Б (таблиця 3.2).

Вологісний режим приміщення

Таблиця 3.1

Вологісний режим	Відносна вологість внутрішнього повітря φint, %, за температури внутрішнього повітря θint, °С		
	$\theta_{int} \leq 12$	$12 \leq \theta_{int} \leq 24$	$\theta_{int} > 24$
Сухий	$\varphi_{int} < 60$	$\varphi_{int} < 50$	$\varphi_{int} < 40$
Нормальний	$60 \leq \varphi_{int} \leq 75$	$50 \leq \varphi_{int} \leq 60$	$40 \leq \varphi_{int} \leq 50$
Вологий	$75 < \varphi_{int}$	$60 \leq \varphi_{int} \leq 75$	$50 \leq \varphi_{int} \leq 60$
Мокриий	-	$75 < \varphi_{int}$	$60 < \varphi_{int}$

Вологісні умови експлуатацію матеріалу в конструкціях

Таблиця 3.2

Вологісний режим	Умови експлуатації
Сухий	А
Нормальний	Б
Вологий	Б
Мокриий	Б

Для житлової будівлі розрахункові параметри внутрішнього середовища згідно з ДБН Б.2.6-31:2021 [2], табл. Б 2.:

θ_{int}– внутрішня температура в приміщенні, t_{int} = 20 °С;

φ_{int}– вологість повітря в приміщенні, φ_{int} = 55 %;

Теплотехнічний розрахунок та підбір огороджувальних конструкцій заснований на розрахункових значеннях температури θ_{int} та вологості φ_{int} внутрішнього повітря в приміщенні будівлі та температури зовнішнього повітря для найхолоднішої п’ятиденки забезпеченістю 0,92.

Теплотехнічний розрахунок та підбір огороджувальних конструкцій заснований на розрахункових значеннях температури θ_{int} та вологості $\phi_в$ внутрішнього повітря в приміщенні будівлі та температури зовнішнього повітря для найхолоднішої п’ятиденки забезпеченістю 0,92.

Розрахункова формула для фактичного опору теплопередачі:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \cdots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_з}, \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \qquad (3.4)$$

де $\alpha_в$ – коефіцієнт віддачі тепла від внутрішньої поверхні конструкції, Вт/ м^2·К, визнається згідно з ДСТУ Б В.2.6-190:2013 [3] (дод.А, табл.А.4).

Отже для стін коефіцієнт становить: $\alpha_в$=8,7 Вт/ м^2·К; δ_1 – товщина шару, з якого складається конструкція, м;

λ_1 – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, з якого виконується шар конструкції і залежить від розрахункових умов експлуатації, Вт/ м·К;

$\alpha_з$ – це коефіцієнт віддачі тепла зовнішньої поверхі конструкції,

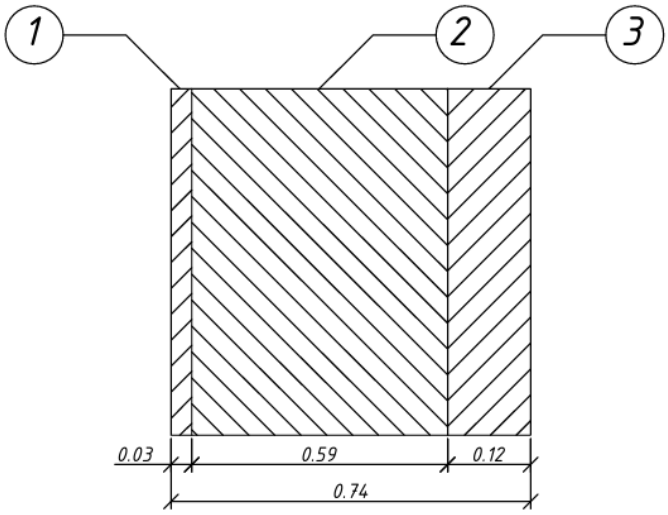
визначається згідно з ДСТУ Б В.2.6-190:2013 [3] (дод.А, табл.А.4).

Для стін коефіцієнт $\alpha_з$ = 23 Вт/ м^2·К; для горищного перекриття $\alpha_з$ = 6 Вт/ м^2·К; для підвального перекриття $\alpha_з$ = 6 Вт/ м^2·К

3.2 Конструктивні рішення будівлі та її елементів

Конструкція зовнішньої стіни

Зовнішня стіна складається з бетону на гравії, бетону ніздрюватого, розчину цементно-піщаного. Схема зовнішньої стіни зображена на рис.3.1.



Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 [2] $R_{q\ min}$ – мінімальне допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції, враховуючи те що будівля знаходиться в І температурній зоні, становить: $R_{q\ min}$ = 4 м^2·К/Вт.

Розрахункові теплофізичні характеристики матеріалів шарів, з яких складається конструкція зовнішньої стіни наведено в таблиці 3.3.

Розрахункові теплофізичні характеристики матеріалів шарів зовнішньої стіни

Таблиця 3.3

№	Назва матеріалу шару	Густина, ρ, кг/м^3	Товщина шару, δ, м	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт/м·К	Термічний опір шару, R=δ/λ, м^2·К/Вт
1	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	2400	0,03	1,86	0,016
2	Бетон ніздрьований	500	0,59	0,16	3,687
3	Керамзитобетон на керамзитовому піску	1600	0,12	0,79	0,152

Розрахунок теплопередачі виконується для шарів, які розташовані від внутрішньої конструкції до повітряного прошарку, так як він є вентильованим.

h_{si}=8,7 h_{se}=23

$R_{si}=\frac{1}{8.7}$=0,115 м^2·К/Вт ; Rse=$\frac{1}{23}$=0.043 м^2·К/Вт

$R_1=\frac{0,03}{1,86}$=0,016 м^2·К/Вт ;

$R_3=\frac{0,12}{0.79}$=0,0152 м^2·К/Вт

Розраховуємо товщину утеплюючого шару:

$R_{\sum}=R_{qmin}$=4 м^2·К/Вт

$R_2= R_{qmin}-(R_{si}+R_1+R_3+R_{se})$=4-(0,115+0,016+0,152+0,043)=3,674

$м^2 \cdot К/Вт$

$$\delta_2 = R2 \cdot \lambda_2 = 3{,}674 \cdot 0{,}16 = 0{,}58784$$

Приймаємо товщину утеплюючого шару δ_3 = 0,58784 м, за якої опір теплопередачі буде відповідати нормативним вимогам

$$R_2 = \frac{0{,}59}{0{,}16} = 3{,}687 \ м^2 \cdot К/Вт$$

Так як конструкція є термічно однорідною, тому опір теплопередачі конструкції $R_\sum$ вираховується за формулою (3.4):

$$R_\sum = 3{,}6874 + 0{,}326 = 4{,}013 \ м^2 \cdot К/Вт$$

Оскільки $R_\sum = 4{,}013 \ м^2 \cdot К/Вт > R_{q\ min} = 4{,}0 \ м^2 \cdot К/Вт$, то умова виконується.

Перевіряємо виконання другої вимоги : $\Delta\ \theta_{int\text{-}si} \leq \Delta\ \theta_{int\text{-}si\text{-}max}$

$$\Delta\ \theta_{int\text{-}si} = \frac{\theta int - \theta ext}{R\sum \cdot hsi} = \frac{20+22}{4.013 \cdot 8.7} = 1.26℃$$

θint– внутрішня температура в приміщенні, ℃;

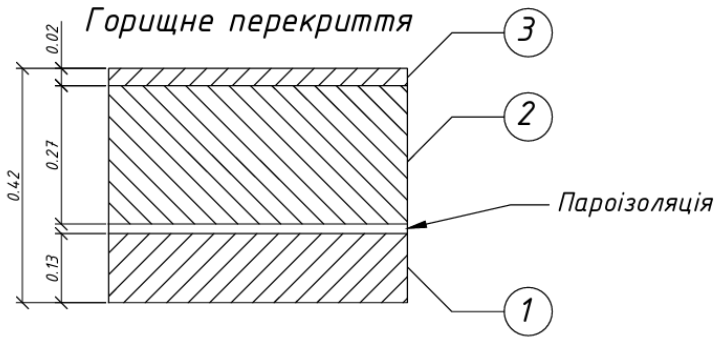
θext – зовнішня температура в приміщенні, ℃.

1.26<4 -умова виконується

Конструкція горищного перекриття

Горищне перекриття складається з таких шарів: бетон на гравії або щебені з природного каменю, вироби теплоізольовані з жорсткого пінополіуретану, розчин цементно -піщаний

Схема горищного перекриття зображена на рисунку 3.2.



Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 [2] $R_{q\ min}$ – мінімальне допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції, враховуючи те що будівля знаходиться в І температурній зоні, становить:$R_{q\ min}$

= 6 м^2·К/Вт.

Розрахункові теплофізичні характеристики матеріалів шарів горищного перекриття наведені в таблиці 3.4.

Розрахункові теплофізичні характеристики матеріалів шарів горищного перекриття Таблиця 3.4

№	Назва матеріалу шару	Густина, ρ, кг/м^3	Товщина шару, δ, м	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт/м·К	Термічний опір шару, R=δ/λ, м^2·К/Вт
1	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	2400	0,15	1,86	0,07
2	Вироби теплоізольовані з з жорсткого пінополіуретану	35	0,27	0,047	5,744
3	Керамзитобетон на керамзитовому піску	1800	0,002	0,93	0,021

$h_{si}=10$ $h_{se}=6$

$R_{si}=\frac{1}{10}=0{,}1$ м²·К/Вт ; $Rse=\frac{1}{6}=0.166$ м²·К/Вт

$R_1=\frac{0{,}13}{1{,}86}=0{,}070$ м²·К/Вт ;

$R_3=\frac{0{,}02}{0.93}=0{,}021$ м²·К/Вт

Розраховуємо товщину утеплюючого шару:

$$R_{\sum}=R_{qmin}=6 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$$

$R_2= R_{qmin}-(R_{si}+R_1+R_3+R_{se})=6-(0{,}1+0{,}07+0{,}021{,}0{,}166)=5{,}643$ м²·К/Вт

$$\delta_2=R2\cdot \lambda_2 =5{,}643\cdot 0{,}047=0{,}27$$

Приймаємо товщину утеплюючого шару δ_3 = 0,27 м, за якої опір теплопередачі буде відповідати нормативним вимогам

$$R_2=\frac{0{,}27}{0{,}0{,}047}=5{,}744 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$$

Так як конструкція є термічно однорідною, тому опір теплопередачі конструкції $R_{\sum}$ вираховується за формулою (3.4):

$$R_{\sum}=5{,}744+0{,}357=6{,}101 \text{м}^2\cdot\text{К/Вт}$$

Оскільки $R_{\sum}$ = 6,101 м²·К/Вт > $R_{q\ min}$ = 6,0 м²·К/Вт, то умова виконується.

Перевіряємо виконання другої вимоги : $\Delta\ \theta_{int\text{-}si} \le \Delta\ \theta_{int\text{-}si\text{-}max}$

$$\Delta\ \theta_{int\text{-}si}=\frac{\theta int-\theta ext}{R\sum\cdot hsi}=\frac{20+22}{6{,}101\cdot 10}=0{,}72°C$$

θint– внутрішня температура в приміщенні, °С;

θext – зовнішня температура в приміщенні, °С.

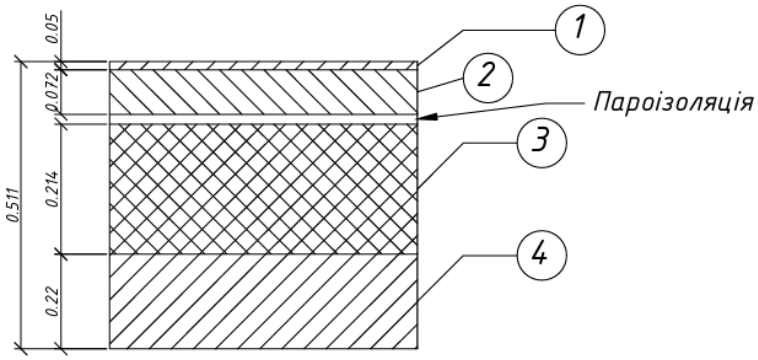
0,72<4 -умова виконується

Конструкція горищного перекриття

Горищне перекриття складається з таких шарів:лінолеум полівінілхлоридний на теплоізольованій основі, розчин цементно-піщаний, вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна,

бетон на гравії або щебні з природного каменю

Схема горищного перекриття зображена на рисунку 3.2.



Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 [2] $R_{q\ min}$ – мінімальне допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції, враховуючи те що будівля знаходиться в І температурній зоні,становить: R_{qmin}= 6 м^2·К/Вт.

Розрахункові теплофізичні характеристики матеріалів шарів горищного перекриття наведені в таблиці 3.4.

Розрахункові теплофізичні характеристики матеріалів шарів горищного перекриття

Таблиця 3.4

№	Назва матеріалу шару	Густина, ρ, кг/м^3	Товщина шару, δ, м	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт/м·К	Термічний опір шару, R=δ/λ, м^2·К/Вт
1	лінолеум полівінілхлоридний на теплоізольованій основі	1600	0,005	0,33	0,015

2	розчин цементно-піщаний	1800	0,072	0,93	0,077
3	вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна	75	0,214	0,047	4,6
4	бетон на гравії або щебні з природного каменю	2400	0,22	1,86	2,08

h_{si}=5,9 h_{se}=6

$R_{si}=\frac{1}{5,9}$=0,169 м²·К/Вт ; Rse=$\frac{1}{6}$=0.166 м²·К/Вт

$R_1=\frac{0,005}{0,33}$=0,070 м²·К/Вт ;

$R_2=\frac{0,072}{0.93}$=0,077 м²·К/Вт

$R_4=\frac{0,22}{1,86}$=2,08 м²·К/Вт

Розраховуємо товщину утеплюючого шару:

$R_{\sum}=R_{qmin}$=5 м²·К/Вт

$R_2= R_{qmin}-(R_{si}+R_1+R_3+R_{se})$=5-(0,169+0,015+0,077+0,166)=4,573 м²·К/Вт

$\delta_2=R_3\cdot \lambda_2$ =4,573·0,047=0,214

Приймаємо товщину утеплюючого шару δ_3 = 0,214м, за якої опір теплопередачі буде відповідати нормативним вимогам

$R_2=\frac{0,214}{0,047}$=4,6 м²·К/Вт

Так як конструкція є термічно однорідною, тому опір

теплопередачі конструкції $R_{\sum}$ вираховується за формулою (3.4):

$$R_{\sum}=4,6+0,427=5,027 м^2 \cdot К/Вт$$

Оскільки $R_{\sum} = 5,027 м^2 \cdot К/Вт > R_{q\ min} = 5 м^2 \cdot К/Вт$, то умова виконується.

Перевіряємо виконання другої вимоги : $\Delta \theta_{int-si} \leq \Delta \theta_{int-si-max}$

$$\Delta \theta_{int-si}=\frac{\theta int-\theta ext}{R\sum \cdot hsi}=\frac{20+22}{5,027 \cdot 5,9}=1,416°C$$

θint– внутрішня температура в приміщенні, °C;

θext – зовнішня температура в приміщенні, °C.

1,416<2 -умова виконується

3.3 Розрахунок тепловтрат будівлі

Тепловий режим будівлі в загальному випадку визначається її **тепловим балансом**. Для підтримання нормованної температури внутрішнього повітря кількість тепла, що надходить у приміщення, повинна дорівнювати сумарним тепловим втратам.

Величина теплових втрат і споживання тепла будівлею залежить від теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій, а також від температури зовнішнього повітря.

До складових теплового балансу для забезпечення нормованної температури внутрішнього повітря належать:

1) Трансмісійні втрати тепла через зовнішні огороджувальні конструкції, що контактують із зовнішнім повітрям;
2) Трансмісійні втрати тепла через огороджувальні конструкції в неопалювальні приміщення;
3) Трансмісійні втрати тепла до суміжних приміщень з нижчою розрахунковою температурою;
4) Трансмісійні втрати тепла через конструкції підлоги в ґрунт;
5) Вентиляційні втрати тепла на нагрівання інфільтраційного повітря;

6) Додаткова теплова потужність, необхідна для компенсації охолодження приміщень при періодичному режимі роботи системи опалення;
7) Витрати теплоти на нагрівання матеріалів, виробів, обладнання та транспортних засобів.

Величина трансмісійного теплового потоку $Ф_{T,i}$, Вт, який втрачається приміщенням через елементи зовнішньої оболонки будівлі, розраховується за наведеною нижче залежністю. Дана формула враховує специфіку просторового розташування та конструктивні особливості конкретної кімнати

$$Ф_{T,i} =(H_{T,ie} + H_{T,iue}+ H_{T,ig} + H_{T,ij})\cdot(\theta_{int,i} - \theta e), Вт$$

де: $H_{T,i}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції приміщення назовні, Вт/°С;

$H_{T,iue}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат опалювального приміщення через неопалювальне приміщення назовні, Вт/°С;

$H_{T,ig}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції приміщення у землю (ґрунт), Вт/°С;

$H_{T,ij}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат опалювального приміщення через огороджувальну конструкцію до суміжного опалювального приміщення із іншою розрахунковою температурою, Вт/°С.

Розміри в осях, орієнтацію будинку та додаткові тепловтрати у вигляді Σβ вказуємо на схемі будинку.

Тепловтрати приміщень на інших поверхах розраховуємо за допомогою приведеного коефіцієнта.

Тепловтрати на 2-11 поверхах будуть однакові. На цих поверхах тепловтрати через міжповерхове перекриття не враховується.

Проектне теплове навантаження опалення приміщення визначають за формулою

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

де: ФТ,і – трансмісійні тепловтрати через огороджувальні конструкції приміщення, Вт;

ФV,і – вентиляційні тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення, Вт;

ФRH,і – додаткова компенсаційна теплова потужність для системи періодичного опалення, яка враховує ефект тимчасовості обігріву приміщення, Вт.

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення до зовнішнього повітря

$H_{T,ie} = \Sigma_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \Sigma_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l$, Вт/°С Останні поправочні коефіцієнти визначаються національними будівельними стандартами. За відсутності національних стандартів, їх значення за замовчуванням приймаються за додатком D.4.1 [2] і дорівнюють 1,0. Коефіцієнт теплопередачі k-будівельної конструкції огородження приміщення Uk визначається на попередніх етапах проектування системи опалення при теплотехнічному розрахунку зовнішніх будівельних конструкцій згідно ДБН В.2.5-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» [3].

Коефіцієнт теплопровідності матеріалу ψ_l l-елементу лінійного теплового мосту в конструкції будівельного огородження приймається за додатком Л [3] як розрахункова теплопровідність в умовах експлуатації.

Довжина лінійного теплового моста l визначається за будівельними кресленнями відповідних вузлів зовнішніх будівельних огороджень.

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення через неопалювальне приміщення до зовнішнього повітря.

$H_{T,iue} = \Sigma_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \Sigma_l \psi_l \cdot l_l \cdot b_u$, Вт/°С

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

$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\Sigma_k A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot) \cdot G_w$, Вт/°С

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

$H_{T,ij} = \Sigma_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$, Вт/°С

Вентиляційні тепловтрати опалювального приміщення

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

При відсутності організованого притоку

$V_i = max (V_{inf,i}, V_{min,i})$, м^3/год

$V_{inf,i} = 2 \cdot v_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$, м^3/год

Для нежитлових та невиробничих $V_{min,i} = Q_{tot} = n \cdot q_p + S \cdot q_B$, дм^3/с

Додаткову компенсаційну теплову потужність для системи періодичного опалення

$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$, Вт

Проектне теплове навантаження опалення будівлі визначають за формулою

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

Загальні розрахункові тепловтрати опалювального приміщення за спрощеною методикою обчислюються за формулою

$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta,i}$, Вт

Трансмісійні тепловтрати опалювального приміщення $\Phi_{T,i}$ за спрощеною методикою обчислюються за формулою

$\Phi_{T,i} = \Sigma_k f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{int,i} \cdot \theta_e)$, Вт

Вентиляційні тепловтрати опалювального приміщення $\Phi_{V,i}$ за спрощеною методикою обчислюються за формулою

Вентиляційні тепловтрати опалювального приміщення $\boldsymbol{\Phi_{V,i}}$ за спрощеною методикою обчислюються за формулою

Визначення теплової потужності системи опалення будівлі за спрощеною методикою виконується за формулою

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

Приміщення			Огороджувальна конструкція						Теплові мости														
№ Приміщення / Найменування	Площа приміщення, A_b, м²	Температура, $\theta_{in,b}$, °С	Позначення	Орієнтація	Довжина, a, м	Ширина (висота), b(h), м	Площа, A_b, м²	Коефіцієнт теплопередачі, U_b, Вт/м²·°С	Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат, e_k	Коефіцієнт теплопередачі теплового мосту, ψ_l, Вт/(м·°С)	Довжина теплового мосту, l, м	Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат, e_l	Температурний коефіцієнт кореляції (неопал.пр.), b_n	Поправочний коефіцієнт, що враховує різницю температур в сусідніх опалюваних	Характеристика трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції приміщення назовні, H_T, Вт/°С	Характеристика трансмісійних тепловтрат опал. прим. через ОК до	Трансмісійні тепловтрати приміщення, Φ_T, Вт	Мінімальний санітарно-гігієнічний повітрообмін в приміщенні, $V_{min,b}$, м³/год	Характеристика інфільтраційних тепловтрат приміщення, H_V, Вт/°С	Вентиляційні тепловтрати приміщення (без механічної вентиляції), Φ_V, Вт	Інші постійні (періодичні) тепловтрати (надсподж.), Φ_Q, Вт	Теплова потужність СО приміщення (без вентиляційних тепловтрат), $\Phi_{H,b}$, Вт	Теплова потужність системи опалення приміщення, $\Phi_{H,b}$ Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
101	11,88	22	ЗС	ПвЗ	4,11	3,66	15,0	0,250	1,10						4,13		558	54,0	18,36	808	-59	499	1307
ЖК	1,7		ЗС	ПнЗ	3,81	3,66	11,7	0,250	1,10						3,21								
			В	ПнЗ	1,50	1,50	2,3	1,389	1,10	0,44	0	1,10			3,44								
			ПЛ	-	4,11	3,300	13,5	0,141	1,0				0,39	0,39		1,9101							
102	12,6	20	ЗС	ПнЗ	4,01	3,66	12,4	0,250	1,10						3,41		610	54,0	18,36	771	-63	547	1318
ЖК	1,8		В	ПнЗ	1,50	1,50	2,3	1,389	1,10						3,44								
			ЗС	ПнЗ	3,50	3,66	10,7	0,250	1,10						2,95								
			БД	ПнЗ	1,00	2,10	2,1	1,389	1,10	0,44	1,9	1,10			4,13								
			ПЛ	-	3,50	3,37	11,8	0,141	1,00				0,36	0,36		0,59							
201	11,88	22	ЗС	ПвЗ	3,60	3,15	11,3	0,250	1,10						3,12		381	54,0	18,36	808	-59	322	1129
ЖК	1,7		ЗС	ПнЗ	3,50	3,15	8,8	0,250	1,10						2,41								
			В	ПнЗ	1,50	1,50	2,3	1,389	1,00	0,44	0	1,10			3,13								
202	12,6	20	ЗС	ПнЗ	4,01	3,15	10,4	0,250	1,10						2,85		565	54,0	18,36	771	-63	502	1273
ЖК	1,8		В	ПнЗ	1,50	1,50	2,3	1,389	1,10						3,44								
			ЗС	ПнЗ	3,50	3,15	8,9	0,250	1,10	0,44	3,1	1,10			3,95								
			БД	ПнЗ	1,00	2,10	2,1	1,389	1,10						3,21								
301	11,88	22	ЗС	ПвЗ	3,60	3,15	11,3	0,250	1,05						2,98		369	54,0	18,36	808	-59	310	1118
ЖК	1,7		ЗС	ПнЗ	3,30	3,15	8,1	0,250	1,05						2,14								
			В	ПнЗ	1,50	1,50	2,3	1,389	1,05	0,44	0	1,05			3,28								
302	12,6	20	ЗС	ПнЗ	4,01	3,15	10,4	0,250	1,05	0,44	3,1	1,05			4,15		557	54,0	18,36	771	-63	494	1265
ЖК	1,8		В	ПнЗ	1,50	1,50	2,3	1,389	1,05						3,28								
			ЗС	ПнЗ	4,01	3,15	10,5	0,250	1,05						2,76								
			БД	ПнЗ	1,00	2,10	2,1	1,389	1,05						3,06								
401	11,88	22	ЗС	ПвЗ	3,60	3,15	11,3	0,250	1,00						2,84		176	54,0	18,36	808	-59	117	924
ЖК	1,7		ЗС	ПнЗ	3,30	3,15	8,1	0,250	1,00						2,04								
			В	ПнЗ	1,50	1,50	2,3	1,389	1,00	0,44	0	1,00			3,13								
402	12,6	20	ЗС	ПнЗ	4,00	3,15	10,4	0,250	1,00						2,59		519	54,0	18,36	771	-63	456	1227
ЖК	1,8		В	ПнЗ	1,50	1,50	2,3	1,389	1,00						3,13								
			ЗС	ПнЗ	3,50	3,15	8,9	0,250	1,00						2,23								
			БД	ПнЗ	1,00	2,10	2,1	1,389	1,00	0,44	3,1	1,10			4,42								
1001	11,88	20	ЗС	ПнЗ	3,81	3,47	7,5	0,250	1,00						1,87		645	54,0	18,36	771	-59	586	1357
ЖК	1,7		В	ПнЗ	3,81	1,50	5,7	1,389	1,00	0,44	0	1,00			7,93								
			ЗС	ПвЗ	4,11	3,47	14,2	0,250	1,00						3,56								
			Ст	-	4,11	3,30	13,55	0,164	0,00				0,9			2,00							
1002	17,86	20	ЗС	ПнЗ	4,11	3,47	9,9	0,250	1,00						2,47		488	54,0	18,36	771	-89	399	1170
ЖК	2,6		В	ПнЗ	1,50	1,50	2,3	1,389	1,00						3,13								
			БД	ПнЗ	1,00	2,10	2,1	1,389	1,00	0,44	3,1	1,00			4,28								
			Ст	-	3,50	3,37	11,8	0,164	0,00				0,9			1,7384							

Зм. Арк. №докум. Підпис Дата
Кваліфікаційна робота
Арк

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

4.1 Конструктивні рішення з урахуванням архітектурно-планувальних особливостей будівлі

Згідно з нормативними документами [2, 3, 4] та з огляду на архітектурні рішення будівлі, у проєкті передбачено двотрубну систему опалення з нижнім розведенням, тупиковою циркуляцією теплоносія та поквартирним підключенням.

Опалення житлового будинку реалізується через підвальний теплопункт, який отримує нагріту воду з параметрами **80-60 °С** від окремо розташованої котельні.

Конфігурація та обґрунтування вибору системи опалення

Організація внутрішньобудинкових теплових мереж передбачає використання вертикальної або горизонтальної геометрії розведення. За архітектурою підключення опалювальних приладів виділяють три основні концепції:

- **Однотрубна (послідовна):** Теплоносій циркулює єдиною магістраллю, проходячи через усі радіатори по черзі. Рух води зумовлений різницею тисків. Головна особливість такої схеми — поступове охолодження теплоносія, через що перші радіатори нагріваються сильніше за останні.
- **Двотрубна (паралельна):** Потоки розділені. Подача нагрітої води до радіаторів здійснюється однією магістраллю, а відведення охолодженої — повністю незалежною зворотною трубою.
- **Променева (колекторна):** Кожен опалювальний прилад має індивідуальну лінію підключення до центрального розподільчого вузла (колектора). Це гарантує прецизійне управління температурою кожної

батареї, проте супроводжується високою матеріаломісткістю та складністю монтажу.

Для даного проєкту було ухвалено рішення застосувати **горизонтальну двотрубну систему опалення з нижнім розведенням**. Цей формат наразі домінує в інженерному проєктуванні завдяки ідеальному балансу теплотехнічних, експлуатаційних та візуальних характеристик.

Аналіз горизонтального розведення трубопроводів

Основні переваги:

- **Зональний клімат-контроль:** можливість індивідуального налаштування температурного режиму для кожної окремої зони чи приміщення.
- **Інтеграція з автоматикою:** система легко адаптується під дистанційне керування та автоматизований облік споживання тепла.
- **Естетичність:** архітектура системи дозволяє виконати повністю прихований монтаж магістралей (у конструкції підлоги).
- **Довговічність:** за умови правильного монтажу робочий ресурс системи складає кілька десятиліть.

Експлуатаційні ризики (недоліки):

- Вразливість прихованих магістралей: у разі механічного пошкодження труби у стяжці процес ремонту є складним та фінансово затратним.
- Імовірність виникнення потреби в періодичному ручному балансуванні чи коригуванні налаштувань системи.

Техніко-економічне обґрунтування двотрубної системи

З погляду інженерної економіки та енергоефективності обрана конфігурація демонструє найвищі показники:

- **Енергозбереження:** Використання радіаторних термостатів дозволяє знизити витрати теплової енергії до 25% (порівняно з нерегульованими аналогами) шляхом автоматичного обмеження подачі тепла в кімнати, що тимчасово не використовуються.
- **Стабільність теплового потоку:** На відміну від однотрубної схеми, тут температурний перепад води є константою для кожного радіатора. За розрахункових параметрів 80-60 °C це гарантує стабільно високий тепловий напір.
- **Оптимізована гідравліка:** Система характеризується мінімальними втратами тиску, що спрощує гідравлічні та теплотехнічні розрахунки.
- **Ремонтопридатність:** Наявність запірної арматури дозволяє ізолювати окрему квартиру або приладову гілку для проведення технічного обслуговування без зупинки опалення в усьому будинку.

4.2 Розрахунок системи опалення

Розрахунок системи опалення І зони

І зона системи опалення складається з 2 поверху по 9 поверх включно.

Розрахункові тепловтрати будинку : $Q_{оп1}$ = 195029 Вт.

Річне споживання системою опалення будинку, розраховується за формулою:

$$W = \frac{3.6 \cdot Q_{оп1} \cdot 24 \cdot Z_{о\,с} \cdot 10^{-6} \cdot a \cdot b \cdot c}{(t_{вн} - t_{зовн5})}, \text{кВт} \cdot \text{год/рік}, \quad (4.1)$$

де $Q_{оп1}$ – розрахункова теплова потужність, Вт;$Z_{о.с.}$ – кількість діб опалювального сезону, $Z_{о.с.}$ = 165 діб [2];$t_{вн}$ – внутрішня розрахункова температура в приміщенні, $t_{вн}$ = 20°С [4];$t_{зовн5}$ – середня температура зовнішнього повітря найхолоднішої п’ятиденки,$t_{зовн5}$ = -22 °С [2];

а–у житлових приміщеннях теплову потужність систем

опалення не зменшують, тому а=1 [6];

b – коефіцієнт, що враховується, коли використовується 75 % опалювальних приладів, b=0,9 [6];

Розраховуємо розрахункове річне споживання системою опалення будинку, за формулою 4.1:

$$W = 248405 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Питоме річне теплоспоживання системою опалення, розраховується за формулою: $w = \frac{W}{A_{\text{з.п}}}$, кВт. год/рік · м², (4.2)

Величину питомого річного теплоспоживання системою опалення будинку W, ГДж/рік·м² розраховується за формулою: $w = W / A_{з.п.}$

Питоме річне теплоспоживання системою опалення становить:

$w = 53{,}09$ кВт год/рік м² E_{max}=55 кВт.год/м² за рік

Висновок: знайдена величина питомого річного теплоспоживання системою опалення ***w*** не перевищує нормативного контрольного значення $w_к$, а значить умова виконується.

Витрата води в системі опалення

Витрату води в системі опалення визначають за формулою:

$$G_{с.о} = \frac{0{,}86 \cdot Q_{оп1}}{(t_г - t_о)}, \text{кг/год}, \quad (4.3)$$

$$G_{с.о.} = 8386 \text{ кг\год}$$

Розрахунок опалювальних приладів сходового та ліфтового холу

Оскільки сходова клітина та ліфтовий хол сполучені й не розділені

перегородками, їх дозволено об'єднувати в одне загальнодоступне приміщення при розрахунках.

З метою забезпечення кращих умов мікроклімату прийнято рішення встановити окремі прилади опалення у сходовій клітині (лише на першому поверсі) та на кожному поверсі ліфтового холу

Розрахункову теплову потужність системи опалення сходового холу обчислюємо за формулою:

$$Q_{ск}=(Q_{1ск} \cdot b_1 \cdot b2)/0.97=5740 \text{ Вт}$$

Витрату води, що надходить із теплової мережі і проходить через опалювальні прилади сходового та ліфтового холу:

$$\text{G } m.\text{м} = \text{Go.}\, n. = \frac{0{,}86\cdot(Qc.o+Qc.\text{к.})}{T\text{г}-to}=1863{,}61 \text{ кг/год}$$

$$Gск=9771{,}162457 \text{ кг/год} + Glх=1863{,}6\text{кг/год} =2804{,}78$$

Розрахунковий тепловий потік :

$$Q_{\text{ о.п}}=(Q_1-Q_{вн}-0.9Q_{тр}-Q_{\text{ з.п}}) \cdot b_2 \cdot b_3=Q_1=5172 \text{ Вт}$$

Перепад температур в опалювальному приладі

$$\Delta t_{\text{о.н.}}= \frac{0{,}86\ Q\text{о.п}}{\text{G } o.\text{п}}=4{,}73\ ^{\text{o}}\text{C}$$

Температурний напір в опалювальних приладах:

$$\Delta t_T=T\text{г}\ \frac{\Delta\text{to.п}}{2}-t_{вн}=131{,}74\ ^{\text{o}}\text{C}$$

Поправочні коефіцієнти:

$$\varphi_1=(\frac{\Delta tT}{70})^{1+n}=2.1 \qquad \varphi_2=(\frac{Q\ o.n}{360})^{p}=1.1$$

Поправочний коефіцієнт b для конвекторів "Акорд" при барометричному

тиску для М.Київ приймаємо 0,99

Значення інших коефіцієнтів:

ψ1=0,99 - - схема руху води "зверху-вниз"

ψ₂=1 - дворядна установка радіаторів по вертикалі

ψ₃=0,94 - дворядна установка радіаторів у глибину

c=1 - показник конвектора "Акорд"

Потрібний тепловий потік опалювального приладу, приведений до нормальних умов:

$$Q_n^{потр} = \frac{Qo.n}{\varphi 1 \varphi 2 bc \psi 1 \psi 2 \psi 3} = 2176.87\ Вт$$

Приймаємо до установки шість конвекторів **К2А-1,854К**

З номінальним тепловим потоком $Q_н$=1854 Вт

Перевищення потребуємого теплового потоку складає -17,399 %

Розрахунок опалювальних приладів в ліфтовому холі

Для ліфтового холу треба розрахувати опалювальний прилад на першому поверсі, на типовому та на останньому.

Мною були розраховані на прийняті опалювальні прилади 1 поверху

Конвектори типу К2А-1,030К з номінальним тепловим потоком 1030 Вт

Перевищення потребуємого теплового потоку складає -6,6%

Для типового поверху підібрані конвектори типу К2А-1,030К з номінальним тепловим потоком 1030 Вт перевищення потребуємого теплового потоку скаладає 19,8%

Опалювальні прилади для 10 поверху прийняті конвектори типу К2А-0,823К з номінальним тепловим потоком 823 Вт з перевищенням потребуємого теплового потоку 14,7 %

Гідравлічний розрахунок для вітки однієї квартири наведено в додатку Б. Для решти віток розрахунок проводиться аналогічно.

4.3 Вибір розташування опалювальних приладів

Для комплектації даної системи опалення передбачено використання сталевих радіаторів ROMSTAL, а саме типів: 22vk-600,довжиною 1,4м. 33vk-500 довжиною 1,1м. 12vk-600 довжиною 0,4м.

Сталеві панельні радіатори широко застосовуються в системах теплопостачання житлових та комерційних об'єктів. Конструктивно такий прилад складається з двох профільованих листів високоякісної холоднокатаної сталі, надійно з’єднаних між собою суцільним зварним швом. Рух теплоносія всередині панелі відбувається по спеціальній системі каналів (стільниковій структурі), що суттєво підвищує загальну ефективність нагріву. Для максимізації площі тепловіддачі внутрішній простір радіатора оснащений додатковим оребренням по всій висоті панелі.

Робота панельного радіатора базується на комбінованому принципі тепловіддачі. Приблизно половина теплової енергії передається у приміщення шляхом прямого випромінювання від зовнішніх стінок панелі. Решта 50% тепла розподіляється за рахунок природної конвекції: холодне повітря надходить знизу, проходить крізь нагріті внутрішні ребра та виводиться у приміщення у вигляді теплого потоку через вентиляційні

отвори у верхній частині конструкції.



Рис. 4.1. Зовнішній вигляд сталевого радіатора ROMSTAL 33vk

Обрані сталеві панельні радіатори відрізняються простотою монтажу та високими експлуатаційними показниками: вони здатні витримувати робочий тиск у **10 бар** при температурі нагріву до **120 °C**. Гнучкість інтеграції в систему забезпечується можливістю вибору приладів із бічним або нижнім підключенням, а також варіантами паралельного чи послідовного з'єднання самих панелей у конструкції радіатора.

4.4 Запірна та регульована арматура

Проектування та монтаж сучасних систем опалення обов'язково

передбачає використання запірно-регулювальної арматури. Вона забезпечує автоматизоване керування теплоносієм, а також дозволяє локально відключати окремі ділянки мережі для проведення ремонтних робіт чи технічного обслуговування. Раціональний підбір та якісне встановлення елементів арматури є запорукою високої ефективності та безаварійності роботи всієї теплової інженерної інфраструктури. До цієї категорії обладнання відносяться кульові і вентильні крани, засувки, поворотно-дискові затвори, компенсатори тощо.

Комплектація вузла вводу для кожної квартири складається з:

- квартирного лічильника тепла M-Cal;
- лінійних кульових кранів;
- спеціалізованого кульового крана для монтажу термоперетворювача;
- зливного (спускного) кульового крана;
- автоматичного балансувального клапана.

Для компенсації коливань тиску в системі передбачено встановлення автоматичних регуляторів перепаду тиску прямої дії ASV-PV. Цей вузол працює в парі: на зворотному трубопроводі монтується безпосередньо регулятор ASV-PV, а на подавальному — клапан-партнер серії ASV-M.

Підтримання комфортного мікроклімату в житлових та допоміжних приміщеннях реалізовано за допомогою вбудованих термостатичних вентилів на кожному опалювальному приладі, а також завдяки автоматичним балансувальним клапанам, розташованим на розподільних колекторах. Термостати проходять попереднє налаштування на заданий розрахунковий діапазон. При цьому на радіаторах у межах сходових клітин термостатичні головки не встановлюються.

Для виведення повітря з магістральних трубопроводів у їхніх найвищих точках передбачені повітрозбірники з автоматичними повітровідвідниками діаметром 15 мм. Локальне розповітрення радіаторів здійснюється за допомогою кранів Маєвського. Спуск теплоносія із системи організовано в її найнижчих точках через спеціальну дренажну арматуру.

Загальне регулювання теплової потужності системи опалення здійснюється автоматичними регуляторами температури виробництва компанії «Danfoss», які підключені до загальних щитів автоматизації.

4.5 Трубопроводи системи опалення та їх прокладання

Критерії вибору труб для систем опалення

Для забезпечення стабільної та довговічної роботи системи опалення важливо правильно підібрати матеріали трубопроводів, оскільки універсальних труб не існує. Оптимальний вибір залежить від таких факторів:

- Робочий тиск та температура в системі.
- Спосіб монтажу (прихований або зовнішній).
- Загальна площа приміщень, що опалюються.
- Умови експлуатації (наприклад, наявність ділянок, що не опалюються).

Використовувані матеріали та стандарти

Залежно від призначення, у системі застосовуються різні види труб:

- **Трубопроводи ІТП (індивідуального теплового пункту):** сталеві електрозварні (ДСТУ 8943:2019) та сталеві водогазопровідні (ДСТУ 8936:2019).

- **Гаряче та холодне водопостачання (ГВП/ХВП):** сталеві електрозварні емальовані та сталеві оцинковані водогазопровідні труби (ДСТУ 8943:2019).
- **Дренажна система:** сталеві оцинковані водогазопровідні труби (ДСТУ 8943:2019).
- **Поповерхове розведення опалення:** труби із зшитого поліетилену (PEX-c) з антидифузійним шаром.

Особливості монтажу та експлуатації

- **Спосіб прокладання:** Поповерхові труби опалення монтуються приховано — безпосередньо у стяжку підлоги.
- **Запуск системи:** Експлуатацію опалення можна розпочинати виключно після повного затвердіння бетонної стяжки (через 21–28 діб). Початкова температура теплоносія під час запуску не повинна перевищувати 20 °C.
- **Розміщення стояків та вузлів обліку:** Вертикальні магістральні та дренажні стояки монтуються у закритих коридорних шафах. Там само монтуються індивідуальні лічильники тепла та запірна арматура для кожної квартири.
- **Теплоізоляція:** Подавальні/зворотні магістралі та стояки опалення обов'язково ізолюються мінеральною ватою або спіненим каучуком.
- **Ухил:** Усі трубопроводи прокладаються з нормативним ухилом 0,002 у напрямку спускних пристроїв для забезпечення зливу системи.

4.6 Вибір джерела теплової енергії

Джерелом тепла для багатоквартирного будинку слугує окремо розташована котельня. У ролі теплоносія використовується гаряча вода з розрахунковим температурним графіком **80-60 °C**. Розподіл тепла по системі

будинку здійснюється через індивідуальний тепловий пункт (ІТП), який змонтовано у підвальному приміщенні.

Принцип роботи ІТП

Система оснащена сучасною автоматикою, яка самостійно регулює процеси та чітко підтримує температуру в зворотному трубопроводі згідно із заданим температурним графіком.

У даному проєкті застосовано **залежну схему підключення ІТП**. Вона передбачає безпосереднє надходження теплоносія із зовнішньої мережі у внутрішній контур опалення. Регулювання температури води, що подається до радіаторів, відбувається шляхом її підмішування з охолодженою водою зі зворотного трубопроводу.

Переваги залежної схеми ІТП

Вибір такого типу обладнання обґрунтований низкою переваг, серед яких:

- **Економічність:** нижча вартість обладнання та монтажу порівняно з незалежними схемами.
- **Простота в експлуатації:** легке налаштування та швидкий запуск системи.
- **Гідравлічна стабільність:** підтримка рівномірного та стабільного тиску в трубопроводах.
- **Автоматизація:** наявність вбудованого програмного забезпечення для автоматичного керування робочими режимами.
- **Гнучкість регулювання:** завдяки наявності змішувального (триходового) клапана система здатна точно подавати в контур теплоносій із необхідною температурою (аж до максимальних показників джерела тепла).

РОЗДІЛ 5
СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

5.1 Основні поняття про систему вентиляції та кондиціонування повітря

Роль систем вентиляції та кондиціонування у формуванні мікроклімату

Забезпечення нормативних параметрів мікроклімату та належної якості повітряного середовища в приміщеннях є визначальним фактором для створення комфортних і безпечних умов життєдіяльності людини. Основними інженерними інструментами для вирішення цих завдань є системи вентиляції та кондиціонування повітря (СВКіП).

Функціональне призначення системи вентиляції

Вентиляція — це сукупність заходів та технічних засобів, призначених для організації обміну повітря в приміщеннях з метою видалення надлишків теплоти, вологи та шкідливих речовин.

До основних функцій вентиляційних систем належать:

- Асиміляція та видалення забруднювачів: виведення відпрацьованого повітря, вуглекислого газу (CO_2), пилу та технологічних виділень з обслуговуваної зони;
- Подача зовнішнього повітря: забезпечення постійного припливу свіжого, попередньо очищеного повітря відповідно до санітарно-гігієнічних норм;
- Регулювання вологісного режиму: зниження концентрації вологи в повітрі для запобігання конденсації та утворенню плісняви;
- Динамічний повітрообмін: створення нормованої рухливості повітряних мас для оптимізації тепловіддачі організму людини.

Функціональне призначення системи кондиціонування повітря

Кондиціонування повітря — це автоматична термодинамічна обробка повітряного середовища для підтримання заданих метеорологічних умов незалежно від зовнішніх кліматичних чинників та внутрішніх

тепловологісних навантажень.

До базових функцій систем кондиціонування належать:

- Терморегуляція: штучне охолодження повітря в теплий період року та повітряне опалення (обігрів) в перехідний і холодний періоди;
- Прецизійний контроль параметрів: підтримання статичних значень температури та відносної вологості відповідно до вимог користувача або технологічного регламенту;
- Глибока фільтрація: багатоступеневе очищення повітряного потоку від дрібнодисперсного пилу, алергенів, бактерій та сторонніх запахів.

Порівняльний аналіз та диференціація інженерних систем

Попри спільну спрямованість на покращення параметрів внутрішнього середовища, системи мають чітку функціональну відмінність за такими критеріями:

- За цільовим призначенням: Вентиляція орієнтована на оновлення повітряного масиву та оптимізацію його газового складу. Кондиціонування, у свою чергу, здійснює безпосередню термодинамічну обробку повітря для забезпечення теплового затишку.
- За принципом взаємодії із зовнішнім середовищем: Вентиляційні системи потребують обов'язкового забору свіжого атмосферного повітря та видалення внутрішнього. Системи кондиціонування переважно працюють на внутрішньому (рециркуляційному) повітрі, здійснюючи лише його термічну обробку, або використовують мінімальний відсоток підмішування зовнішнього потоку.
- За ключовими параметрами контролю: Для вентиляції визначальними показниками є кратність повітрообміну ($м^3$/год) та гранично допустима концентрація (ГДК) домішок. Для кондиціонування головними критеріями є точні значення температури та відносної вологості .

5.2 Вихідні дані для розрахунку системи вентиляції та кондиціонування повітря

Характеристика об'єкту та географічний пункт будівництва

- Проектується система вентиляції у місті: Київ
- Призначення будівлі адміністративні будівлі
- Географічна широта : 51 °пн.ш
- Барометричний тиск: 990 гПа
- Орієнтація фасадубудівлі по сторонах світу: Сх
- Висота приміщень (від підлоги до стелі), Н = 5,7 м
- Площа конференц-залу: 258м^2
- Коефіцієнт площі на людину: 1
- Кількість людей:- відвідувач 258 люд.
- Теплоносій – вода

  $t_г$ = 150°С

  $t_а$ = 70°С

Розрахункові параметри зовнішнього повітря для системи вентиляції

Період року	Температура t_{ext},°С	Ентальпія I_{ext}, кДж/кг	Вологовміст d_{ext}, г/кг	Відносна вологість φ_{ext} %
Теплий	23,7	53,6	12,3	68
Холодний	-22	-20,7	0,5	70

Розрахункові параметри зовнішнього повітря при спільній роботі вентиляції та охолодження

Період року	Температура t_{ext},°С	Ентальпія I_{ext}, кДж/кг	Вологовміст d_{ext}, г/кг	Відносна вологість φ_{ext} %
Теплий	28,7	56,1	11,4	45
Холодний	-22	-20,7	0,5	70

Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Згідно з ДБН В.2.5-67 2013 дод. Д табл. Д1 система вентиляції підтримує допустимі параметри повітря

Температура внутрішнього повітря залежить віж рівня метаболізму та теплоізоляційних властивостей вбрання людини

Згідно з таблиці Д4 результуючих температур, та її допустимого діапазону відхилення визначаємо температуру повітря в робочій зоні приміщення.

• температуру повітря в теплий період року приймаємо 26 ℃

• температуру повітря в теплий період року приймаємо 22 ℃

Швидкість руху повітря в робочій зоні залежить від *турбулентності* та температури внутрішнього повітря.

Згідно з діаграми максимально допустима середня швидкість повітря в робочій зоні

• швидкість руху повітря в теплий період року приймаємо 0,36 м/с

• швидкість руху повітря в холодний період року приймаємо 0,31 м/с

Відносна вологість повітря в робочій зоні залежить від умов мікроклімату, що прийняті у приміщенні

Умови мікроклімату	Відносна вологість повтря, %

Підвищені оптимальні	30-50
Оптимальні умови	25-60
Допустимі	**25-70**
Обмежено допустимі	менше 20 та більше 70

Розрахункові параметри внутрішнього повітря читальної зали

Період року	Температура t_{wz},°C	Відносна вологість φ_{wz} %	Швидкість повітря v_{wz}, м/с		Допустима концентрація CO_2 в приміщенні ΔC ppm
			пряма дія	зворотня дія	
Теплий	26	25-70	0,36	0,36	800
Холодний	22		0,31	0,31	

5.3.Розрахунок балансу шкідливостей

Теплонадходження від штучного освітлення

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

$$\mathbf{Q_{осв}=A\cdot E\cdot q_{ос}\cdot \eta_{ос}}$$

A - площа підлоги

A= 258 м^2

E - освітленість

E = 200 люкс

$q_{ос}$ - питомі виділення теплоти, на 1 Лк освітленості

$q_{ос}$= 0,05Вт/м^2

$\eta_{ос}$ - коефіцієнт світла перетвореного в теплоту

$\eta_{ос=}$0,55

$$Q_{осв}=258\cdot 200\cdot 0,05\cdot 0,55=1420 \text{ Вт}$$

Наджодження шкідливостей від людей в теплий період року

Явна кількість теплоти

$Q_{л,\ h}=\sum(q_{л,\ h}\cdot n)$

$q_{л,\ h}$ - питомі явні теплонадходження від однієї людини

n - кількість людей

t_{wz}= 26°C

$q_{л,\ h}$=60 Вт

n =258 люд.

$$Q_{л,\ h(1)}= 60\cdot 258=15480 \text{ Вт}$$

. **Повна кількість теплоти**

$$Qл,\ hf=\sum(qл,\ hf\cdot n)$$

qл, hf - питомі явні теплонадходження від однієї людини

n - кількість людей

- глядачі t_{wz}=26°C

$q_{л, h}$=145 Вт

n=258 люд.

$$Q_{л, hf(1)}= 145 \cdot 258 =37410 \text{ Вт}$$

Наджодження шкідливостей від людей в холодний період року

Явна кількість теплоти

$Q_{л, h}=\sum(q_{л, h} \cdot n)$

$q_{л, h}$ - питомі явні теплонадходження від однієї людини

n - кількість людей

t_{wz}= 22°C

$q_{л, h}$=86 Вт

n =258 люд

$$Q_{л, hf(1)}= 86 \cdot 258 =22190 \text{ Вт}$$

Повна кількість теплоти

$$Qл, hf=\sum(qл, hf \cdot n)$$

$q_{л, h}$ - питомі явні теплонадходження від однієї людини

n - кількість людей

t_{wz}= 22°C

$q_{л, h}$=148 Вт

n =258 люд

$$Q_{л, hf(1)}= 148 \cdot 258 =38190 \text{ Вт}$$

5.4 Надходження шкідливостей в приміщення

Вологонадходження в теплий періо року

$M_в=\sum(m_{вл} \cdot n)$

$m_{вл}$ - питомі вологонадходження від однієї людини

n - кількість людей

- відвідувачі t_{wz}=26°C

$m_{вл}$=122 г/год.

n = 258люд

$M_{в(1)}$=122·258 = 31480 г/год.

Вологонадходження в холодний період року

$M_в=\sum(m_{вл}\cdot n)$

$m_{вл}$ - питомі вологонадходження від однієї людини

n - кількість людей

- відвідувачі t_{wz}=22°C

$m_{вл}$=75 г/год.

n = 258люд

$M_{в(1)}$=75·258=19350 г/год.

Кількість вуглекислого газу

$M_{co2}=\sum(M\cdot n)$

M - питомі надходження CO_2 від однієї людини

n - кількість людей

- відвідувачі t_{wz}=26 °C

M =45 г/год.

n =258 люд.

$M_{co2(1)}$=45·258=11610 г/год.

Приміщення	Період року	Вологонадходження	Виділення вугликислого газу M_{co2} г/год

Конференс зала	Теплий	31480	11610
	Холодний	19350	

5.5 Тепловий баланс в приміщенні

Теплонадлишки, що виникають внаслідок переважання теплонадходжень над тепловтратами, компенсуються шляхом подачі відповідного об'єму вентиляційного повітря.

Таблиця теплового балансу

Період року	Параметри	Надходження	Втрати	Надлишки	Теплонапруженість Вт/м^3
Теплий	Явна теплота	16980	-	16980	11,5
	Повна теплота	38910	-	38910	
Холодний	Явна теплота	23610	4800	23610	16,1
	Повна теплота	39610	4800	39610	

Визначення градієнту температури в приміщенні

Градієнт темпратури - це підвищення температури на 1 м висоти приміщення вище робочої зони

Він залежить від теплонапруженості в приміщенні

Теплонапруженність -це величина, яка залежить від надходження явної теплоти в приміщення, та від об'єму самого приміщення

$$Q_{тн}=\frac{\Delta Q h пр}{2Vпр}$$

$V_{пр}$ - об'єм приміщення

$V_{пр}$ =1471 м^3

$\Delta Q_{hпр}$ - явні надлишки теплоти в приміщенні

$\Delta Q_{hпр}^{ТП}$= 16980 Вт

$\Delta Q_{hпр}^{ХП}$=23610Вт

$Q_{тн}^{ТП}=\frac{16980}{1471}$=11,5

Вт/м^3

$Q_{тн}^{ХП}=\frac{23610}{1471}$=16,1 Вт/м^3

$Q_{тн}^{ТП}$=11,5= >gradt=1,2 ^{o}C /м

$Q_{тн}^{ХП}$=16,1= >gradt=0,3 ^{o}C /м

5.6 Розрахунок повітрообмінів в приміщенні

Теплий період року

1 Визначають параметри зовнішнього опвітря:

Графоаналітичний метод

На I-d діаграмі наносять точку ext на перетині значення відповідних параметрів зовнішнього повітря.

2. Визначають температуру повітря що видаляється з приміщення. У громадських будівлях використовують градієнт температури grad t, К/м:

$t_l=t_{wz}+gradt\cdot(H-h_{wz})$

t_{wz} - температура повітря в робочій зоні

t_{wz} =26 ^{o}C

gtadt - зміна температури повітря по висоті приміщення

gtadt =1,2 ^{o}C /м

H - висота приміщення

H =5,7 м

h_{wz} - висота робочої зони

• 2 м, якщо хоча б частина людей стоїть або ходить у приміщенні;

• 1,5 м, якщо всі люди сидять протягом практично всього часу перебування.

h_{wz} = 1,5м

t_l=26+1,2·(5,7-1,5=31,1 °C

3. За надлишковою теплотою і вологонадходженням в теплий період визначають кутовий коефіцієнт променю процесу в приміщенні, кДж/г,

$$\varepsilon=\frac{3,6\cdot\Delta Qhf}{\Delta M_{вл}}=\frac{3,6\cdot 38910}{31480}=4,45 \text{ кДж/г}$$

Мінімальна витрата зовнішнього повітря

$L_{сн}$= 3,6·(n·$q_р$+S·$q_в$)

n - кількість людей в приміщенні

n =258 люд.

$q_р$ - питома витрата повітря на одну людину

$q_р$ =4 дм^3

S - площа приміщення

S=258м^2

$q_в$ - питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень

$q_в$ = 0.4 дм^3

$L_{сн}$=3,6·(258·4+258·0,4)=4090 м^3/год

$G_{сн}$= $L_{сн}$·ρ

ρ - густина повітря у приміщенні-1,181 кг/м^3

$G_{сн}$=4090·1,181=4840 кг/год

Повітрообмін на розбавлення вуглекислого газу до ГДК

$$L_{co2}=\frac{Mco2 \cdot 1000}{1,83 \cdot \Delta C}$$

M_{co2} - виділення вугликислого газу

M_{co2}=11610 г/год

ΔC - Допустима концентрація CO2 в приміщенні

ΔC=800ppm

$$L_{co2}=\frac{11610 \cdot 1000}{1,83 \cdot 800}=7940 \text{ м}^3/\text{год}$$

Gco2= Lco2·ρ

ρ - густина повітря у приміщенні

ρ =1.181 кг/м^3

$G_{co2}=7940 \cdot 1.181 = 9380$кг/год

Повітрообмін за надлишками повної теплоти

$$Lhf = Lwz=\frac{3,6 \cdot Qhf\,тп - \rho \cdot Lwz \cdot (Iwz - Iin)}{\rho \cdot (Il - Iin)}= Lwz+\frac{3,6 \cdot Qhf\,тп - \rho \cdot Lwz \cdot (Iwz - Iext)}{\rho \cdot (Il - Iext)}$$

L_{wz} - продуктивність місцевих відсмоктувачів в робочій зоні

L_{wz} = 0 м^3/год

$Q_{hf\,mm}$ - надлишки повної теплоти

$Q_{hf\,mm}$ = 9553 Вт

ρ - густина повітря у приміщенні

ρ =1,200 кг/м^3

I_{wz} - ентальпія повітря зони обслуговування

I_{wz}=52,8 кДж/кг

I_{ext} - ентальпія зовнішнього повітря

I_{ext} = 52,8 кДж/кг

I_l - ентальпія витяжного повітря

I_l=55 кДж/кг

$$Lhf = 0+\frac{3,6\cdot 9553-1,2\cdot 0\cdot(52,8-52,8)}{1,2\cdot(55,0-52,8)}=13027 \text{ м}^3/\text{год}$$

Повітрообмін за надлишками вологи

$$Lw = Lwz+\frac{Wmin-\rho\cdot Lwz\cdot(dwz-din)}{\rho\cdot(dl-din)}= Lwz+\frac{Wmin-\rho\cdot Lwz\cdot(dwz-dext)}{\rho\cdot(dl-dext)}$$

L_{wz} - продуктивність місцевих відсмоктувачів в робочій зоні

L_{wz} = 0 м^3/год

W_{mm} - надлишки вологи

W_{mm} =5444.833 г/год

ρ - густина повітря у приміщенні

ρ =1,200 кг/м^3

d_{wz} - вологовміст повітря зони обслуговування

d_{wz} = 12.3 г/кг

d_{ext} - вологовміст зовнішнього повітря

d_{ext} =12.3 г/кг

d_l - вологовміст витяжного повітря

d_l =12.6 г/кг

$$Lw = 0+\frac{5444,83-1,2\cdot 0\cdot(12,3-12,3)}{1,2\cdot(12,6-12,3)}=15125 \text{ м3/год}$$

$$H=100\% \frac{\max(Lhf,LW)-\min(Lhf,LW)}{\max(Lhf,LW)}\leq 5\%$$

$$H=\frac{15125-13027}{15125}=13.87\%$$

Приймаємо загальний повітрообмій найбільший з усіх вище наведених

$L= \max (L_{min},L_{Co2},L_Q,L_W)=15125$ м3/год

Холодний період року

Загальна кількість вентиляційного повітря в холодний період приймається за розрахунком для теплого періоду року.

$L=15125$ м^3/год

Розрахункова витрата зовнішнього повітря приймається більша L_{min} L_{co2}

$L_{ext}= (\max L_{min}; L_{co2})= 1839$ м^3/год

Тоді кількість рециркуляційного повітря.

$L_p=L-L_{ext}= 15125-1839=13285$ м^3/год

• визначаємо вологовміст видаляємого повітря

$$d1=dext +\frac{Мвол}{\rho Lext}$$

d_{ext} - вологовміст зовнішнього повітря

$d_{ext} = 0.7$ г/кг-

W_{mn} - вологонадходження в приміщення

$W_{mn} =4607.17$г/год

L_{ext} - розрахункова кількість зовнішнього повітря

$L_{ext} = 1839$ м^3/год

ρ - густина повітря у приміщенні

ρ =1.200 кг/м3

$$d1=0.8+\frac{4607,17}{1,2\cdot1839}=2.788 \text{ г/кг}$$

• визначаємо температуру видаляємого повітря

$t_l=t_{wz}+gradt\cdot(H-h_{wz})$

t_{wz} - температура повітря в робочій зоні

t_{wz} = 21,0 °C

gtadt - зміна температури повітря по висоті приміщення

gtadt = 0,5 °C /м

H - висота приміщення

H=3 м

h_{wz} - висота робочої зони

• 2 м, якщо хоча б частина людей стоїть або ходить у приміщенні;

• 2 м, якщо хоча б частина людей стоїть або ходить у приміщенні;

h_{wz} =1,5м

$$t_l=21+0,5\cdot(3-1,5)=21,8 \text{ °C}$$

Кут променю процесу

$$\varepsilon=\frac{3,6\cdot\Delta Qhf}{\Delta M\text{вл}}=\frac{3,6\cdot39610}{19350}=7,4 \text{ кДж/год}$$

Витрату теплоти на нагрів повітря.

$$Q=\frac{\rho\cdot L\cdot(Iwz-Iext)}{3,6}=\frac{1,2\cdot15125\cdot(25,5-(-20,1))}{3,6}=229893 \text{ Вт}$$

Параметри повітря у вентиляційній системі

Період	Точка	Опис	t,°C	I, кДж/кг	d, г/кг	φ %
Теплий	ext	зовнішнє повітря	23,7	53,6	12,3	68,0
	wz	робоча зона	26	54	11	50

	l	видаляєме повітря	31,1	70,1	16,1	55
Холодний	ext	зовнішнє повітря	-22	-20,7	0,5	70
	in	припливне повітря	13,5	15	0,5	8
	wz	робоча зона	22	28	2,3	12
	l	видаляєме повітря	23,3	30	2,6	12

Повітрообмін у розрахунковому приміщенні

Повітрообмін	G кг/год	L $м^3$/год
Теплий період		
За санітарними нормами	4840	4090
За розбавленням CO_2 до ГДК	9380	7940
За асиміляцією теплонадлишків	8480	7180
За асиміляцією вологонадлишків	8280	7010
Загальний повітрообмін	9380	7940
Холодний період		
Витрата зовнішнього повітря	9380	7940

Побудова і розрахунок процесів оброблення повітря на i-d діаграмі для системи вентиляції та охолодження

Розрахунок повітрообміну за санітарними нормами

$$L_{сн} = 3,6 \cdot (n \cdot q_р + A \cdot q_в)$$

n - кількість людей в приміщенні

n=258люд

$q_р$ - питома витрата повітря на одну людину

$q_{р=}$ 4 дм^3

А - площа приміщення

А=258м^2

$q_в$- питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень

$q_в$=0,4 дм^3

$$minL_{сн}=3,6\cdot(258\cdot4+258\cdot0,4)=4090 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Gсн= Lсн\cdot\rho$$

ρ - густина повітря у приміщенні

ρ =1,181 кг/м3

$G_{сн}=4090\cdot1,181=4840$ кг/год

Повітрообмін на розбавлення вуглекислого газу до ГДК

$$L_{co2}=\frac{Mco2\cdot1000}{1,83\cdot\Delta C}$$

L_{wz} - продуктивність місцевих відсмоктувачів в робочій зоні

L_{wz} =0 м^3/год

M_{co2} – надходження вугликислого газу

M_{co2}=11610 г/год

ΔС =800 ppm

$$L_{co2}=\frac{11610\cdot1000}{1,83\cdot800}=7940 \text{ м}^3/\text{год}$$

Температура повітря що видаляється з приміщення

$G_{co2}= L_{co2}\cdot\rho$

ρ - густина повітря у приміщенні

ρ =1,181 кг/м^3

G_{co2}=7490·1,181=9380 кг/год

Приймаємо загальний повітрообмій найбільший з усіх вище наведених

L_{ext}= max (L_{min},L_{Co2})= 1839 м^3/год

$L_{co2}=0+\frac{2692500}{(800\cdot1,83)}$=1839 м^3/год

Розрахунок повітрообміну в теплий період року

Наносимо на i-d діаграму точку EXT, що характеризує параметри зовнішнього повітря;

tl=twz+gradt·(H-hwz)

t_{wz} - температура повітря в робочій зоні

t_{wz}=26 °C

gtadt - зміна температури повітря по висоті приміщення

gtadt=1,2 °C/м

H - висота приміщення

H =5,7м

h_{wz} - висота робочої зони

h_{wz} =2м

t_l= 26+1,2·(5,7-1,5)=31,1°C

Температура повітря після пластинчатого рекуператора:

$t_{in}=t_{ext}+\varepsilon\cdot(tl-text)$

t_{ext} - температура зовнішнього повітря у найжаркіший день

t_{ext} =28 ,7°C

ε - коефіцієнт ефективності пластинчатого теплообмінника приймається:

$\varepsilon = 0{,}65$

t_l - температура повітря, що видаляється з приміщення

$t_l = 31{,}1\ ^oC$

$t_{in} = 28{,}7 + 0{,}65 \cdot (28{,}7 - 26) = 30{,}3^oC$

• з точки ext зовнішнього повітря опускаемося по d=const і на перетині температури після теплообмінника в рекуператорі $t^ц_{in}$ знаходимо точку припливного повітря з центрального кондиціонера;

• визначаємо додаткові навантаження на охолодження припливного повітря, що поступає з центрального кондиціонера:

$$Q^ц_{xi} = 0{,}278 \cdot cp \cdot Gext \cdot (text - tl)$$

c_p - теплоємність повітря

$c_p = 1{,}005$ Дж/кг·^{o}C

G_{ext} - розрахункова кількість зовнішнього повітря

$G_{ext} = 9380$ кг/год

t_{ext} - температура зовнішнього повітря у найжаркіший день

$t_{ext} = 28.7^oC$

t_l - температура повітря, що видаляється з приміщення

$t_l = 31.1\ ^oC$

$Q^ц_{xi} = 0{,}278 \cdot 1{,}005 \cdot 9380 \cdot (28{,}7 - 31{,}1) = -6280$Вт

• визначаємо сумарне навантаження теплоти на канальну установку

$Q_{пі} = 0{,}278 \cdot G_{ext} \cdot (I_{ext} - I_{wz}) - Q^ц_{xi} + \Delta Q_{hf}$

G_{ext} - розрахункова кількість зовнішнього повітря

$G_{ext} = 9380$кг/год

I_{ext} - ентальпія зовнішнього повітря

$I_{ext} = 56.1$ кДж/кг

I_{wz} - ентальньпія внутрішнього повітря на перетині φ_{wz} та t_{wz}

I_{wz} =57.8 кДж/кг

$Q^{ц}_{xi}$ - кількість теплоти, що поступає в приміщення з зовнішнім повітрям

$Q^{ц}_{xi}$ = -6280 Вт

ΔQ_{hf} - повна кількість теплоти, що поступає в приміщення

$\Delta \mathbf{Q_{hf}}$ = 38910Вт

$Q_{пі}$=0,278·9380·(56,1-57,8)--6280+38910=40760 Вт

• визначаємо кут променю процесу зміни стану повітря в приміщенні з урахуванням додаткового навантаження

$$\varepsilon = \frac{3{,}6 \cdot Q_{пі}}{M_{вл} + Gext \cdot (dext - dwz)}$$

$Q_{пі}$ - навантаження теплоти на канальний кондиціонер

$Q_{пі}$ =40760Вт

$M_{вол}$ - кількість вологи, що виділяється в приміщення

$M_{вол}$ =31480 г/год

G_{ext} - розрахункова кількість зовнішнього повітря

G_{ext} = 9380 кг/год

d_{ext} - вологовміст зовнішнього повітря

d_{ext} =11,4 г/кг

d_{wz} - вологовміст внутрішнього повітря на перетині φ_{wz} та t_{wz}

d_{wz} =13,0г/кг

$$\varepsilon = \frac{3{,}6 \cdot 40760}{31480 + 9380 \cdot (11{,}3 - 13)} = 8{,}9 \text{ кДж/г}$$

• визначаємо граничну температура повітря у канальній установці

Температура отепленого холодоносія $t_{wк}$ для водяних систем 12-14 °С

t_f=12+1=13°С

• визначаємо витрату повітря черек канальний фанкоїл

$$Gкк = \frac{3{,}6 \cdot Qпі}{(Il - Io)}$$

$Q_{пі}$ - навантаження теплоти на канальний фанкоїл

$Q_{пі}$ =40760 Вт

I_l - ентальпія повітря, що видаляється з приміщення

I_l =61,3 кДж/кг

I_o - ентальньпія повітря, після охолодження

I_o =39,1 кДж/кг

$Gкк = \frac{3{,}6 \cdot 40760}{61{,}3 - 39{,}1}$=6610к/год

• приймаємо 2 канвльний фанкоїл високонапірний Kentatsu KSTU140HFAN3 витратою повітря G= 3317 кг/год

• уточнюємо параметри повітря на виході із канальної установки

$$I^{к}_{in} = I_l - \frac{3{,}6 \cdot Qпі}{Gку}$$

I_l - ентальпія повітря, що видаляється з приміщення

I_l = 61,3 кДж/кг

$Q_{пі}$ - навантаження теплоти на 1 канальний фанкоїл

$Q_{пі}$ = 20380 Вт

$G_{ку}$ - кількість повітря, що проходить через канальну установку

$G_{ку}$ = 3317 кг/год

$$I^{к}_{in} = 61{,}3 - \frac{3{,}6 \cdot 20380}{3317} = 39{,}2 \text{ кДж/кг}$$

Розрахунок в холодний період року

• наносимо на i-d діаграму точку ext, що характеризує параметри

зовнішнього повітря;

• визначаємо температуру повітря що видаляється з приміщення

$t_l=t_{wz}+gradt\cdot(H-h_{wz})$

t_{wz} - температура повітря в робочій зоні

t_{wz} =22°C

gtadt - зміна температури повітря по висоті приміщення

gtadt =0,3 °C /м

H - висота приміщення

H =5,7м

h_{wz} - висота робочої зони

h_{wz} =2м

$$t_l=22+0,3\cdot(5,7-1,5)=23,3\ ^oC$$

• визначаємо вологовміст повітря, що видаляється

$d_l=d_{ext}+\frac{Мвол}{Gext}$

d_{ext} - вологовміст зовнішнього повітря

d_{ext} =0,5г/кг

$M_{вол}$ - вологонадходження в приміщення

$M_{вол}$ = 19350 г/год

G_{ext} - розрахункова кількість зовнішнього повітря

G_{ext} = 9380 кг/год

$d_l=0,5+\frac{19350}{9380}=2,6$г/кг

• визначаємо кут променю процесу зміни стану повітря в приміщенні

$$\varepsilon=\frac{3,6\cdot Qhf}{Mвл}$$

Q_{hf} - повні теплонадходження в приміщення

Q_{hf} =39610Вт

$M_{вол}$ - кількість вологи, що виділяється в приміщення

$M_{вол}$ =19350г/год

$$\varepsilon=\frac{3,6\cdot 39610}{19350}=7,4\text{кДж/г}$$

• знаходимо параметри повітря в робочій зоні, по i-d діаграмі

• визначаємо температуру повітря після нагріву в пластинчатому рекуператорі

$t^r=t_{ext}+\theta\cdot(t_{ext}-t_l)$

t_{ext} - температура зовнішнього повітря в холодний період року

t_{ext} =-22,0 °C

θ - коефіцієнт ефективності пластинчатого теплообмінника приймається:

θ =0,65

t_l - температураповітря, що видаляється

t_l =23,3 °C

$$t^r=-22-0,65\cdot(-22-23,3)=7,5\ ^oC$$

Період	Точка	Опис	t,°C	I, кДж/кг	d, г/кг	φ %
Теплий	ext	зовнішнє повітря	28,7	56,1	11,4	45
	in	припливне повітря центральної установки	30,3	58	11,4	41
	f	граничний стан повітря у канальному кондиціонері	13	36,6	9,6	100
	wz	робоча зона	26	54	11,6	55
	l	видаляєме повітря	13,1	61,3	12,5	42

Холодний	ext	зовнішнє повітря	-22	-20,7	0,5	70
	r	повітря після рекуперації	7,5	9	0,5	9
	in	припливне повітря	13,5	15	0,5	8
	wz	робоча зона	22	28	2,3	12
	l	видаляєме повітря	23,3	30	2,6	12

Повітрообмін	G кг/год	L $м^3$/год
Теплий період		
За санітарними нормами	4840	4090
За розбавленням CO_2 до ГДК	9380	7940
Витрата зовнішнього повітря центрального кондиціонера	9380	7940
Витрата повітря в канальному кондиціонері	3317	2809

5.7 Баланс повітря у будівлі

Забезпечення повітряного балансу об'єкта передбачає дотримання рівності між припливними та витяжними повітряними потоками.

Баланс повітря офісних приміщень наведений у таблиці

Номер приміщення	Приміщення	Обєм приміщення Vм^3/год	Приплив		Витяжка		Приміт ка
			$k_р$, год$^{-1}$	L, м^3/год	$k_р$, год$^{-1}$	L, м^3/год	
101	Конференс зала	1480	за роз.	7940	за роз.	7940	
102	Бібліотека	190	-	-	3	570	
103	Бібліотека	190	-	-	3	570	
104	Офіс	260	2	520	2	520	
105	Офіс	290	2	580	2	580	
106	Коридор	1280	2	2560	-	-	
107	Офіс	550	2	1100	2	1100	
108	Буфет	760	3	2280	3	2280	
109	Офіс	770	2	1540	2	1540	
110	Офіс	190	2	380	2	380	
111	Гардироб	60	-	-	3	180	
112	Кладова	60	-	-	3	180	
113	Кладова	60	-	-	3	180	
114	Туалет	100	-	-	-	880	
203	Вентиляційний центр	380	2	760	2	760	

Притоку більше ніж витяжки, тоді ми встановлюємо додаткову витяжку в туалетах у розмірі 0м^3

5.8 Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції

Аеродинамічний розрахунок виконується з метою визначення оптимальних геометричних розмірів поперечного перерізу ділянок вентиляційної мережі, обчислення сумарних втрат тиску в повітропроводах та технологічному обладнанні, а також для гідравлічного ув’язування окремих відгалужень системи.

Обчислення аеродинамічних показників вентиляційних мереж П1 та В1 винесені у додаток Д.

5.9 Підбір повітророзподільників

Ефективність роботи системи вентиляції значною мірою залежить від правильно підібраних повітророзподільних пристроїв. Ці елементи відповідають за коректне формування повітряних струменів, забезпечуючи нормований забір та роздачу повітряних мас у приміщенні.

Враховуючи конструктивні вимоги та результати розрахунків, у даному проєкті

Решітка з перфорацією застосовується в припливно-витяжній вентиляції і системах кондиціонування повітря, призначені для монтажу в стелю або будівельні прорізи приміщень різних типів і призначень. Конструкція даної продукції складається з алюмінієвої рамки 30х30 і перфорованого металевого листа різних видів. Перфорована панель може бути як жорстко закріплена, так і не закріплена. Вихідні дані для підбору повітророзподільників

Витрата повітря L=7940м3/год

Площа основної зали Fпр=258 м2

Висота приміщення Нпр=5,7м

Висота робочої зони hwz=1,5м

1 Схема повітророзподілення

2 Кількість повітророзподільників: 8

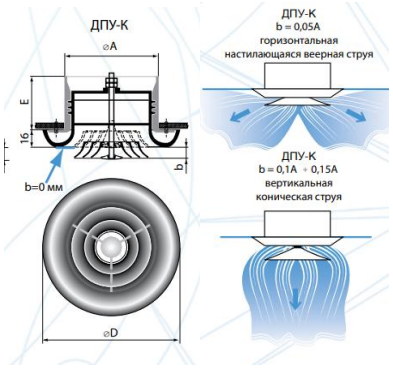
3 К кількість повітря, що припадає на 1 повітророзподільник: 992,5 $м^3$/год

4. Приймаємо повітророзподільник типу ДПК-У що створює віялову струмину з характеристиками які наведени в таблиці

Характеристика повітророзподільника

Діаметр приєднання D_o мм	Площа живого перерізу F_o м^2	коефіцієнт затухання швидкості m	коефіцієнт затухання температури n	Витрата L м^3/год	КМО
250	0,046	2,0	1,7	1000	2,3

Зовнішній вигляд та схематичне зображення дифузора

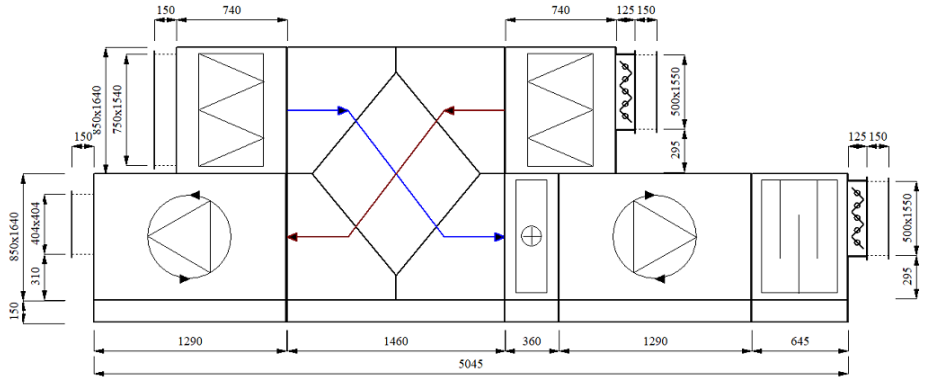


5.10 Підбір вентиляційного обладнання

Обладнання системи вентиляції

З урахуванням вище наведених розрахунків. Обираємо три припливно витяжні установки КЦК-8-1-ПВК-Пр-7940/130-Л-7940/97

Припливно-витяжна установка КЦК-8-1-ПВК-Пр-7940/130-Л-7940/97 виробництва ПрАТ «Інтеркондиціонер» (м. Харків) призначена для забезпечення комфортного клімату з фіксованим об'ємом повітря 7 940 м³/год. Розрахунковий режим установки забезпечує ефективну роботу в зимовий період за температури зовнішнього повітря до -22°С (із подальшим підігрівом припливу на виході до +13,5°С) та видалення витяжного повітря з приміщення з температурою +23,3°С



Структурна схема припливно-витяжної установки

1. Передня панель із клапаном УВК510х1540 (Вхідна секція).
2. Фільтр кишеньковий класу G4.
3. Пластинчастий теплоутилізатор (рекуператор) PWT 25/800/1190-5,5.
4. Повітронагрівач рідинний ПНВ 113.1-146-063-1.
5. Вентилятор ADH 315 L/R.
6. Шумоглушник.

Витяжне обладнання для санвузлів

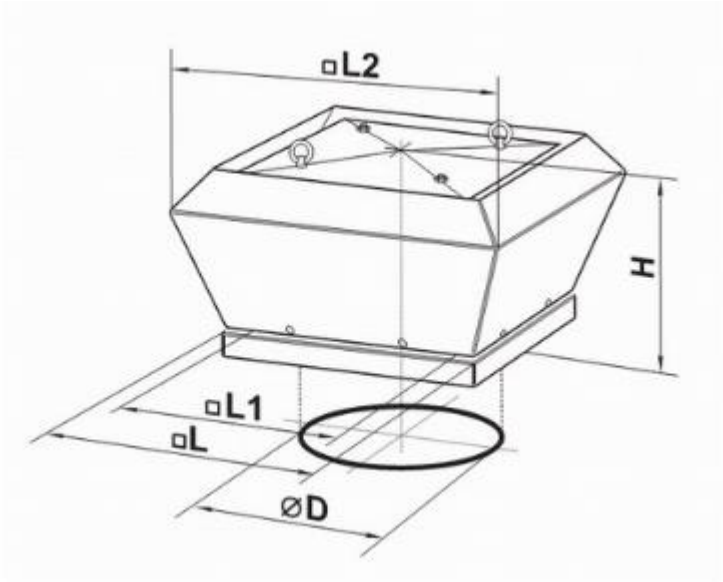
Для витягу повітря з санвузлів обираємо канальний вентилятор VENTS ВКВ 2Е 225 з витратою повітря 915 м^3/год.

Вкм 100 круглий відцентровий вентилятор у міцному металевому корпусі призначений для припливно-витяжних вентиляційних систем. Модель забезпечує ефективне переміщення повітря через мережу повітропроводів стандартного діаметра 100 мм. За потреби підключення до каналів більшого розміру можна використовувати спеціальні перехідники.

Пристрій оснащено однофазним електродвигуном із вбудованим

теплозахистом, що запобігає перегріву та згоранню. Продуктивність вентилятора легко налаштовується за допомогою тиристорного регулятора швидкості.

Габаритні розміри дахового вентилятора



РОЗДІЛ 6
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

Студент / Баранніков П.Д. /

Консультант / Сенчук М.П. /

6.1 Технології монтажу систем вентиляції

6.1.1 Підготовчий етап та організаційно-технічні заходи перед монтажем систем вентиляції

Якісне та безперебійне виконання монтажних робіт із влаштування систем вентиляції та кондиціонування повітря безпосередньо залежить від рівня організації підготовчого періоду. Можливість розгортання монтажного потоку на об'єкті вимагає виконання комплексу організаційно-технічних заходів, будівельних робіт та перевірки готовності будівельної готовності приміщень (захваток).

Інженерна та проєктна підготовка

До початку будь-яких практичних дій на будівельному майданчику інженерно-технічний персонал зобов'язаний:

1. Вивчити та проаналізувати робочу документацію (креслення стадії «Р»), монтажні схеми вентиляційних систем, а також специфікації обладнання й матеріалів.
2. Узгодити суміжні графіки виконання робіт (між загальнобудівельними, монтажними та електротехнічними підрядниками).
3. Розробити або детально вивчити Проект виконання робіт (ПВР), який регламентує послідовність монтажу, межі захваток, зони роботи підйомних механізмів та заходи з охорони праці.

Вимоги до будівельної готовності об’єкта

Перед безпосереднім початком монтажу повітропроводів, вентиляційних камер та агрегатів на об'єкті (або конкретній делянці/захватці) мають бути повністю завершені такі будівельні роботи:

- Конструктив будівлі: Зведено міжповерхові перекриття, несучі стіни, перегородки та завершено облаштування покрівлі.
- Спеціальні приміщення: Повністю підготовлено будівельні конструкції вентиляційних камер (припливних, витяжних) та засклено віконні прорізи й світлові ліхтарі для забезпечення належного температурно-

вологого режиму під час монтажу.

- **Фундаменти й опорні елементи:**
- Залито та витримано (до набрання проектної міцності) фундаменти, бетонні основи або металеві майданчики для встановлення вентиляторів, припливних камер, чиллерів та центральних кондиціонерів.
- Підготовлено «плаваючі» звукоізоляційні основи та місця закріплення пружинних чи гумових віброізоляторів. На покрівлі змонтовано стакани, опорні рами та вузли проходу для встановлення дахових вентиляторів.
- Гідро- та теплоізоляція: Виконано повний комплекс гідроізоляційних робіт у приміщеннях припливних венткамер, під фільтрами, калориферами та зонами можливого утворення конденсату.
- Отвори та шроби: Пробито, прорізано або залишено під час зведення конструкцій усі проектні отвори в стінах, перегородках та перекриттях для проходження повітроводів. Підготовлено великогабаритні монтажні прорізи для подачі масивного інженерного обладнання та укрупнених вузлів.
- Оздоблювальні роботи: Стіни, ніші та шахти в місцях майбутнього прокладання повітроводів мають бути поштукатурені, вирівняні та заґрунтовані під фінішне облицювання або фарбування.
- Закладні деталі: Перевірено наявність та правильність розташування зазовні погоджених закладних деталей у будівельних конструкціях, призначених для підвішування й фіксації трас повітроводів та важкої арматури згідно з робочою документацією.

Геодезичні відмітки: На стіни та колони по всьому периметру зони виконання робіт незмивною фарбою нанесено чіткі відмітки чистої підлоги (+0.5 м або +1.0 м), що необхідно для точного вирівнювання трас та систем.

Юридичний факт: Ступінь готовності об'єкта до монтажних робіт

обов'язково фіксується двостороннім Актом приймання приміщення (захватки) під монтаж, який підписують представники генерального підрядника та монтажної організації.

Заходи безпосереднього підготовчого періоду

Паралельно з прийманням будівельної готовності, монтажна організація розгортає на майданчику власну тимчасову інфраструктуру:

Технічне та інструментальне забезпечення:

- На об’єкт доставляють необхідний монтажний інструмент, підйомні механізми (талі, лебідки, підйомники), риштування та засоби вимірювальної техніки.
- Проводиться обов’язковий технічний огляд, перевірка справності, заземлення та калібрування всього інструменту й обладнання.

Вхідний контроль та комплектація матеріалів:

- Проводиться перевірка якості отриманих з підготовчо-заготівельних майстерень або заводів деталей: прямих ділянок повітроводів, фасонних частин (трійників, відводів, переходів), шиберів, дросель-клапанів та мережевого обладнання.
- Контролюється геометрична точність, відсутність механічних пошкоджень, цілісність антикорозійного або цинкового покриття.
- Матеріали та вироби сортуються і комплектуються суворо за системами (наприклад, П1, В1, ПВ1) відповідно до специфікацій, що забезпечує комплектне постачання на робочі місця.

Організація робочих та складських зон:

- Облаштовуються безпечні зварювальні пости із захисними екранами та первинними засобами пожежогасіння.
- Розгортаються тимчасові пости й щити для безпечного підключення електрифікованого інструменту, зварювальних апаратів та систем освітлення робочих місць.
- Організовуються закриті або навісні зони (склади) для тимчасового

складування матеріалів згідно з ПВР, захищені від атмосферних опадів та будівельного пилу.

- Зони монтажу повністю очищуються від залишків будівельного сміття, підмостей суміжних організацій та сторонніх предметів.

Такий деталізований підхід мінімізує ризики простою монтажних бригад, унеможливлює пошкодження вентиляційного обладнання під час загальнобудівельних робіт та гарантує виконання монтажу з дотриманням діючих ДБН.

6.1.2 Вимоги до виконання монтажу повітропроводів та вентиляційного обладнання

Технологія та організація монтажу повітропроводів

Монтаж систем повітропроводів є потоково-послідовним процесом, який розгортається після завершення основних загальнобудівельних робіт на об'єкті (або окремій визначеній захватці). Влаштування вентиляційних мереж здійснюється паралельно або в чіткій технологічній ув'язці зі встановленням основного вентиляційного обладнання.

Вибір методів та засобів монтажу повітропроводів залежить від таких ключових факторів:

- Просторове положення траси: горизонтальні розводки або вертикальні стояки (шахти);
- Трасування відносно будівельних конструкцій: прокладання вздовж стін, колон, у підстелевому просторі, у спеціальних комунікаційних шахтах або на покрівлі будівлі;
- Об'ємно-планувальні рішення будівлі: одно- чи багатоповерхова, цивільного, адміністративного чи промислового призначення.

Незалежно від конфігурації та призначення системи, монтажний процес завжди починається з розмітки проектної осі траси та визначення місць встановлення кріпильних елементів. Це дозволяє оптимізувати шляхи транспортування та виявити найбільш зручні зони для підйому укрупнених

блоків до засобів кріплення. Після цього на проектних відмітках фіксують тимчасові вантажопідйомні засоби (талі, лебідки, вишки-тури) та здійснюють подачу деталей повітропроводів у робочу зону монтажу.

Метод укрупненого збирання вузлів

З метою підвищення продуктивності праці та скорочення термінів будівництва монтаж виконують переважно методом укрупнених блоків. Перед початком робіт лінійні ділянки та фасонні частини ділять на монтажні вузли, виходячи з:

- комплектувальної відомості та монтажних схем;
- загальної маси деталей;
- вантажопідйомності наявних монтажних механізмів;
- просторових умов на робочому місці.

Окремі деталі зварюють або з'єднують на підлозі в укрупнені батоги (довжиною, як правило, від 6 до 12 метрів), встановлюють на них передбачені хомути та кріпильні елементи, і лише після цього готовий вузол піднімають у проектне положення для остаточної фіксації.

Способи та технологія з’єднання повітропроводів

Оскільки система повітропроводів є збірною конструкцією, що складається з прямих ділянок, фасонних частин (відводів, переходів, трійників) та мережевого обладнання, герметичність та міцність стиків забезпечується за допомогою спеціальних типів з'єднань.

- Фланцеве з’єднання: Традиційний і найбільш надійний спосіб. Фланці (з кутового сталевого профілю або спеціальної шини) фіксуються на торцях повітроводів методом відбортовки, точкового або суцільного зварювання, а також за допомогою заклепок. Між фланцями обов'язково укладається ущільнювальна прокладка (пориста гума, азбестовий шнур або стрічка «Герлен») залежно від температури та складу повітря, що транспортується. Стягування фланців виконується болтами. Для забезпечення високої культури монтажу всі болти туго

затягуються, а їхні гайки розташовуються строго з одного боку фланцевого з'єднання.

- Рейкове (шинорейкове) з’єднання: Сучасний метод для прямокутних повітропроводів. Використовується європрофіль (монтажна оцинкована шина L-подібної форми) спільно зі спеціальними кутовими елементами. Шинорейка насаджується на торець короба та фіксується саморізами або пуклівателем. Таке з'єднання забезпечує високу жорсткість контуру, щільність стику та значно прискорює монтаж.
- Ніпельне (муфтове) з’єднання: Оптимальне рішення для швидкого монтажу круглих повітроводів.
    1. *На ніпелі (внутрішнє):* Використовується фасонна деталь, зовнішній діаметр якої трохи менший за внутрішній діаметр повітропроводу. Ніпель вставляється всередину двох суміжних труб.
    2. *На муфті (зовнішнє):* Використовується елемент, внутрішній діаметр якого трохи більший за зовнішній діаметр повітропроводу. Муфта одягається поверх стику.

    Для забезпечення герметичності (класу не нижче «А» або «В») стики ніпельних з'єднань додатково фіксуються саморізами або заклепками і ретельно бандажуються самоклейною герметизуючою стрічкою (як правило, алюмінієвою або армованою ТПЛ).
- Зварне з’єднання: Застосовується на об'єктах із підвищеними вимогами до міцності та щільності трас (наприклад, у системах димовидалення, пневмотранспорту або аспірації), де повітропроводи виготовляються з чорної листової сталі товщиною від 1.5–2.0 мм.

Нормативні вимоги до кріплення повітропроводів

Крок встановлення опорних конструкцій (підвісок, хомутів, траверс, кронштейнів) суворо регламентується для запобігання провисанню та

деформації каналів:

Тип та розмір перерізу повітропроводу	**Напрямок прокладання траси**	**Максимально допустимий крок кріплення**
Круглий/прямокутний з розміром < 400 мм	Горизонтальний	не більше 4.0 м
Круглий/прямокутний з розміром ≥ 400 мм	Горизонтальний	не більше 3.0 м
Будь-який переріз (до стін/колон)	Вертикальний	не більше 4.0 м

Кріплення до плит перекриття або покриття (до стелі) виконується за допомогою різьбових шпильок, анкерів та кронштейнів за відсутності технічної можливості фіксації до стін чи колон. При паралельному прокладанні кількох повітроводів на одній відмітці мінімально допустима відстань між їхніми осями визначається за формулою:

Нормативні вимоги до кріплення повітропроводів

$$n = 0.5 \cdot (D_1^{\max} + D_2^{\max}) + 100 \text{ мм}$$

А відстань від осі круглого повітропроводу до поверхні стелі має становити не менше:

$$n = 0.5 \cdot D_{\max} + 100 \text{ мм}$$

Монтаж регулювальних та повітророзподільних пристроїв

- Прилади регулювання: Запірно-регулюючі пристрої (дросель-клапани, шибери, заслінки, зворотні та протипожежні клапани) приєднуються до повітропроводів переважно на фланцях. Щоб виключити вплив турбулентних потоків повітря на роботу арматури, їх встановлюють на лінійних ділянках на відстані не менше 4-х діаметрів (або гідравлічних діаметрів) до найближчої фасонної частини (відводу чи трійника).

- Ергономіка управління: Рукоятки та виконавчі механізми (електроприводи) регулювальних приладів повинні бути виведені на зручну для обслуговування висоту — 1.2…1.5 м від рівня чистої підлоги. Вони мають легко відкриватися/закриватися, мати пристрої для надійної фіксації положення, а на самому повітропроводі обов'язково наносяться чіткі позначки («Відкрито» / «Закрито»).
- Повітророзподільні пристрої: Жалюзійні решітки, щілинні дифузори та плафони встановлюються у вентиляційні отвори будівельних конструкцій або безпосередньо врізаються в повітропроводи. При цьому забезпечується щільність прилягання корпусу розподільника до поверхні стіни або стелі через ущільнюючі стрічки для запобігання ексфільтрації повітря.

Технологія монтажу вентиляційного обладнання

Монтаж активного вентиляційного обладнання виконується у суворій відповідності до діючих типових технологічних карт, інструкцій заводів-виробників та загальнобудівельних нормативів.

Типова послідовність монтажних операцій

Незалежно від типу обладнання, процес монтажу включає такі послідовні етапи:

- Вхідний контроль: Перевірка комплектності поставки згідно зі специфікацією та супровідними документами (паспортами).
- Передмонтажна ревізія: Огляд обладнання на відсутність дефектів, перевірка цілісності корпусів, ізоляції, плавності ходу рухомих елементів.
- Транспортування: Доставка агрегатів у зону монтажу за допомогою засобів горизонтального та вертикального транспорту.
- Позиціонування: Підйом, кантування та встановлення обладнання на проектну основу (фундамент, майданчик, кронштейни).
- Інструментальна перевірка: Контроль правильності встановлення за

допомогою рівнів, висків та геодезичних приладів.

- Фіксація: Вивірення та остаточне закріплення агрегату в проектному положенні анкерами або болтами.
- Контроль працездатності: Первинна перевірка готовності до пусконалагоджувальних робіт.

Специфіка монтажу окремих видів обладнання

- **Припливно-витяжні установки (ПВУ):**
- Монтуються на підлозі (на бетонних фундаментах/основах) або підвішуються до перекриття (стін) за допомогою підсилених кронштейнів та анкерів з використанням шпильок великого діаметра.
- ПВУ зазвичай постачаються заводами у вигляді зібраних моноблоків або окремих секцій (секції фільтрації, нагріву, охолодження, рекуперації, вентилятора), які упаковані в захисну плівку. Перед монтажем елементи розпаковують, оглядають та перевіряють плавність роботи повітряних клапанів і заслінок.
- При монтажі компактних стінових ПВУ в зовнішній стіні будівлі виконується отвір відповідного калібру за допомогою систем алмазного буріння. Установка жорстко кріпиться до стіни або інтегрується безпосередньо в проріз. З вуличної сторони монтується захисна плоска решітка або повітрозабірний ковпак із капельником.
- Критична вимога: При компонуванні та встановленні ПВУ навколо обладнання обов'язково залишають нормативні сервісні зони (проходи), які забезпечують вільний доступ до інспекційних люків для заміни фільтрів, ремонту двигунів та очищення теплообмінників.

Радіальні (відцентрові) вентилятори:

- При встановленні на жорстку основу (бетонний фундамент) вентилятор фіксується анкерними болтами. Корпус і станина агрегату повинні щільно, без перекосів, прилягати до звукоізоляційних прокладок із листової гуми товщиною від 10–20 мм.

- Якщо проектом передбачено монтаж на пружинних або гумових віброізоляторах, останні спочатку кріпляться болтами до загальної опорної рами вентилятора, а вже потім рама вирівнюється за рівнем і фіксується до підлоги. Підключення вентилятора до повітропроводів виконують виключно через гнучкі вставки (з брезенту або силікону) для запобігання передачі вібрації на мережу.

Осьові вентилятори:

- Завдяки меншим габаритам мають ширший спектр монтажних рішень: їх монтують на фундаментах, металевих рамах-опорах, стінових прорізах (на фланцях) або безпосередньо в розрив траси повітропроводів (канальне виконання).

Дахові вентилятори (радіальні та осьові):

- Встановлюються безпосередньо на покрівлях будівель. Основою для них служать залізобетонні або металеві вентиляційні стакани, жорстко інтегровані в конструкцію покриття і оснащені закладеними анкерними болтами. Особливу увагу при монтажі дахових вентиляторів приділяють відновленню та надійності гідроізоляційного килима навколо стакана для унеможливлення протікання покрівлі.

Передпускові випробування під навантаженням

Після завершення електричних підключень та заземлення виконують пробний пуск вентиляційних агрегатів під навантаженням (обкатку). Під час цього етапу інженерно-технічний персонал контролює:

- правильність напрямку обертання робочого колеса (крильчатки);
- міцність та надійність кріплення двигуна і корпусу до опор;
- відсутність сторонніх стуків, шумів та підвищеного биття вала (перевірка точності балансування колеса вентилятора);
- струми споживання двигуна на відповідність номінальним параметрам теплових реле.

6.1.3 Монтажне креслення системи вентиляції

Монтажне креслення — це робочий документ, який містить спрощене зображення вентиляційної системи та всі необхідні дані для її безпомилкового складання й фіксації в проектне положення. Його розробляють на основі затвердженої робочої документації та **натурних замірів** фактичних габаритів приміщень і конструкцій.

Монтажне креслення складається з двох обов'язкових частин:

1. **Монтажна схема** (плани, розрізи, аксонометрія).
2. **Комплектувальна відомість** на деталі та фасонні елементи.

Зміст монтажної аксонометричної схеми

Монтажна аксонометрична схема виконується у вигляді просторового ескізу без суворого масштабу, але з дотриманням пропорцій елементів відповідно до умовних позначень. На ній обов'язково зазначають:

- номінальні діаметри або розміри перерізу повітропроводів;
- розташування деталей і з'єднань (муфти, ніпелі, повороти/відводи, трійники);
- запірно-регулюючу арматуру (дросель-клапани, шибери, клапани);
- мережеві елементи (гнучкі вставки, повітророзподільники, решітки);
- будівельні (монтажні) довжини прямих ділянок та фасонних частин;
- координаційні та висотні відмітки осей відносно рівня чистої підлоги.

6.2 Організація монтажу систем вентиляції

6.2.1 Календарне планування виконаних робіт

Календарне планування — це процес розробки та коригування часового розкладу виконання робіт, які здійснюються різними організаціями, взаємопов’язані між собою в часі й просторі (на об'єкті або захватках) та забезпечені необхідними матеріально-технічними й трудовими ресурсами. Календарний план розробляється у складі Проекту виконання робіт (ПВР). У календарному плані визначають дати початку та закінчення кожної операції, їхню тривалість і потребу в ресурсах. Документ складається з двох

частин:

1. Розрахунково-таблична частина: шифр і перелік (номенклатура) робіт, обсяги, посилання на нормативні документи (КНУ РЕКН), норми часу на одиницю виміру, загальна трудомісткість (люд.-год), кількість змін, чисельність і кваліфікаційний склад ланки/бригади, планова тривалість та запланований відсоток виконання норм.
2. Графічна частина: лінійний графік (діаграма Ганта) або циклограма потоку, що відображають черговість і терміни виконання робіт на захватках.

Порядок побудови календарного плану:

1. Визначення номенклатури робіт: формування чіткого переліку монтажних процесів відповідно до їх технологічної послідовності.
2. Підрахунок обсягів робіт: визначення обсягів за специфікаціями робочої документації марки ОВ.
3. Вибір методів робіт та механізмів: обґрунтування технології монтажу (наприклад, укрупненими вузлами) та підбір вантажопідйомних засобів.
4. Розрахунок трудомісткості робіт: обчислення витрат часу на основі обсягів та діючих Ресурсних елементних кошторисних норм України (Т = V *Нч).
5. Встановлення змінності робіт: визначення кількості змін на добу залежно від термінів будівництва та умов суміщення процесів.
6. Визначення тривалості робіт: розрахунок планового строку виконання кожної операції в днях, виходячи з розрахованої трудомісткості та складу ланки.
7. Формування складу бригад і ланок: розрахунок кількісного та професійно-розрядного складу виконавців для забезпечення рівномірного руху робочої сили.

8. Розробка графічної частини: побудова лінійної шкали часу з відображенням суміщення процесів та побудовою графіка руху робітників.
9. Коригування та оптимізація плану: ув'язка графіка з директивними термінами будівництва об'єкта та вирівнювання графіка руху робочої сили (ліквідація пікових коливань).

6.2.2 Послідовний та потоковий методи організації виконання будівельно-монтажних робіт, побудова графіка-циклограми

При розробці Проекту виконання робіт (ПВР) для влаштування систем вентиляції вибір методу організації будівництва визначає ефективність використання ресурсів та загальні терміни реалізації проекту. У практиці монтажу інженерних систем застосовують три основні методи: послідовний, паралельний та потоковий.

1. Порівняльний аналіз послідовного та потокового методів

- **Послідовний метод:** Передбачає, що монтажні роботи на кожній наступній ділянці (захватці, поверсі) починаються лише після повного завершення всього комплексу робіт на попередній.
- *Переваги:* Мінімальна одномоментна потреба в чисельності робітників та інструментах на об'єкті; відносна простота постачання.
- *Недоліки:* Максимальна (загальна) тривалість будівництва, що веде до затягування строків здачі об'єкта та тривалого заморожування капіталовкладень.
- **Потоковий метод:** Це метод ритмічної планової організації виконання БМР, заснований на безперервному, рівномірному й постійному завантаженні монтажних бригад (ланок), раціональному споживанні матеріально-технічних ресурсів та регулярному випуску готової будівельної продукції (готових до пусконалагодження систем). Він

поєднує в собі переваги послідовного (мінімальна потреба в ресурсах) та паралельного методів (максимальна швидкість будівництва).

Етапи організації будівельно-монтажного потоку

Відповідно до лекційного курсу кафедри, створення ефективного монтажного потоку вентиляційних систем реалізується у чотири послідовні етапи:

Технологічне розчленування: Кожний сукупний виробничий процес монтажу вентиляції ділять на окремі складові процеси (наприклад: 1 — встановлення кріплень та опор; 2 — укрупнене збирання та навішування повітропроводів; 3 — монтаж вентиляційного обладнання та пристроїв).

Спеціалізація виконавців: Для виконання кожного окремого складового процесу призначають фіксовані ланки або бригади робітників відповідної кваліфікації.

Просторове розчленування фронту робіт: Увесь фронт БМР об'єкта розділяють на окремі рівнозначні геометричні делянки — **захватки** (поверхи, секції, температурні блоки). Для кожної захватки розраховується тривалість виконання складових процесів (ритм потоку).

Часова координація (синхронізація): Окремим виконавцям (ланкам) призначають строгу черговість та терміни переходу з однієї захватки на іншу з метою забезпечення безперервності роботи людей, техніки та уникнення технологічних простоїв.

Моделювання та побудова графіка-циклограми

Для наочного моделювання та контролю розвитку монтажних процесів не лише в часі, а й у просторі (на конкретних об'єктах і захватках) використовують **технологічну циклограму**. На відміну від статичного лінійного графіка, вона наочно показує рух кожної бригади по об'єкту.

Правила та геометричний порядок побудови циклограми:

- **Координатна сітка:** Циклограма будується в єдиній календарній шкалі

з лінійним графіком. По горизонтальній осі (абсцис) відкладають час у робочих або календарних днях (змінах). По вертикальній осі (ординат) в обраному лінійному масштабі відкладають і нумерують захватки (поверхи чи блоки будівлі) суворо знизу вгору.

- **Зображення процесів:** Кожен спеціалізований потік (робота окремої ланки) зображується у вигляді похилої лінії. Нахил цієї лінії характеризує інтенсивність (швидкість) потоку.
- **Технологічна ув'язка:** Лінії окремих процесів не повинні перетинатися на графіку, оскільки це означало б одночасне перебування двох різних бригад на одній обмеженій захватці, що є грубим порушенням правил техніки безпеки та технології монтажу. Між лініями суміжних потоків закладається розрахунковий часовий або просторовий крок.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Студент / Баранніков П.Д. /

Консультант / Клімова І.В. /

7.1 Основні завдання охорони праці

Під час будівництва об’єктів обов’язково повинні бути вжиті заходи для запобігання впливу на працівників та населення, яке перебуває на прилеглих до будівельного об’єкта теоритрії, небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Життя і здоров’я людини є пріорететом, тому метою розділу «Охорона праці і навколишнього середовища» є розроблення питань щодо створення безпечних і здорових умов праці в виробничому приміщенні, на робочих місцях та в робочих зонах; запобігання можливості отримання виробничих травм, професійних захворювань, отруєнь, пожеж, вибухів, аналіз впливу проектних рішень на навколишнє середовище.

Основні завдання охорони праці:

- Проектування підприємств, технологічних процесів і конструювання обладнання з обов’язковим дотриманням вимог охорони праці;
- Знаходження оптимальних співвідношень між різними факторами виробничого середовища, що дозвоялє забезпечити мінімум несприятливого впливу на здоров’я працівників;
- Встановлення, законодавче оформлення визначених норм для кожного з несприятливих або небезпечних факторів, постійний контроль за їх застосуванням;
- Розроблення конкретних заходів для покліпшення умов праці та забезпечення безпеки на робочому місці, використовуючи передові наукові та технічні досягнення у виробництві.
- Застосування раціональних засобів для захисту працівників від негативного впливу виробничого середовища, а також впровадження організаційних заходів, які зменшують ступінь цього впливу на організм людини.

Розробка та використання методів і засобів оцінки ефективності заходів з охорони праці, які плануються і виконуються.

Під час виконання робіт на людину діють шкідливі та несприятливі чинники (наприклад шум, пил, гази, пари, шкідливі речовини, тощо). Вони можуть призвести до захворювань і втрати працездатності. Для усунення причин, умов і чинників, які мають негативний вплив на здоров'я людини, розробляються науково-організаційні, санітарно-гігієнічні заходи, для покращення умов праці і підвищення працездатності на всіх стадіях технологічного процесу.

Шкідливі і небезпечні виробничі чинники поділяються на чотири групи:

- Фізичні, до них відносяться: елементи машин і механізмів; недопустима температура машин; обладнання і повітря в робочій зоні; недопустимий рівень шуму; підвищений рівень вібрації; різні види випромінювання; підвищена напруженість електричного поля; незадовільна освітленість робочих місць; будівельні роботи на великій висоті відносно рівня землі;
- Хімічні, до них відносять: токсичні речовини, які застосовують для будівельних робіт або які знаходяться в будівельних матеріалах;
- Біологічні – різні мікроорганізми;
- Психофізіологічні – фізичні навантаження (наприклад, підйом і перенесенні вантажу у процесі робіт), нервово-психічні перевантаження, емоційні, монтонність праці та інші.

7.2 Небезпечні та шкідливі фактори, що діють на працівників під час виконання робіт

Аналіз небезпечних та шкідливих факторів наведений у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Небезпечні та шкідливі виробничі	Джерела виникнення	Кількісна оцінка (допустимий	Нормативні документи

фактори	факторів (види робіт)	параметр, чинний норматив)	
1	2	3	4
Метрологічні умови виробничого середовища	Монтаж конструкцій, експлуатація систем	t= 20-22 °С ϕ = 60-40% V=0,2-0,4 м/с	ДСН 3.3.6.042-99
Освітлення робочих зон	Монтаж санітарно-технічних конструкцій, опоряджувальні внутрішній та зовнішні роботи	30 лк 30 лк 50 лк 30 лк	ДСТУ Б А.3.2-15:2011
Виробничий шум	Роботи з будівельним інструментом, механізмами, експлуатація машин	< 80дБ А < 80дБ А < 80дБ А	ДСН 3.3.6-037-99 ДБН В.1.2 10: 2021
Пожежна безпека	Захист від пожежі	II ступ. вогнестійк. категор. пож.безп В	ДБН В.1.1-7:2016 ДБН В.1.2-7:2021
Шкідливі речовини	Зварювальні – ацителен; Опоряджувальні - ацетон	ГДК 300 мг/м^3 ГДК 300 мг/м3	Наказ МОЗ України №1596 від 14.07.2020
Ураження електричним	Електромонтажні, Зварювальні, Освітлення	220 В 380 В 220 В	ДСТУ Б В.2.5-82:2016 ДБН А.3.2-2-

струмом	Машини і механізми	220 В, 380 В	2009
Падіння з висоти людини	Монтажні роботи А) зовнішні Б) внутрішні	Н = 37,7 м Н=37,7 м Н=4,4 м	НПАОП 0.00-1.80-18
Падіння конструкцій і матеріалів з висоти	Монтажні, Покрівельні, Опоряджувальні А) зовнішні Б) внутрішні	Н = 37,7 м Н = 37,7 м Н = 37,7 м Н = 4,4 м	НПАОП 0.00-1.80-18

Метрологічні умови виробничого середовища

Метрологічні умови виробничого середовища мають досить суттєвий вплив на стан організму працівника та його процездатність.

Клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення визначається показниками температури, відносної вологості, швидкості руху повітря та теплового випромінювання нагрітих поверхонь. Під час праці людина взаємодіє з тепловим середовищем.

При оптимальних мікрокліматичних умовах в організмі працівника підтримується стала температура тіла (36,6 °С) завдяки терморегуляції.

Кількість тепла, що утворюється в організмі, залежить від фізичного навантаження працівника, а рівень тепловіддачі залежить від мікрокліматичних умов виробничого середовища. Тепло віддається через випромінювання та випаровування вологи з поверхні шкіри. При низькій температурі повітря і великій швидкості його руху організм віддає більше тепла. При високій температурі повітря значна частина тепла втрачається через випаровування.

Досить великий вплив на самопочуття та працездатність людини

має вологість повітря. Висока вологість зменшує віддачу тепла через випаровування. Підвищення вологості погіршує процес тепловіддачі. Занадно низька вологість призводить до виникнення проблем з дихальними шляхами.

Тепловіддача з поверхні шкіри залежить від швидкості руху в робочій зоні. Рух повітря сприяє збільшенню віддачі тепла організмом. Різкі коливання темпераутри можуть призвезти до простудних захворювань.

Завдання роботодавця полягає у створенні на робочому місці оптимальних або прийнятних мікрокліматичних умов для збереження здоров'я працюючих.

Оптимальні і допустимі значення цих показників встановлюються для робочого середовища з урахуванням важкості робіт, які виконуються та періоду року.

Робітникам видається теплий спецодяг для запобігання переохолодження. Він повинен бути повітро- та вологопроникним та зручним. Для захисту голови та запобігання травм голови працівникам необхідно використовувати каски. Для захисту очей використовують окуляри, а для обличчя – маски з відкидним прозорим екраном. Під час опадів робітники захист робітників досягається використанням плащів та гумових чобіт. При роботах на відкритому повітрі в холодний період року встановлюється режим роботи, при якому наявні періодичні перерви для підігріву в спеціальних приміщеннях. Всі роботи на відкритому повітрі при швидкості вітру більше 15 м/с в умовах низьких температур заборонено за ДБН А.3.2-2-2009 [22].

Для внутрушніх робіт також необхідно організувати сприятливий мікроклімат. Для цього потрібно організувати необхідний повітрообмін в приміщенні шляхом провітрювання.

Освітлення робочих зон

Правильне освітлення і рівномірне розподілення світла на робочих місцях є одним із чинників зниження виробничого травматизму. Освітлення повинно бути рівномірним і достатнім для здійснення робочих процесів.

У виробничих умовах використовують три види освітлення: природне, штучне і змішане.

Найкориснішим для зору людини є природне освітлення.

Якщо недостатньо денного світла, а також в сутінках і вночі, необхідно забезпечити достатнє штучне освітлення.

Яскравість або інтенсивність-це основний параметр штучного освітлення. Крім інтенсивності, важливим фактором є ріномірність освітлення. Визначення рівномірності освітлення полягає у відношенні найменшої освітленості до середньої освітленості на поверхні, але не повинно перевищувати 1:5.

Рівномірність штучного освітлення значно залежить від розташування ламп.

З точки зору рівномірності освітлення, системи поділяються на:

- загальне освітлення - лампи розташовані симетрично на стелі місцеве освітлення - лампи розташовані на робочому місці- комплексне (змішане) освітлення - поєднання двох вищезазначених систем.

Найбільш сприятливим для очей людини з точки зору рівномірності є загальне освітлення, але воно не є економічно вигідним.

На робочій поверхні необхідно забезпечити рівномірне розподілення яскравості, оскільки нерівномірне освітлення може призвести до стомлення зору через постійну переадаптацію очей під час роботи. Для ділянок, де встановлюється система вентиляції та опалення, також потрібно забезпечити рівномірне освітлення з освітленістю не

менше 30 лк, згідно з [13].

Освітлення будівельного майданчика та індивідуальних, особливо нестаціонарних робочих місць, повинно бути розроблене з урахуванням можливості вільного переміщення працівників по всій території та чіткого бачення об'єктів візуальної роботи під час виконання робіт.

Виробничий шум

Шум - це сукупність звуків різної частоти та інтенсивності, що виникають в результаті коливання частинок у пружних середовищах (твердих, рідких, газоподібних). Шумом також вважають будь-який небажаний для людини звук. Важливою характеристикою шуму є його частотний склад. Якщо в складі шуму переважають звуки з частотою коливань до 400 Гц, такий шум називається низькочастотним, якщо переважають звуки з частотою 400 – 1000 Гц – середньочастотним, якщо понад 1000 Гц – високочастотним.

Низькочастотний шум інтенсивністю до 100 дБ не викликає відчутної несприятливої дії на орган слуху; для середньочастотного шуму ця норма складає 85 – 90 дБ згідно з [14, 15] ; для високочастотного – 75 – 85 дБ згідно з [14, 15]. Несприятливі суб’єктивні відчуття і вплив на організм людини зумовлює високочастотний шум.

Шум підступний, його шкідливий вплив на організм відбувається незримо, непомітно. Організм людини проти шуму практично беззахисний.

Шумовий вплив на організм людини переважно пов'язаний з використанням нового, високопродуктивного обладнання, механізацією або автоматизацією робочих процесів, що передбачають роботу з різними верстатами та агрегатами. Джерелами шуму можуть бути двигуни, насоси, компресори, пневматичні та електричні інструменти, молоти, дробарки,

верстати, центрифуги та інше обладнання, яке має рухомі деталі.

Основними засобами боротьби із шумом є: використання малошумних технологічних процесів та устаткування; дотримання правил технфчної експлуатації; проведення планових оглядів та ремонтів; своєчасне проходження працівниками медичних оглядів; застосування засобів індивідуального захисту (вкладки, втулки, навушники, шоломи та інше).

Пожежна безпека

На будівельному майданчику дотримуються вимог Закону України "Про пожежну безпеку" [22] та інших нормативних актів з цієї сфери. Роботодавець має зобов'язання призначити особу, яка буде відповідальна за дотримання правил пожежної безпеки працівниками на будівельному майданчику.

На кожному об'єкті необхідно мати інструкції з пожежної безпеки та інструкції для всіх приміщень, які є вибухопожежонебезпечними або пожежонебезпечними (дільниці, цехи, склади тощо). Працівники можуть розпочати роботу лише після проходження інструктажу з пожежної безпеки, а у разі зміни характеру роботи - після додаткового інструктажу. Залежно від особливостей будівельного майданчика, розмірів та умов експлуатації приміщень, наявного обладнання і кількості робочих місць, а також максимально можливої кількості працівників, необхідно мати достатню кількість первинних засобів пожежогасіння.

Усі будівлі, що будуються, тимчасові споруди, підсобні приміщення, будівельні майданчики тощо повинні мати первинні засоби пожежогасіння, засоби контролю та оперативного оповіщення у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Кількість, розташування, розміри шляхів евакуації і виходів визначаються залежно від характеру робіт, розмірів і облаштування

будівельного майданчика
і приміщень, а також від максимально можливої кількості осіб, які там можуть перебувати. Шляхи евакуації повинні бути вільними від сторонніх предметів і якнайкоротшими до евакуаційних виходів, які повинні бути позначені знаками пожежної безпеки. На будівельних об'єктах забороняється закривати на замки двері евакуаційних виходів під час перебування людей. Шляхи евакуації повинні бути обладнані автоматичними аварійними джерелами світла. Обов'язково повинен бути захист будівлі від блискавки.

Всі системи опалення, вентиляції та кондиціонування в будівлі мають проектні рішення, які включають противибухові та протипожежні заходи відповідно до вимог норм та правил.

Шкідливі речовини

Під час монтажу сантехнічних систем основним джерелом виділення шкідливих газів є зварювальні роботи. Під час цих робіт виникає значна кількість шкідливих оксидів. Щоб уникнути негативного впливу цих газів на організм працівників, необхідно використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання. Також важливо слідкувати за природним видаленням шкідливих речовин та їх асиміляцією до допустимих норм.

Ураження електричним струмом

Електроустаткування становить потенційну небезпеку для життя та здоров'я людини. Основними причинами появи виробничого травматизму електричним струмом є випадковий дотик до неізольованих електропроводів, несправного електроінструменту та механізмів, робота без засобів індивідуального захисту, несправність мережі заземлення, порушення правил техніки безпеки.

Небезпечні струмовідні частини електроустановки повинні бути

недоступні для випадкового прямого дотику.

Необхідно забезпечити достатні заходи захисту від ураження електричним струмом під час виготовлення електрообладнання або монтажу електроустановки.

Захисне заземлення - це намірене електричне з'єднання певної точки електричної мережі, металевих непровідних частин електроустановки або обладнання, які можуть бути під напругою через пошкодження ізоляції з зонами розтікання, з метою забезпечення безпеки від електричного струму. Щоб забезпечити швидке відведення струму в землю та уникнути накопичення електричної енергії, заземлення повинно мати низький опір. Заземлення повинно забезпечувати ефективне відведення струму короткого замикання в землю, щоб запобігти пошкодженню обладнання та забезпечити безпеку.

Заземлення сприяє зменшенню електромагнітних перешкод і випромінювання, які можуть впливати на роботу електроніки та інших пристроїв. Відведення надлишкового струму в землю допомагає уникнути електричних шумів і зменшити електромагнітні впливи.

Для забезпечення належного захисту, важливо правильно спроектувати та встановити заземлення відповідно до вимог національних та міжнародних нормативних документів. Також рекомендується проконсультуватися з кваліфікованим фахівцем.

Падіння з висоти людей та предметів

Роботи на висоті включають в себе ситуації, коли працівник знаходиться на відстані менше двох метрів від незахищених зовнішніх або неперекритих внутрішніх перепадів по висоті, які перевищують 1,3 метра від робочої поверхні. Також до цих робіт відносяться роботи на похилій робочій поверхні.

Основним небезпечним фактором при роботі на висоті є те, що робоче місце знаходиться вище поверхні землі або над простором, що знаходиться нижче поверхні землі. Це може призвести до падіння працівника або падіння предметів на працівника.

Причини падіння з висоти працівників можуть бути різними:

- технічні, виникикають при відсутності огороджень, запобіжних поясів, недостатня міцність настилів, колисок чи сходів;

технологічні, виникають при неправильній технології виконанні робіт;

- психологічні та фізичні, виникають при порушенні координації рухів, необережність дій недбалого ставлення до виконання робт;

- метеорологічні, виникають при появі сильного вітру, температури, дощу, снігу, туману.

Також, травмування працівників може статися в резльтаті па діння предметів з висоти.

Причинами падіння предметів можуть бути:

- падіння вантажу, який переміщують за допомогою вантажопідйомних машин, неправильного старпування;

- падіння конструкцій, що монтуються;

- виникнення аварій будівельних конструкцій через порушення технології виготовлення збірних конструкцій, низької якості будівельно-монтажних робіт;

- падіння матріалів, елеметрів конструкцій, інструменту та інш., внаслідок порушення вимог правил безпеки;

Під час виконання робіт на висоті повинні бути встановлені огорожі, і бути позначеними в установленому порядку межі небезпечних зон. Такі заходи необхідні для обмеження доступу працівників в зони можливого падіння з висоти, травмування падаючими матеріалами, інструментом та іншими предметами.

На межах зон, де постійно присутні небезпечні виробничі фактори, встановлюються охоронні бар'єри, а на кордонах зон потенційної небезпеки встановлюються сигнальні бар'єри та знаки безпеки.

Під час виконання робіт на висоті небезпечні зони визначаються, позначаються та захищаються внизу під місцем робіт. Якщо роботи виконуються на одній вертикалі, то нижче розташовані місця обладнуються захисними пристроями (настилами, сітками, козирками) на відстані не більше 6 м по вертикалі від найнижчого робочого місця. Також, працівники повинні користуватися засобами індивідуального захисту. До них належать: страхувальні системи, спускові механізми, лебідки, підвисні сидіння, прив’язі, канатні, ланцюгові і тросові стропи, запобіжні лямкові і безлямкові пояси, кріплення акерного типу, карабіни, страхувальні канати та інші.

Не дозволяється виконувати роботи на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 10 м/с і більше, при ожеледиці, грозі або тумані, який затрудняє видимість в межах фронту робіт, а також у нічний час при

недостатній освітленості та якщо температура повітря вище плюс 35 °С або нижче мінус 20 °С, згідно з [21]. Невідкладні роботи на висоті в більш складних погодних умовах (при інших температурах тощо) виконуються за рішенням роботодавця. При цьому в ПВР слід передбачити додаткові заходи безпеки, що відповідають цим умовам.

7.3 Заходи безпеки навколишнього середовища

Згідно зі статтею 51 Закону України "Про охорону навколишнього середовища" [23], при проектуванні, розміщенні, будівництві, введенні в експлуатацію нових або реконструкції існуючих підприємств, споруд та інших об'єктів, удосконаленні технологічних процесів та устаткування, а

Викиди шкідливих речовин в повітряний басейн відсутні. Технологічне обладнання з наднормативним рівнем шуму (45 дБ) також відсутнє. Шумова обстановка в районі будівництва під час експлуатації об'єкта не погіршується.

Об’єкт, що проєктується, не впливає на структуру земельних ресурсів та відсутнє забруднення грунту виробничими відходами.

також під час експлуатації цих об'єктів необхідно забезпечувати екологічну безпеку людей, раціональне використання природних ресурсів, дотримання нормативів щодо впливу на навколишнє природне середовище. Також необхідно передбачати вловлення, утилізацію, знешкодження шкідливих речовин і відходів або їх повну ліквідацію, а також виконання інших вимог щодо охорони навколишнього природного середовища та здоров'я людей.

У зонах житлової забудови відповідно до Закону України «Про охорону атмосферного повітря» під час будівельно-монтажних робіт вживають заходи для запобігання пилоутворень і забруднення атмосферного повітря.

Будівельні відходи та вторинна сировина повинні вивозитися до місця їх сладування або переробки, відповідно до Закону України «Про відходи». Вивезення відходів відбувається згідно з правил, які встановлюються місцевими органами.

Отже, можемо зробити такі висновки: вплив на атмосферне повітря відсутній, технологічне обладнання забезпечує нормальні рівні шуму, відстутнє забруднення грутну. З урахуванням цих факторів, експлуатація та будівництво об’єкта не призведе до негатиивного впливу на навколишнє середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-67: 2013 р. «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

2. «Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник»/ Уклав: П.Л.Зінич - К: КНУБА, 2002 р.

3. Каталог Vents «Промислова та комерційна вентиляція», 2014р.

4. Повітророзподільники компанії Арктос «Вказівки по розрахунку та практичне застосування»/ Видання п’яте, 2008 р.

5. ДБН В.2.2-16: 2005 р. « Культурно видовищні та дозвіллєві заклади».

6. «Конциціювання повітря»/ Уклали: А.А. Пеклов, Т.А. Степанова, 1978 р.

7. Каталог Vents «Спірально-навивні повітропроводи», 2011р.

8. Методичні вказівки до курсового проекту «Вентиляція громадських будівель»,

9. «Вихідні дані до курсового проекту «Вентиляція громадських будівель»/ Уклали: П.Л.Зінич, В.Б. Довгалюк, 2002 р.

10 ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».

11 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

12 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

13 ДСТУ Б В.2.6-190:2013 «Настанова з розрахунку теплоприпливів і тепловтрат будівель».

14 ДБН В.2.5-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

15 ДСТУ 8943:2019 «Труби сталеві електрозварні поздовжньошовні. Технічні умови».

16 ДСТУ 8936:2019 «Труби сталеві водогазопровідні. Технічні умови».

17 ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».

18 ДБН А.3.2-2:2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення».

19 ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

20 ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва. Основні положення».

21 ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення».

23 ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму».

24 ДБН А.2.2-1:2021 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС)».