

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

на тему:

Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря торгового центру в м. Києві

Примак Андріана Олександрівна

(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

„___” _____ 20__ р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

на тему:

Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря торгового центру в м. Києві

Виконала студентка групи ТВ-20

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: теплогазопостачання і вентиляція

Примак Андріана Олександрівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник к.т.н., доцент Задоянний О.В.

асистент, Вахула В.Р.
(прізвище та ініціали)

Ідентичність підтверджую

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем і екології

Кафедра: теплогазопостачання і вентиляції

Освітній рівень: «бакалавр за ОПП»

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

„___” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

Примак Андріана Олександрівна
(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря торгового центру в м. Києві

затверджена наказом ректора КНУБА № ___ від „___” _____ 20__ р.

2. Керівник роботи

К.т.н., доцент, Задояний Олександр Васильович
Асистент, Вахула Володимир Романович
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 19 червня 2024

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Розділ 1. Вступ

Розділ 2. Загальні дані об'єкту

Розділ 3. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Розділ 4. Опалення

Розділ 5. Вентиляція

Розділ 6. Кондиціонування

Розділ 7. Технологія та організація монтажу системи кондиціонування

Розділ 8. Охорона праці

Розділ 9. Енергозбереження

5. Графічний матеріал за розділами

Аркуш 1. План системи опалення. Вузли А, Б та В.

Аркуш 2. АксонOMETрична схема системи опалення. Вузли 3 та 4.

Аркуш 3. План системи вентиляції.

Аркуш 4. АксонOMETричні схеми системи вентиляції ПВ1, ПВ4, П1, В4, В6, МО1.

Аркуш 5. План системи кондиціонування. АксонOMETричні схеми систем кондиціонування К.1.4, К.1.5, К.1.6, К.1.7, К.1.8, К.1.9, К.2.3, К.2.4, К.2.5, К.2.6, К.2.7, К.2.8.

Аркуш 6. Технологія та організація монтажу.

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Вступ	27 травня
Розділ 2. Загальні дані об'єкту	29 травня
Розділ 3. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій	30 травня
Розділ 4. Опалення	3 червня
Розділ 5. Вентиляція	6 червня
Розділ 6. Кондиціонування	9 червня
Розділ 7. Технологія та організація монтажу системи кондиціонування	12 червня
Розділ 8. Охорона праці	14 червня
Розділ 9. Енергозбереження	16 червня
Остаточне оформлення роботи	17 червня
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	19 червня
Попередній захист роботи на кафедрі	20 червня

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада	Перевірив
--------	------------------------------	-----------

	консультанта	Дата	Підпис
Розділ 7.	Сенчук М.П., к.т.н., доцент		
Розділ 8.	Клімова І.В., доцент		

8. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____ Предун К.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Задоянний О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Вахула В.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Примаєк А.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ.....	10
2. Загальні дані об'єкту.....	12
2.1. Паспорт проекту.....	13
2.2. Вихідні дані атестаційно випускної роботи.....	14
2.2.1. Розташування об'єкта і загальна характеристика.....	14
2.2.2. Рельєф міста.....	14
2.2.3. Геологічні та гідрогеологічні дані.....	14
2.2.4. Кліматичні дані.....	14
2.2.5. Інформація про опалення.....	17
2.2.6. Інформація про вентиляцію.....	17
2.2.7. Інформація про кондиціонування.....	18
3. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій.....	19
3.1. Теплотехнічний розрахунок огорожень.....	20
3.1.1. Методика для розрахунку огорожень.....	20
3.1.2. Розрахунок огорожень.....	20
3.2. Розрахунок тепловтрат приміщень.....	24
4. Опалення.....	27
4.1. Розташування системи опалення відповідно до архітектурно-планувальних характеристик і призначення будівлі.....	28
4.2. Вибір опалювальних приладів.....	29
4.3. Запірна та регулююча арматура.....	31
4.4. Прокладання трубопроводів системи опалення.....	32
4.5. Джерело теплової енергії.....	33
4.6. Розрахунок теплової потужності системи опалення.....	33
4.7. Гідравлічний розрахунок магістральних трубопроводів системи опалення.....	34
5. Вентиляція.....	36
5.1. Загальні відомості.....	37
5.2 Вихідні дані для розрахунку.....	38
5.2.1. Характеристика об'єкту будвництва.....	38
5.2.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря системи вентиляції.....	38

					Атестаційна випускна робота	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.3. Розрахункові параметри зовнішнього повітря при спільній роботі системи вентиляції та охолодження.....	39
5.2.4. Розрахункові параметри внутрішнього повітря.....	39
5.3. Розрахункові тепловтрати в приміщенні офісу.....	40
5.4. Надходження шкідливостей в приміщенні.....	41
5.4.1. Теплонадходження від сонячної радіації.....	41
5.4.2. Теплонадходження від штучного освітлення.....	42
5.4.3. Надходження шкідливостей від людей в теплий період року.....	43
5.4.3.1. Явна кількість теплоти.....	43
5.4.3.2. Повна кількість теплоти.....	43
5.4.4. Надходження шкідливостей від людей в холодний період року.....	44
5.4.4.1. Явна кількість теплоти.....	44
5.4.4.2. Повна кількість теплоти.....	44
5.4.5. Вологонадходження від людей.....	45
5.4.5.1. Вологонадходження в теплий період року.....	45
5.4.5.2. Вологонадходження в холодний період року.....	45
5.4.6. Кількість вуглекислого газу.....	45
5.4.7. Загальні теплонадходження.....	46
5.5. Тепловий баланс в приміщенні.....	47
5.5.1. Визначення градієнту температури в приміщенні.....	47
5.6. Розрахунок повітрообміну та побудова процесів на I-d діаграмі для системи вентиляції.....	48
5.6.1. Вихідні дані.....	48
5.6.2. Розрахунок для теплого періоду року.....	49
5.6.3. Розрахунок для холодного періоду року.....	53
5.7. Розрахунок повітрообміну та побудова процесів на I-d діаграмі для системи вентиляції з охолодженням.....	58
5.7.1. Вихідні дані.....	58
5.7.2. Розрахунки повітрообміну.....	58
5.7.3. Розрахунки повітрообміну для теплого періоду року.....	58
5.7.4. Розрахунки повітрообміну для холодного періоду року.....	61
5.8. Підбір повітророздільників.....	65
5.9. Баланс повітря.....	66

5.10. Аеродинамічний розрахунок.....	67
6. Кондиціонування.....	68
6.1. Загальні відомості.....	69
6.1.2. Типи системи кондиціонування.....	69
6.2. Побудова прямої (з рециркуляцією) системи кондиціонування повітря в офісі.....	69
6.2.1. Вихідні дані.....	69
6.2.2. Розрахунок для теплого періоду року.....	70
6.2.3. Розрахунок для холодного періоду року.....	72
6.3. Підбір повітророзподільників.....	76
6.4. Баланс повітря.....	76
6.5. Аеродинамічний розрахунок системи кондиціонування.....	76
7. Технологія та організація монтажу системи кондиціонування.....	78
7.1. Технологія монтажу систем кондиціонування.....	79
7.1.1. Підготовчі роботи перед проведенням монтажу.....	79
7.1.2. Вимоги до монтажу повітропроводів.....	80
7.1.3. Вимоги до монтажу зовнішніх та внутрішніх блоків.....	81
7.1.4. Вимоги до монтажу фреонових трубопроводів.....	82
7.1.5. Вимоги до монтажу дренажних трубопроводів.....	84
7.1.6. Випробування та здача в експлуатацію системи кондиціонування.....	85
7.1.7. Монтажне креслення системи кондиціонування K1.1.....	86
7.2. Організація монтажу систем.....	90
7.2.1. Календарне планування.....	90
7.2.2. Лінійний графік за послідовними та потоковими методами монтажу системи K1.1.....	91
8. Охорона праці.....	94
8.1. Оцінка потенційно небезпечних, небезпечних та шкідливих виробничих чинників, що виникають під час роботи.....	95
8.2. Заходи профілактики.....	97
8.2.1. Основні вимоги до безпеки.....	97
8.2.2. Заходи профілактики потенційно – небезпечних і шкідливих факторів.....	100
8.2.3. Упорядкування будівельного майданчика.....	101
8.2.4. Падіння людей на об'єкті.....	101

8.2.5. Обвалення конструкцій.....	102
8.2.6. Запобіжні заходи для уникнення ураження електричним струмом.....	103
8.2.7. Шкідливі гази.....	105
8.2.8. Шум.....	105
8.2.9. Освітлення на робочих місцях	106
8.2.10. Пожежна безпека	107
8.2.11. Параметри мікроклімату.....	109
9. Енергозбереження	111
9.1. Загальні відомості про енергозбереження	112
9.2. Рекомендовані заходи з енергозбереження	112
Список використаної літератури	114
Додаток А	
Додаток Б.....	
Додаток В	
Додаток Г.....	
Додаток Д	
Додаток Е.....	
Додаток Є	

Вступ

Метою атестаційної бакалаврської роботи є розробка сучасної та ефективної системи вентиляції, опалення та кондиціонування адміністративно-громадського центру. Ціль проектування – створення максимально комфортного та безпечного для здоров'я робочого середовища при мінімальних матеріальних та енергетичних затратах.

В даній дипломній роботі бакалавра запроектована двотрубна система опалення з нижньою розводкою і з горизонтальними відгалудженнями, які прокладаються в підготовці підлоги.

Стояки, відключаюча арматура системи опалення кожного споживача, прилади обліку тепла розміщуються в шафах, в місцях, доступних для персоналу експлуатаційних служб. Трубопроводи від системи приєднуються до стояків на кожному поверсі.

Магістральні трубопроводи системи опалення та вертикальні стояки запроектовано із сталевих водогазопровідних труб за ДСТУ 8936:2019 (при діаметрах до 50мм), сталевих електрозварних труб за ДСТУ 8943:2019 (при діаметрах більше 50мм).

В якості нагрівальних приладів прийняті:

- сталеві панельні радіатори "Radik VK" з нижнім підключенням;
- в зонах вітринного скління - конвектори "KNV2-21-28" висотою 280 мм;
- для підсобних приміщень та сходових клітин на -1 та 1 поверхах - "Radik klassik" з боковим підключенням (робочі параметри $t=110^{\circ}\text{C}$ і $P=10$ бар);
- для електрощитової - реєстр із гладких труб;

Біля приладів встановлюємо радіаторні термостатичні клапани (R401TG).

Для забезпечення необхідної кількості свіжого повітря та підтримання комфортних параметрів проектом передбачені системи вентиляції та кондиціонування повітря. Адміністративно-громадський центр умовно поділено на п'ять різних споживачів, а саме: ліве крило офісів (1-4 поверхи), праве крило офісів

					Атестаційна випускна робота	Арк
						10
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

(1-4 поврихи), кафе (на -1-му поверсі), два бутіки (на -1-му поверсі). Кожен із споживачів забезпечується самостійним вентиляційним обладнання, тепловою енергією із ІТП, холодильною енергією від індивідуального холодильного обладнання.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2
ЗАГАЛЬНІ ДАНІ ОБ'ЄКТУ

					Атестаційна випускна робота	Арк
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Паспорт проекту

Прокладка трубопроводів до нагрівальних приладів офісів, кафе та butikів прийнята із труб KAN PE-Xc з антидифузійним шаром, які прокладаються в захисній гофрі в конструкції підлоги.

Для обліку тепла на вводі для кожного споживача передбачено встановлення теплотічників SensoStar 2/2+.

Опалювальні прилади кріпляться до стіни за допомогою кронштейнів Z-U300 або встановлюються на кронштейн-підставку Z-U210 ("Korado"). Монтаж радіаторів вести на підготовлені стіни з витримкою мінімальної відстані від підлоги 100мм, а від стіни – 30мм.

Опалювальні прилади обладнані термостатичним клапаном і автоматичним краном випуску повітря. Магістральні системи опалення прокладаються з ухилом 0,002.

Вентиляція приміщень торгового центру запроектована примусова припливно-витяжна, з переохолодженням повітря.

Для приміщень butikів передбачено окремі припливно-витяжні установки з рекуператором теплоти, з підігрівом, без переохолодження повітря.

Для громадських і технологічних приміщень кафе передбачено припливну установку з підігрівом і переохолодженням повітря.

В приміщеннях електрощитових та комунікаційних передбачається вентиляція із природнім спонуканням.

Повітропроводи систем вентиляції запроектовані з оцинкованої сталі за ДБН В.2.5-67:2013 класу "В", товщину листової сталі прийнято 0,5 та 0,7 мм, прокладаються відкрито та за підшивною стелею.

Технічні рішення прийняті в робочих кресленнях відповідають вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних та інших норм, що діють на території України та забезпечують безпечну для життя та здоров'я людей експлуатацію об'єкта.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						13
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

2.2 Вихідні дані до атестаційно випускної роботи

2.2.1. Розташування об'єкта і загальна характеристика

У місті Києві знаходиться адміністративно-громадський центр, для якого необхідно розробити систему опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Місто є центром управління та бізнесу. Місто добре розташоване для майбутнього розвитку завдяки дорогам із твердим асфальтовим покриттям і залізниці, які зв'язують його з іншими районами та містами.

У Києві є дві категорії забудови: багатоповерхова та малоповерхова.

2.2.2.Рельєф міста

Місто розташоване на південно-західній низовинній рівнині і знаходиться на Українському щиті згідно з тектонічною будовою. Це призводить до спокійного характеру місцевості. Природний ландшафт перероблено завдяки будівництву вулиць та тротуарів, прокладанню інженерних мереж та регулюванню території.

2.2.3.Геологічні та гідрогеологічні дані

На досліджуваній глибині виявлені відклади верхньочетвертинного періоду, які мають алювіально-делювіальне походження, зокрема, тугопластичний суглинок (ІГЕ-3), а також відклади алювіального походження, такі як м'яко-пластичний суглинок (ІГЕ-2). Ці шари перекриті техногенними відкладами, які складаються з насипного ґрунту з домішками будівельного сміття (ІГЕ-1).

2.2.4.Кліматичні дані

Сонячне випромінювання від Сонця забезпечує природний нагрів атмосфери та є основним чинником, що впливає на формування клімату. Цей вплив особливо помітний у теплий період року, коли Сонце перебуває високо на небі, небо майже безхмарне, і тривалість світлового дня збільшується.

Величина радіаційного балансу визначається співвідношенням надходження та витрат сонячної радіації протягом певного періоду часу. Річний баланс Києва

					Атестаційна випускна робота	Арк
						14
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

позитивний, що становить 1,43–1,60 МДж/м². Однак протягом року він коливається від 0,28–0,30 МДж/м², у червні–липні до негативних значень у січні–лютому (-0,03 МДж/м²).

Атмосферна циркуляція, яка включає переміщення повітряних мас, також обумовлена нерівномірностями у розподілі тепла як у часі, так і у просторі. Це нерозривно пов'язано з радіаційним і тепловим балансами.

Так, настання зими майже завжди відзначається початком проникнення арктичного повітря, що приносить істотне похолодання. У холодну пору року частота таких вторгнень збільшується, досягаючи піку у січні–лютому.

У весняний період, незважаючи на часті пориви арктичного повітря та короткочасні прояви похолодання та приморозків, поступово встановлюється переважання західного напрямку руху повітря. А вже влітку атлантичне повітря займає провідне положення.

У середині березня, як правило, відбувається перехід середніх добових температур до 0⁰С. У квітні збільшується інтенсивність сонячної радіації, що призводить до середньої температури, яка зростає до 6,5-6,7⁰С вище, ніж у квітні. Однак у певні дні можуть бути незначні зниження температури, а вранці можуть бути приморозки.

Температури в червні 18,30 °С, липні 19,80 °С і серпні 19,0 °С є типовими для регіонів з помірно-континентальним кліматом протягом літніх місяців.

Вологість повітря характеризується трьома основними показниками – абсолютною і відносною вологістю та дифіцитом вологості .

Відносна вологість повітря в осінньо-зимовий період становить 80% на опівдні. Однак відносна вологість починає знижуватися в травні, коли температура повітря різко зростає, а інтенсивність випаровування зростає повільно. Особливо чітко простежуються добові відмінності відносної вологості, які, крім заданих сезонних варіацій, демонструють надзвичайно мінливу картину. Найнижчі значення спостерігаються в середині світлового дня, приблизно о 13–14 годині, коли відносна вологість найнижча.

Вітровий режим головним чином залежить від атмосферної циркуляції та

					Атестаційна випускна робота	Арк
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

характеру поверхні землі. У холодний період року, коли на територію впливають антициклони (особливо Сибірський) та атлантичні циклони, переважають південно-східні, південні, південно-західні та західні вітри. Весною, коли циклонічна активність зменшується і вплив місцевих чинників зростає, переважно домінує вітер з південно-східного та північно-східного напрямків.

У літню пору року переважають вітри з заходу та північно-заходу через посилення фронтальної активності на заході. Це поступово змінюється протягом осені. Спочатку впливають південні та західні вітри, а з другої половини осені вітри з південного сходу, що вказує на настання зимової атмосферної циркуляції.

Зимовий сезон у Києві починається з 15 - 17 листопада, коли середньодобові температури переходять до 0°C . Зимовий сезон досягає свого піку наприкінці місяця, коли з'являється сніг. Стійка зима починається, коли середньодобові температури падають до -5°C . З середини лютого, коли вплив радіаційних факторів і земної поверхні збільшується, починається спад зими.

З останніх днів лютого до початку березня, коли сходить сніг, починається весна. Наприкінці квітня середньодобові температури перевищують 10°C .

У кінці травня починається літо, яке триває до вересня. Середні добові температури перевищують 15°C , коли літо закінчується.

Як правило, середина вересня є часом, коли осінь починається. Температури повітря протягом дня залишаються нижче 5°C .

Місто Київ знаходиться в I кліматичній зоні [2].

Середньомісячна та середньорічна температури.

Таблиця 2.1

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

Абсолютна мінімальна температура зовнішнього повітря = -26°C .

Абсолютна максимальна температура температура зовнішнього повітря = 28°C .

					Атестаційна випускна робота								Арк
													16
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата									

Розрахункова зимова температура зовнішнього повітря для розрахунку опалення = -22 °С.

Розрахункова літня температура зовнішнього повітря для розрахунку вентиляції = 28 °С.

Середня температура опалювального періоду = -0,1 °С.

Тривалість опалювального періоду = 176 днів.

Розрахункова географічна широта м. Київ = 51°.

Глибина промерзання ґрунту = 0,8 м.

Кількість опадів за рік 649 мм.

2.2.5. Інформація про опалення

В будівлі адміністративно-громадського центру запроектована двотрубна система опалення з нижньою розводкою. Теплоносій – вода з параметрами 150-70 °С, після ІТП – вода з параметрами 80-60°С. Тепловий потік радіаторів регулюється клапанами-термостатами.

Розводка труб в приміщеннях передбачена в підготовці підлоги по системі “труба в гофрі” вздовж стін по контуру приміщень.

Трубопроводи в конструкції підлоги монтуються із труби з шитого поліетилену КАН РЕ-Хс, та прокладаються в захисних гофрованих трубах. Магістральні трубопроводи монтуються із сталевих електрозварних труб по ДСТУ 8943:2019. Магістральні трубопроводи ізолюються трубною теплоізоляцією із вспіненого каучуку K-FLEX.

При виконанні монтажних робіт та проведенні випробувань системи опалення необхідно керуватися ДСТУ – Н Б В.2.5 – 73:2013.

2.2.6. Інформація про вентиляцію

В будівлі адміністративно-громадського центру запроектована примусова припливно-витяжна система вентиляції. Видалення повітря передбачається через вентканали в капітальних стінах, з викидом повітря вище рівня покрівлі.

Приплив повітря передбачається припливно-витяжними установками та

					Атестаційна випускна робота	Арк
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

частково не організований через вікна та двері. Забір припливного повітря здійснюється з фасаду будівлі через повітрозабірну шахту.

Для зменшення вібрації припливні та витяжні системи обладнуються шумоглушниками.

2.2.7 Інформація про кондиціонування

Проектом передбачено кондиціонування будівлі VRF і SPLIT системами фірми «Toshiba». Зовнішні блоки встановлюються на покрівлі адміністративно-громадського центру. Джерело холодопостачання - холодильне обладнання фірми «Toshiba». Для офісів запроектовано дві холодильні установки, для забезпечення холодом внутрішніх блоків кондиціонерів та фреонових охолоджувачів в припливних установках. Для кафе передбачено холодильну установку для забезпечення холодом внутрішніх блоків кондиціонерів та фреонового охолоджувача в припливній установці.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3
*ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ*

					Атестаційна випускна робота	Арк
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1 Теплотехнічний розрахунок огорожень.

3.1.1 Методика розрахунку огорожень

Мета теплотехнічного розрахунку полягає в тому, щоб конструкція огороження була розроблена таким чином, щоб реальний опір теплопередачі був не менший розрахункового.

$$R_0^{\phi} \geq R_0^H.$$

Визначення фактичного опору теплопередачі:

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_s}, \frac{M^2, \text{ } ^\circ C}{Вт} \quad (3.1)$$

α_e - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до внутрішньої стінки огороження (для стін, гладких стель – 8,7 Вт/(м² °С));

$\delta_1 \dots \delta_i$ - товщини шарів огороження;

$\lambda_1 \dots \lambda_i$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалів приймаємо в залежності від умов експлуатації огорожень. Умови експлуатації огорожень визначаються на основі вологості в приміщенні та його зони. Для цього прикладу рівень вологи в приміщенні нормальний, а зона вологості нормальна. Таким чином, умови експлуатації огорожувальних конструкцій будуть Б.

α_s - коефіцієнт тепловіддачі зовнішнього поверхні огорожень зовнішньому повітрю визначаємо (для стін - $\alpha_s = 23$ Вт/(м² °С) ;для горищного перекриття $\alpha_s = 12$ Вт/(м² °С);для над підвального перекриття $\alpha_s = 6$ Вт/(м² °С)).

3.1.2 Розрахунок огорожень

Зовнішня стіна має три шари:

1. Цегла;
2. Утеплювач – мінеральна вата на основі базальтового волокна;
3. Розчин цементно – піщаний.

Товщина кожного шару:

1. $\delta = 250$ мм;
2. $\delta = 170$ мм;

					Атестаційна випускна робота	Арк
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3. $\delta = 50$ мм.

Згідно з ДСТУ Б В.2.6–189:2013 знаходиться коефіцієнт теплопровідності для кожного шару:

1. $\lambda = 0,81$ Вт/мК;
2. $\lambda = 0,048$ Вт/мК;
3. $\lambda = 0,93$ Вт/мК.

Розрахунок фактичного опору теплопередачі:

$$R_o^{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,17}{0,048} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,1 \text{ м}^2\text{К/Вт}$$

Отримане значення задовольняє умову $R_o^{\phi} \geq R_o^H$, згідно з [4].

$4,1 \text{ м}^2\text{К/Вт} > 4 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

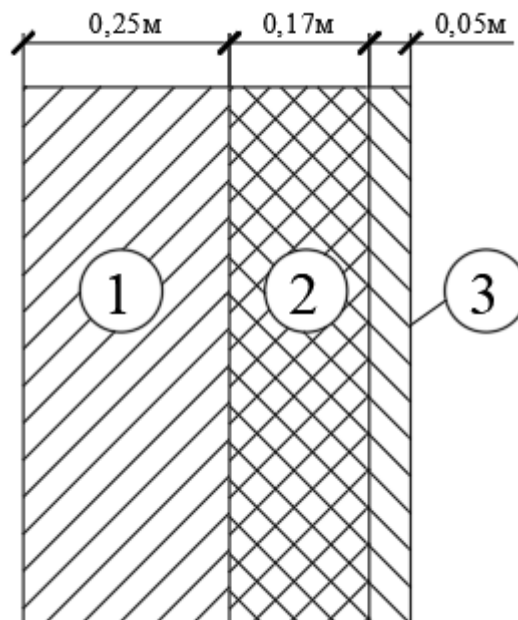


Рис. 3.1 – Схематичний розріз стіни

Дані з розрахованими значеннями опору теплопередачі для кожного шару наведено в таблиці 3.1.

Зовнішня стіна			
№ шару	Назва	$\delta, \text{м}$	$R, \text{м}^2\text{К/Вт}$
1	Цегла	0,25	0,31
2	Мінеральна вата на основі базальтового волокна	0,17	3,54
3	Розчин цементно-піщаний	0,05	0,054

Подальші розрахунки проводяться аналогічно

Горищне перекриття:

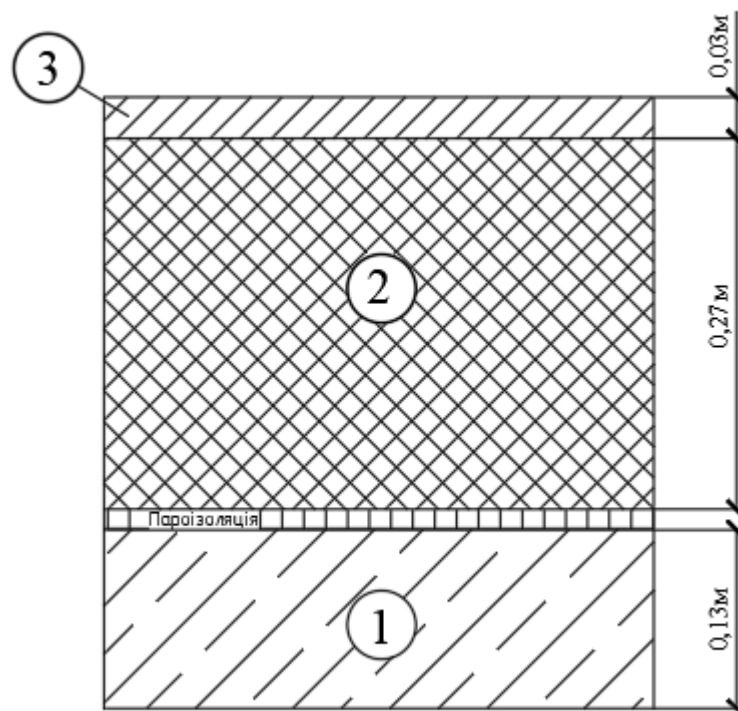


Рис. 3.2 – Схематичний розріз горищного перекриття

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Отримане значення задовольняє умову $R_0^{\phi} \geq R_0^H$.

$6,003 \text{ м}^2\text{К/Вт} > 6 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

Дані з розрахованими значеннями опору теплопередачі для кожного шару наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Горищне перекриття			
№ шару	Назва	$\delta, \text{м}$	$R, \text{м}^2\text{К/Вт}$
1	Залізобетон	0,13	0,064
2	Мінеральна вата на основі базальтового волокна	0,27	5,625
3	Розчин цементно-піщаний	0,03	0,032

Перекриття над холодним підвалом:

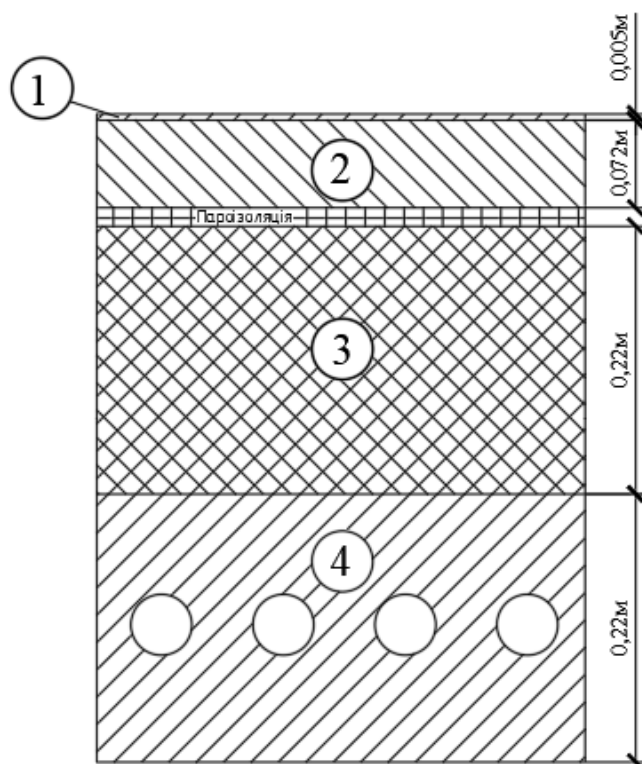


Рис. 3.3 – Схематичний розріз перекриття над холодним підвалом

Отримане значення задовольняє умову $R_0^{\phi} \geq R_0^H$.

$5,065 \text{ м}^2\text{К/Вт} > 5 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

Дані з розрахованими значеннями опору теплопередачі для кожного шару наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Перекриття над холодним підвалом			
№ шару	Назва	$\delta, \text{м}$	$R, \text{м}^2\text{К/Вт}$
1	Лінолеум полевинілхлоридний на теплоізоляційній основі	0,005	0,015
2	Розчин цементно-піщаний	0,072	0,077
3	Мінеральна вата на основі базальтового волокна	0,22	4,681
4	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	0,22	0,118

3.2. Розрахунок тепловтрат приміщень.

$\Phi_{T,i}$, Вт – розрахункові теплові втрати приміщення за рахунок теплопередачі через будівельні огороження, слід обчислювати за формулою:

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

де:

$N_{T,ie}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції приміщення назовні, Вт/°С;

$N_{T,iie}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через неопалюване приміщення назовні, Вт/°С;

$N_{T,ig}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції до ґрунту, Вт/°С;

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

					Атестаційна випускна робота	Арк
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Проектне теплове навантаження системи опалення приміщення визначають за формулою теплового балансу приміщення

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

де:

$\Phi_{T,i}$ – трансмісійні тепловтрати через огорожувальні конструкції приміщення, Вт;

$\Phi_{V,i}$ – вентиляційні тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення, Вт;

$\Phi_{RH,i}$ – додаткова компенсаційна теплова потужність для системи періодичного опалення, яка враховує ефект тимчасовості обігріву приміщення, Вт;

$\Phi_{Q,i}$ – інші можливі регулярні тепловтрати, або теплонадходження до опалюваного приміщення, Вт.

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення до зовнішнього повітря:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l, \text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

Для теплотехнічного розрахунку зовнішніх будівельних конструкцій згідно з ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» на попередніх етапах проектування системи опалення визначається коефіцієнт теплопередачі k -будівельної конструкції U_k .

Формула дозволяє визначити характеристики трансмісійних теплових втрат опалювального приміщення через неопалюване приміщення до зовнішнього середовища.

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot b_u, \text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

Що стосується трансмісійних теплових втрат приміщення через огорожувальні конструкції, що контактують із ґрунтом:

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

Характеристики трансмісійних тепловтрат, також відомих як теплонадходження, у приміщеннях з різними розрахунковими температурами внутрішнього повітря:

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

Вентиляційні тепловтрати в опалювальному приміщенні:

					Атестаційна випускна робота	Арк
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

За відсутності організованого притоку:

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}), \text{ м}^3/\text{ГОД.}$$

$$V_{inf,i} = 2 \cdot v_i \cdot n_{50} \cdot \epsilon_i \cdot \epsilon_i, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

Для нежитлових та невиробничих:

$$V_{min,i} = Q_{tot} = n \cdot q_p + S \cdot q_B, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

Для системи періодичного опалення потрібна додаткова теплокомпенсація:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}, \text{ Вт}$$

Для визначення проектного теплового навантаження опалення будівлі використовується формула:

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

У спрощеній методиці загальні розрахункові тепловтрати опалювального приміщення можна обчислити за формулою:

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

Трансмісійні тепловтрати опалювального приміщення $\Phi_{T,i}$, можна обчислити за допомогою спрощеної методики:

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

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

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

Спрощена методика визначення теплової потужності системи опалення будівлі виконується за формулою:

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

Результати розрахунку наведено в Додатку А.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4
ОПАЛЕННЯ

					Атестаційна випускна робота	Арк
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1. Розташування системи опалення відповідно до архітектурно-планувальних характеристик і призначення будівлі

Системи опалення є основним інструментом, що дозволяють створювати й підтримувати теплові комфортні умови в будинках і спорудах. Сьогодні до цих функцій додалася функція керування параметрами мікроклімату, що в сукупності із сучасними вимогами з енергозбереження виводить на перший план саме системи опалення, як більш енергоємні [7].

У результаті розгляду кількох варіантів конфігурації системи опалення з огляду на нормативний документ [1] та рекомендації щодо проектування офісу, прийнята двотрубна система з нижньою розводкою та горизонтальними відгалудженнями, які прокладаються в підготовці підлоги, була обрана. Параметри теплоносія в системі опалення становлять 80–60 °С [1].

Горизонтальна система опалення забезпечує кращі санітарно-гігієнічні умови, має більш естетичний вигляд, дає можливість прокласти горизонтальні ділянки трубопроводу в підлозі або використовувати плінтусний варіант прокладання трубопроводів, і за допомогою термостатичних клапанів можна регулювати кількість теплоти, яка надходить до приміщення.

Техніко-економічні показники прийнятої схеми системи водяного опалення вигідно відрізняються від економічних показників інших систем опалення:

- у двотрубній системі радіаторні термостати забезпечують краще енергозбереження (до 25% порівняно з нерегульованими системами) завдяки кращому тепловому регулюванню;
- високий температурний напір і тепловий потік від опалювальних приладів забезпечується постійним температурним перепадом води між 80-60°С;
- система має обмежене число проходів через перекриття;
- незначні втрати тиску;
- схема гідравлічного та теплотехнічного розрахунку опалювальних приладів системи опалення достатньо проста;

					Атестаційна випускна робота	Арк
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- можливість відключення приладових віток під час виконання експлуатаційних та ремонтних робіт у відповідних приміщеннях;
- горизонтальна система опалення має більш естетичний вигляд, коли приладові гілки прокладаються в заливних підлогах;
- надає можливість змінювати кількість теплоти, яка надходить до приміщення, за допомогою термостатичних клапанів, а також контролювати гнучке регулювання, коли приміщення не використовується.

Недоліки системи:

Більша енергоефективність системи порівняно з однотрубною системою, менший час на монтаж і введення в експлуатацію, оскільки двотрубні системи потребують пуско-налагоджувального регулювання тепловіддачі опалювальних приладів.

4.2. Вибір опалювальних приладів

В якості нагрівальних приладів прийняті:

- сталеві панельні радіатори "Radik VK" з нижнім підключенням;
- в зонах вітринного скління - конвектори "KNV2-21-28" висотою 280 мм;
- для підсобних приміщень та сходових клітин на -1 та 1 поверхах - "Radik klassik" з боковим підключенням (робочі параметри $t=110^{\circ}\text{C}$ і $P=10$ бар);
- для електрощитової - регістр із гладких труб;

Радіатор "Radik VK"



					Атестаційна випускна робота	Арк
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги сталевих радіаторів Radik VK:

- Нижнє підключення до системи опалення (патрубки, якими підводиться теплоносій, замасковані в корпусі).
- Висока робоча температура (до 110 °С).
- Термостатичний клапан в комплекті.
- Можливість під'єднання як до двотрубною, так і однокотрубною системи.

Конвектор "KNV2-21-28"



Переваги підлогового конвектора Kerמי KNV2-21:

- Конвектор підлоговий з вбудованим вентилям.
- Повністю вбудована арматура вентиля відрегульована на заводі на необхідну теплову потужність.
- Схема приєднання (U) - можливі 6 різних варіантів приєднання.
- Висока теплова потужність при невеликій займаній площі.
- Малий час нагрівання для виходу в робочий режим і динамічне високочутливе регулювання завдяки невеликому вмісту води.
- Можливий монтаж на стіну за допомогою консолей (не входять в комплект поставки).
- Завдяки ретельно продуманому зовнішньому оформленню прекрасно вписуються в будь-який, навіть найвишуканіший інтер'єр.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Radik klassik



Переваги сталевих радіаторів Korado Radik Klasik:

- Можливість обирати ліве або праве підключення, що значно полегшує монтаж.
- Кілька способів підключення – бокове одностороннє, бокове двостороннє (діагональне), бокове двостороннє «знизу-вгору».
- Підходять для однотрубною та двотрубною систем, а також систем з примусовою та природною циркуляцією теплоносія.
- Надійні кріплення, що забезпечують максимально простий і точний монтаж.
- Стійкість до надлишкового тиску.

4.3. Запірна та регулююча арматура

Відключаюча арматура системи опалення кожного споживача, прилади обліку тепла розміщуються в шафах.

Для обліку тепла на ввіді для кожного споживача передбачено встановлення теплолічильників SensoStar 2/2+.

Видалення повітря із системи опалення передбачено через автоматичні повітряні крани, встановленні на стояках та через повітряні крани, вбудовані в

					Атестаційна випускна робота	Арк
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

опалювальні прилади.

Термостатичні головки встановлюються в горизонтальній площині на підводках до опалювальних приладів.

Автоматичне регулювання температури теплоносія в системі опалення здійснюється за допомогою регулюючих клапанів.

Для енергозбереження в проекті передбачається автоматичне регулювання температури води в системі опалення по температурі зовнішнього повітря за допомогою електронного контролера.

4.4. Прокладання трубопроводів системи опалення

- Трубопроводи прокладаються в ніші, компенсація теплових подовжень здійснюється за допомогою кутів повороту. Трубопроводи від системи приєднуються до стояків на кожному поверсі. Розводка труб в приміщеннях передбачена в підготовці полу по системі "труба в гофрі" вздовж стін по контуру приміщень в полосі шириною 200 мм. Таке рішення прийнято в зв'язку з позначенням місця розміщення труб в полу, що повинно враховуватись при виробництві як будівельно-монтажних робіт в період будівництва, так і при виконанні ремонтних робіт в процесі експлуатації.

- Прокладка трубопроводів до нагрівальних приладів офісів, кафе та бутіків прийнята із труб KAN PE-Xc з антидифузійним шаром, які прокладаються в захисній гофрі в конструкції полу.

- Магістральні трубопроводи системи опалення та вертикальні стояки запроектовано із сталених водогазопровідних труб відповідно нормативному документу [5] (при діаметрах до 50мм), сталених електрозварних труб по відповідно нормативному документу [6] (при діаметрах більше 50мм).

- Магістральні трубопроводи та стояки забезпечені можливістю компенсації при температурному розширенні; при перетині перекриттів та стін трубопроводи прокласти в гільзах з незгоряючим ущільненням.

- Видалення повітря із системи опалення передбачено через автоматичні

					Атестаційна випускна робота	Арк
						32
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

повітряні крани, встановлені на стояках та через повітряні крани, вбудовані в опалювальні прилади.

- Магістральні трубопроводи ізолюються трубною теплоізоляцією із вспіненого каучуку K-FLEX, товщиною ізоляції - 19мм, з покривним шаром із фольгованої стрічки.

- Стояки системи опалення ізолюються трубною теплоізоляцією із вспіненого каучуку K-FLEX. Товщина ізоляції - 19мм.

- Трубопроводи, які підлягають ізоляції, покриті антикорозійним покриттям - БТ-177 в два шари по ґрунтовці ГФ-021 в один шар.

4.5. Джерело теплової енергії

ІТП розташовуємо на цокольному поверсі.

В тепловому пункті встановлюються:

- Вузол вводу теплових мереж офісної будівлі.

- Вузол обліку споживаної енергії для офісної будівлі з ультрозвуковим теплолічильниками MULTICAL UF.

- Вузол приготування гарячої води приєднується до теплових мереж по 2-х ступінчатій змішаній схемі.

- Вузли приготування теплоносія для систем опалення та вентиляції приєднуються до теплових мереж по залежній схемі.

- Допоміжне обладнання і т.п.

Регулювання та контроль за параметрами теплоносія здійснюється автоматично за рахунок становлення 2-контурного регулятора температури на системи опалення і вентиляції - waterheat-s1.

4.6. Розрахунок теплової потужності системи опалення

Вибір теплової потужності систем водяного опалення є ключовим етапом в проектуванні опалювальних систем. Правильний розрахунок потужності забезпечує

					Атестаційна випускна робота	Арк
						33
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

ефективне та економічне використання енергії, а також комфортні умови в приміщеннях [8].

Вибір опалювальних приладів базується на розрахованій тепловій потужності. Для цього обираються радіатори, які за тепловою потужністю можуть компенсувати теплові втрати кожного приміщення. Кількість і розміри радіаторів визначаються відповідно до теплової потреби кожного приміщення.

Балансування системи опалення, що забезпечує рівномірний розподіл тепла по всіх приміщеннях, є останнім етапом. Гідравлічне балансування досягається шляхом встановлення балансувальних клапанів і регулювання потоку теплоносія через кожен радіатор. Крім того, на радіатори встановлюються термостатичні клапани, які дозволяють автоматично регулювати температуру в приміщенні відповідно до заданих значень, що гарантує комфорт і ефективне використання енергії.

Розраховані значення теплової потужності наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

№ поверху	Номер приміщення				
	01	03	A1	A1'	A2
1	1022	4858	2440	2440	2451
2	4320	4280	441	441	
3	3761	441	230	230	
4	4222	880	230	230	
Всього	9103	9579	3111	3111	

Розрахункові тепловтрати будівлі становлять $Q_{1A} = 30466$ Вт.

4.7. Гідравлічний розрахунок магістральних трубопроводів системи опалення

Гідравлічний розрахунок мережі трубопроводів, правильна установка, налаштування і експлуатація регулювальної арматури є гарантією ефективної роботи сучасних систем опалення [9].

					Атестаційна випускна робота	Арк
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей процес включає обчислення діаметрів труб, швидкості руху теплоносія та втрат тиску у системі, щоб гарантувати рівномірне нагрівання та мінімізувати енергетичні втрати.

Для початку, визначають теплове навантаження кожного приміщення, тобто кількість тепла, необхідного для підтримання комфортної температури. Це теплове навантаження залежить від розмірів приміщення, теплових втрат через стіни, вікна, підлогу та стелю, а також від вимог до вентиляції. Після визначення теплового навантаження розраховують об'єми теплоносія, необхідного для передачі цього тепла.

Наступним етапом є вибір діаметрів труб. Вибір діаметра трубопроводів ґрунтується на розрахунковій витраті теплоносія і допустимій швидкості його руху. Використовують діаграми або спеціальні програми для підбору діаметрів труб на основі витрат і швидкості теплоносія.

Після цього розраховують втрати тиску у трубопроводах, які виникають через тертя теплоносія об стінки труб і місцеві опори (фітинги, клапани, вигини труб тощо). Втрати тиску розраховуються за допомогою формул, таких як формула Дарсі-Вейсбаха або емпіричні залежності, і враховують довжину трубопроводів, діаметр труб, швидкість руху теплоносія та властивості рідини. Загальні втрати тиску у системі повинні бути такими, щоб циркуляційний насос міг забезпечити необхідний тиск для подолання цих втрат.

Кінцевим етапом є перевірка та налаштування системи на місці. Після монтажу системи опалення проводять гідравлічні випробування для перевірки герметичності та ефективності роботи трубопроводів. Регулюють балансувальні клапани, щоб досягти рівномірного розподілу тепла по всіх приміщеннях, і встановлюють термостатичні клапани на радіаторах для підтримання заданої температури. Гідравлічний розрахунок магістральних трубопроводів системи опалення таким чином забезпечує ефективну, надійну та економічну експлуатацію опалювальної системи.

Розрахунок наведено в Додатку Б.

Розрахована нев'язка $N = 0,0\%$.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5
ВЕНТИЛЯЦІЯ

					Атестаційна випускна робота	Арк
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1. Загальні відомості

Системи вентиляції складаються з різних засобів і обладнання, які призначені для обміну повітря в приміщенні, щоб створити ідеальні умови для життя та роботи людей, а також запобігти утворенню шкідливих речовин, надлишкової вологості та тепла.

Природна вентиляція — це тип вентиляційних систем, який працює за допомогою природних сил, таких як зміна температури та вітрового тиску.

Простий у використанні, але не завжди ефективний, особливо у великих чи герметичних будівлях.

Механічна вентиляція: створює примусовий рух повітря за допомогою вентиляторів та іншого обладнання.

Він може бути припливним, що означає подачу свіжого повітря, витяжним, що означає видалення забрудненого повітря, або припливно-витяжним, що означає, що він виконує обидві функції.

Принципи роботи системи вентиляції:

- подача повітря забезпечує приплив свіжого повітря ззовні. Це можна зробити за допомогою вентиляційних решіток, дифузорів або аераторів.
- Видалення повітря — це процес виведення забрудненого повітря з будь-якого приміщення завдяки витяжним вентиляторам та каналам.
- Фільтрація: очищення припливного повітря перед його подачею до приміщення. Очищення витяжного повітря, щоб зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.
- Рекуперація тепла відбувається завдяки підігріву припливного повітря за допомогою тепла витяжного повітря.

Основні вимоги до системи вентиляції:

- Ефективність: забезпечує достатню кількість повітряного обміну відповідно до нормативних вимог. Врахування кількості людей, типу діяльності та розміру приміщення.

					Атестаційна випускна робота	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Енергоефективність означає мінімізацію енерговитрат на охолодження та обігрів повітря. Використання енергоефективних вентиляторів і рекуператорів.
- Шумоізоляція: спрямована на зменшення шуму, створеного вентиляційним обладнанням. Використання шумоізоляційних матеріалів і правильне розміщення вентиляторів
- Легкість обслуговування – доступне технічне обслуговування, очищення та заміна фільтрів.

5.2. Вихідні дані для розрахунку

5.2.1. Характеристика об'єкту будівництва

Система вентиляції проектується в місті Києві.

- Будівля – торговий центр.
- Знаходиться на географічній широті: 51° пн.ш.
- Барометричний тиск – 990 гПа.
- Орієнтація фасаду будівлі:
- Висота приміщень: $H = 3,3$ м.
- Площа офісу: 215 м².
- Коефіцієнт площі на людину: 6,0.
- Кількість людей: 36.
- Теплоносій – вода з параметрами 150 – 70°C.

5.2.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря системи вентиляції

Розрахункові параметри наведені в табл. 5.1.

					Атестаційна випускна робота	Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1

Період року	Температура $t_{\text{ext}}, ^\circ\text{C}$	Ентальпія $I_{\text{ext}}, \text{кДж/кг}$	Вологовміст $d_{\text{ext}}, \text{г/кг}$	Відносна вологість $\varphi_{\text{ext}} \%$
Теплий	23	54,5	12,5	69
Холодний	-22	-20,6	0,6	83

5.2.3. Розрахункові параметри зовнішнього повітря при спільній роботі системи вентиляції та охолодження

Розрахункові параметри наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Період року	Температура $t_{\text{ext}}, ^\circ\text{C}$	Ентальпія $I_{\text{ext}}, \text{кДж/кг}$	Вологовміст $d_{\text{ext}}, \text{г/кг}$	Відносна вологість $\varphi_{\text{ext}} \%$
Теплий	28	54,7	10,5	69
Холодний	-22	-20,6	0,6	83

5.2.4. Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Відповідно ДБН В.2.5-67 2013 дод. Д, табл. Д1, система вентиляції забезпечує підтримання допустимих параметрів повітря.

Згідно з таблицею Д4, яка містить результуючі температури та їх допустимі діапазони відхилень, визначаємо температуру повітря в робочій зоні приміщення.

- Температура повітря в теплий період року становить 24°C .
- Температура повітря в холодний період року становить 22°C .

Швидкість руху повітря робочої зони залежить від значень турбулентності та температури внутрішнього повітря.

Максимально допустима середня швидкість повітря в робочій зоні:

- швидкість руху повітря для теплого періоду року становить $0,45 \text{ м/с}$.

					Атестаційна випускна робота	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- швидкість руху повітря для холодного періоду року становить 0,37 м/с.

Відносна вологість повітря в робочій зоні змінюється залежно від умов мікроклімату, які прийняті у приміщенні

Таблиця 5.3

Умови мікроклімату	Відносна вологість повітря, %
Підвищені оптимальні	30-50
Оптимальні умови	25-60
Допустимі	25-70
Обмежено допустимі	менше 20 та більше 70

Приймаємо допустимі умови мікроклімату.

Розрахункові параметри внутрішнього повітря для приміщення офісу наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4

Період року	Температура $t_{wz}, ^\circ\text{C}$	Відносна вологість $\varphi_{wz} \%$	Швидкість повітря $v_{wz}, \text{м/с}$		Допустима концентрація CO_2 в приміщенні $\Delta\text{C ppm}$
			пряма дія	зворобня дія	
Теплий	24	25-70	0,45	0,63	800
Холодний	22		0,37	0,52	

5.3. Розрахункові тепловтрати в приміщенні офісу

Розрахунок тепловтрат у приміщенні є важливою складовою процесу забезпечення енергоефективності та комфортного мікроклімату. Цей процес враховує різноманітні фактори, що впливають на обмін теплом між внутрішнім простором і зовнішнім середовищем. Основні джерела тепловтрат включають передачу тепла через огорожувальні конструкції, такі як стіни, вікна, двері, стеля та підлога. Важливу роль відіграють і вентиляційні втрати, які виникають через приплив та

втяжку повітря. При розрахунках враховуються теплопровідність матеріалів, товщина стін, наявність утеплювача та кліматичні умови.

Крім того, для розрахунку теплових втрат необхідно розглянути теплові мости, які утворюються в місцях стику різних конструкційних елементів і можуть призвести до значних втрат тепла. Особлива увага приділяється прорізам вікон і дверей, оскільки вони можуть призвести до додаткових втрат енергії.

Таблиця з розрахунками тепловтрат наведена в Додатку В.

5.4. Надходження шкідливостей в приміщенні

Термін «шкідливість» у вентиляції стосується тепла, вологи та газових шкідливих виділень, які негативно впливають на здоров'я людини. Основним джерелом шкідливих виділень у громадських будівлях є люди; надлишкова теплота, волога та вуглекислий газ є шкідливими речовинами, що виділяється в процесі діяльності людей. Крім того, за рахунок сонячної радіації, опалювальних приладів і штучного освітлення надлишкова теплота надходить через віконні прорізи та перекриття.

5.4.1. Теплонадходження від сонячної радіації

Сонячні теплові надходження забезпечують природний підігрів приміщень і відіграють значну роль у тепловому балансі будівлі. На поверхні будівлі частина сонячної енергії поглинається стінами, вікнами та дахом, перетворюючись на тепло. Набагато більше сонячного тепла проникає в приміщення через вікна, особливо ті, які розташовані на південній стороні та мають велику площу скління. Це може значно зменшити необхідність опалення в холодну пору року, але також може призвести до перегріву влітку.

$$Q_{c.p} = \sum(q_{\text{вік}} \cdot A_{\text{вік}}) + (q_{\text{пер}} \cdot A_{\text{пер}}), \quad (5.1)$$

де:

$q_{\text{вік}}$ - питомі теплонадходження через засклення, Вт/м²;

					Атестаційна випускна робота	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$A_{\text{вік}}$ - сумарна площа вікон з однаковою орієнтацією, м²

$q_{\text{пер}}$ - питомі теплонадходження через, Вт/м²;

$A_{\text{пер}}$ - площа перекриття, м².

Розрахунки наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Сонячна радіація										
	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
$Q_{\text{осі}}$	5393	4035	2172	720,6	471,3	435	427,8	413,3	384,3	319
ΔQ_t	- 285,8	- 125,9	-115,2	-64,32	-103,6	-130,6	-174,3	-223,3	-264,7	-283,8
Q_i	1278	1044	514,7	144,7	33,03	-4,47	-50,25	-103,4	-153,3	-191,3

5.4.2. Теплонадходження від штучного освітлення

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне і чергове [11].

Теплонадходження від штучного освітлення є важливою частиною теплового балансу приміщення. Кожна лампа розжарювання, люмінесцентна або світлодіодна випромінює тепле тепло разом зі світлом. Це тепло може впливати на температуру повітря в приміщенні, особливо в місцях, де багато освітлення. При проектуванні систем опалення та кондиціонування необхідно враховувати теплонадходження від освітлення, щоб створити ідеальні умови для роботи та відпочинку.

Освітлювальні прилади – люмінесцентні лампи, теплонадходження розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = A \cdot E \cdot q_{\text{ос}} \cdot \eta_{\text{ос}}, \quad (5.2)$$

де:

A – площа підлоги, м²

$A = 215 \text{ м}^2$

E – освітленість, Лк

$$E = 300 \text{ Лк}$$

q_{oc} – питомі виділення теплоти, Вт/м² на 1 Лк освітленості

$$q_{oc} = 0,076 \text{ Вт/м}^2$$

η_{oc} – коефіцієнт, який враховує надходження теплоти у робочу зону приміщення

$$\eta_{oc} = 0,55$$

$$Q_{ocb} = 215 \cdot 300 \cdot 0,076 \cdot 0,55 = 2700 \text{ Вт}$$

5.4.3. Надходження шкідливостей від людей в теплий період року

Виділення теплоти від людей, складається з двох компонентів: явної променисто-конвективної теплоти $Q_{л,h}$, та прихованої теплоти, яка виникає через випаровування вологи з поверхні тіла та дихання. Повна кількість теплоти $Q_{л,hf}$, яку виділяє організм людини, залежить від інтенсивності виконуваної роботи, теплозахисних властивостей одягу і температурних умов приміщення [12].

5.4.3.1. Явна кількість теплоти

$$Q_{л,h} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot n_i, \quad (5.3)$$

де:

q_i – питоме виділення явної теплоти від однієї людини, Вт/люд;

$$q_i = 55 \text{ Вт/люд};$$

n_i – кількість людей у приміщенні, люд;

$$n_i = 36 \text{ людей.}$$

$$Q_{л,h} = 55 \cdot 36 = 1980 \text{ Вт}$$

5.4.3.2. Повна кількість теплоти

$$Q_{л,hf} = \sum_{i=1}^n q_{hfi} \cdot n_i, \quad (5.4)$$

де:

					Атестаційна випускна робота	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

q_{hfi} – питоме виділення повної теплоти від однієї людини (залежить від ступеня важкості роботи та температури робочої зони), Вт/люд;

$$q_{hfi} = 140 \text{ Вт/люд};$$

n_i – кількість людей у приміщенні, люд;

$n_i = 36$ людей.

$$Q_{l,hf} = 140 \cdot 36 = 5040 \text{ Вт}$$

5.4.4. Надходження шкідливостей від людей в холодний період року

Розрахунки для холодного періоду проводяться аналогічно, як і для теплого.

5.4.4.1. Явна кількість теплоти

$$Q_{l,h} = 65 \cdot 36 = 2340 \text{ Вт}$$

5.4.4.2. Повна кількість теплоти

$$Q_{l,hf} = 140 \cdot 36 = 5040 \text{ Вт}$$

Результати розрахунків наведені в табл.5.6.

Таблиця 5.6

Джерела теплонадходження	Теплонадходження в періоди року, Вт			
	Теплий		Холодний	
	Явні	Повні	Явні	Повні
Сонячна радіація	1243	1243	-	-
Штучне освітлення	2700	2700	2700	2700
Люди	1980	5040	2340	5040
Інше	1080	1080	1080	1080
Всього	5760	8820	6120	8820

5.4.5. Вологонадходження від людей

Вологовиділення людей складається з двох основних процесів: випаровування вологи з поверхні шкіри та виділення вологи під час дихання. Ці вологовиділення залежать від фізичної активності, стану здоров'я, одягу та температури та вологості повітря в приміщенні. Вологовиділення людей впливає на рівень вологості в приміщенні. Це дуже важливо для створення нормального мікроклімату та для того, щоб системи вентиляції та кондиціонування повітря працювали добре.

5.4.5.1. Вологонадходження в теплий період року

Вологонадходження розраховують за даною формулою:

$$W_{\text{вол}} = \sum_{i=1}^k w_{\text{лі}} \cdot n_i, \quad (5.5)$$

де:

$w_{\text{лі}}$ – питоме вологонадходження однією людиною (береться залежно від інтенсивності праці та температури робочої зони), г/год;

$w_{\text{лі}} = 112$ г/год;

n_i – кількість людей у приміщенні, люд;

$n_i = 36$ людей.

$$W_{\text{вол}} = 112 \cdot 36 = 4032 \text{ г/год}$$

5.4.5.2. Вологонадходження в холодний період року

Розрахунок проводиться аналогічно теплому періоду року.

$$W_{\text{вол}} = 98 \cdot 36 = 3528 \text{ г/год}$$

5.4.6. Кількість вуглекислого газу

При активній діяльності людей в приміщеннях склад повітря змінюється. Повітря забруднюється, оскільки в навколишнє середовище при диханні виділяються

					Атестаційна випускна робота	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

шкідливі газоподібні забруднювачі: сірководень, аміак, ацетон, вуглекислий газ і інші домішки [13].

Дихання призводить до виділення вуглекислого газу CO₂. Рівень фізичної активності впливає на кількість CO₂, що виділяється, оскільки метаболізм прискорюється під час інтенсивної роботи або фізичних навантажень, що призводить до збільшення виділення CO₂. Люди виділяють CO₂, що впливає на якість повітря в приміщенні, тому важлива ефективна вентиляція, щоб створити комфортні та безпечні умови.

$$M_{CO_2} = \sum_{i=1}^K m_{CO_2i} \cdot n_i, \quad (5.6)$$

де:

m_{CO_2} – кількість вуглекислого газу, яка виділяється однією людиною залежно від характеру роботи, г/год;

$m_{CO_2} = 45$ г/год;

n_i – кількість людей у приміщенні, люд;

$n_i = 36$ людей.

$$M_{CO_2} = 45 \cdot 36 = 1620 \text{ г/год}$$

Результати розрахунків подані в табл.5.7

Таблиця 5.7

Приміщення	Період року	Вологонадходження	Виділення вуглекислого газу M_{CO_2} г/год
Офіс	Теплий	4032	1620
	Холодний	3528	

5.4.7. Загальні теплонадходження

Значення загальних теплонадходжень в теплий та холодний періоди року наведені в Додатку Г.

5.5. Тепловий баланс в приміщенні

За результатами попередніх розрахунків складається баланс шкідливостей. Різниця між теплонадходженнями та тепловтратами визначає теплонадлишки в приміщенні, які необхідно компенсувати за допомогою вентиляційного повітря.

Знайдені значення занесено до табл.5.8.

Таблиця 5.8

Період року	Параметри	Надходження	Втрати	Надлишки	Тепло-напруженість Вт/м ³
Теплий	Явна теплота	1980	-	1980	2,8
	Повна теплота	8190	-	8190	
Холодний	Явна теплота	2340	1361	979	1,4
	Повна теплота	8190	1361	6829	

5.5.1. Визначення градієнту температури в приміщенні

Термін «градієнт температури» означає зміну температури в просторі на одиницю довжини.

Градiєнт температури залежить від теплової напруженості в приміщенні.

Явна теплота є основою для визначення теплонапруженості Вт/м³. Температуру повітря, що видаляється, визначають відповідно до теплонапруженості.

Вона знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{тн}} = \frac{\sum Q_{\text{нпр}}}{V_{\text{пр}}}, \text{ Вт/м}^3 \quad (5.7)$$

де:

$V_{\text{пр}}$ – об'єм приміщення, м³;

$$V_{\text{пр}} = 709,5 \text{ м}^3;$$

$Q_{\text{нпр}}$ – явні надлишки теплоти в приміщенні, Вт;

$$Q_{\text{нпр}}^{\text{ТП}} = 1980 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{нпр}}^{\text{ХП}} = \text{Вт};$$

Знаходимо теплонапруженість для теплого та холодного періодів року:

$$Q_{\text{ТН}}^{\text{ТП}} = \frac{1980}{709,5} = 2,8 \text{ Вт/м}^3$$

$$Q_{\text{ТН}}^{\text{ХП}} = \frac{979}{709,5} = 1,4 \text{ Вт/м}^3$$

$$Q_{\text{ТН}}^{\text{ТП}} = 2,8 \text{ Вт/м}^3 \rightarrow \text{grad } t = 0,5 \text{ }^\circ\text{C/м}$$

$$Q_{\text{ТН}}^{\text{ХП}} = 1,4 \text{ Вт/м}^3 \rightarrow \text{grad } t = 0,5 \text{ }^\circ\text{C/м}$$

5.6. Розрахунок повітрообміну та побудова процесів на I-d діаграмі для системи вентиляції

5.6.1. Вихідні дані

1. Висота приміщення $H = 3,3 \text{ м}^2$;
2. Площа приміщення $S = 215 \text{ м}^2$;
3. Кількість людей $n = 36$;
4. Параметри зовнішнього повітря:

Період року	Температура $t_{\text{ext}}, ^\circ\text{C}$	Відносна вологість φ_{ext} %
Теплий	23	69
Холодний	-22	83

5. Параметри внутрішнього повітря:

Період року	Температура внутрішнього повітря $t_{wz}, ^\circ\text{C}$	Відносна вологість φ_{ext} %	Рівень концентрації CO ₂ у приміщенні понад рівень у зовнішньому повітрі, ppm
Теплий	24	25-70	800
Холодний	22		

6. Надлишкова теплота в приміщенні:

Період року	Параметри	Надлишки Вт	Теплонапруженність Вт/м ³ (grad t)
Теплий	Явна теплота	1980	2,8
	Повна теплота	8190	
Холодний	Явна теплота	979	1,4
	Повна теплота	6829	

7. Надходження шкідливостей в приміщення:

Період року	Вологонадходження	Виділення вуглекислого газу M_{CO_2} г/год
Теплий	4032	1620
Холодний	3528	

8. Продуктивність в робочій зоні для місцевих відсмоктувачів $L_{wz} = 0 \text{ м}^3/\text{год}$

5.6.2. Розрахунок для теплого періоду року

Графоаналітичний метод:

- Визначається температура повітря, яка видаляється з приміщення. Для цього використовуємо градієнт температури grad t, К/м:

$$t_1 = t_{wz} + \text{grad } t (H - h_{wz}), \quad (5.8)$$

де:

t_{wz} – температура робочої зони;

$t_{wz} = 24^\circ\text{C}$;

grad t = 0,5°C/м;

H – висота приміщення;

$$H = 3,3 \text{ м};$$

h_{wz} – висота зони обслуговування, що дорівнює 1,5 м при сидячій роботі протягом всього часу.

$$t_1 = 24 + 0,5 \cdot (3,3 - 1,5) = 24,9^\circ\text{C}$$

2. Кутовий коефіцієнт променю процесу в приміщенні, кДж/г, визначається за надлишковою теплотою та вологонадходженням в теплий період:

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot \Delta Q_{hf}}{W_{ВЛ}} \quad (5.9)$$

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot 8190}{4032} = 7,31 \text{ кДж/г}$$

3. На I-d діаграмі будується процес асиміляції тепловологонадлишків у приміщенні.
4. Проводять розрахунок необхідних повітрообмінів:

- Розрахунок мінімальної витрати зовнішнього повітря

$$L_{сн} = 3,6 (n q_p + S q_v), \quad (5.10)$$

де:

n – кількість людей у приміщенні, люд;

$$n = 36 \text{ людей};$$

S – площа приміщення, м^2 ;

$$S = 215 \text{ м}^2;$$

q_p – питома витрата зовнішнього повітря на одну людину, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людину})$;

$$q_p = 4 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людину});$$

q_v – питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$;

$$q_v = 0,4 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2).$$

$$L_{сн} = 3,6 \cdot (36 \cdot 4 + 215 \cdot 0,4) = 828^\circ\text{C}$$

					Атестаційна випускна робота	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\text{CH}} = \rho \cdot L_{\text{CH}}$$

$$G_{\text{CH}} = 1,2 \cdot 828 = 994 \text{ кг/год}$$

- Розрахунок повітрообміну на розбавлення вуглекислого газу до ГДК

$$L_{\text{CO}_2} = L_{\text{WZ}} + \frac{M_{\text{CO}_2} - L_{\text{WZ}} \cdot (q_{\text{WZ}} - q_{\text{ext}})}{(q_1 - q_{\text{ext}})}, \quad (5.11)$$

де:

L_{WZ} – витрата повітря, що видаляється системами місцевих відсмоктувачів на технологічні потреби із зони обслуговування або робочої зони приміщення;

$$L_{\text{WZ}} = 0 \text{ м}^3/\text{год};$$

M_{CO_2} – Виділення вуглекислого газу в приміщенні;

$$M_{\text{CO}_2} = 1620 \text{ г/год} = 1620000 \text{ мг/год};$$

$q_{\text{ext}} = q_{\text{in}}$ – концентрація вуглекислого газу зовнішнього повітря:

$$\text{у великих містах} - 0,91 \text{ г/м}^3 = 910 \text{ мг/м}^3$$

$q_{\text{WZ}} = q_1$ – концентрація вуглекислого газу витяжного повітря;

$$q_{\text{WZ}} = q_1 = 800 \text{ ppm} = 800 \cdot 1,83 = 1464 \text{ мг/м}^3 = 910 + 1464 = 2374 \text{ мг/м}^3$$

$$L_{\text{CO}_2} = 0 + \frac{1620000 - 0 \cdot (2374 - 910)}{(2374 - 910)} = 1107 \text{ м}^3/\text{год}$$

- Розрахунок повітрообміну за надлишками повної теплоти

$$L_{\text{hf}} = L_{\text{WZ}} + \frac{3,6 \cdot Q_{\text{hf тп}} - \rho \cdot L_{\text{WZ}} \cdot (I_{\text{WZ}} - I_{\text{ext}})}{\rho \cdot (I_1 - I_{\text{ext}})}, \quad (5.12)$$

де:

L_{WZ} – витрата повітря, що видаляється системами місцевих відсмоктувачів на технологічні потреби із зони обслуговування або робочої зони приміщення;

$$L_{\text{WZ}} = 0 \text{ м}^3/\text{год};$$

$Q_{\text{hf тп}}$ – надлишки повної теплоти;

$$Q_{\text{hf тп}} = 8190 \text{ Вт};$$

ρ – густина повітря у приміщенні;

$$\rho = 1,200 \text{ кг/м}^3;$$

					Атестаційна випускна робота	Лист
						51
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

I_{wz} – ентальпія повітря зони обслуговування;

$$I_{wz} = 56 \text{ кДж/кг};$$

I_{ext} – ентальпія зовнішнього повітря;

$$I_{ext} = 54,5 \text{ кДж/кг};$$

I_l – ентальпія повітря, що видаляється;

$$I_l = 57 \text{ кДж/кг}.$$

$$L_{hf} = 0 + \frac{3,6 \cdot 8190 - 1,200 \cdot 0 \cdot (56 - 54,4)}{1,173 \cdot (57 - 54,5)} = 9828 \text{ м}^3/\text{год}$$

- Розрахунок повітрообміну за надлишками вологи

$$L_W = L_{wz} + \frac{W_{тп} - \rho \cdot L_{wz} \cdot (d_{wz} - d_{ext})}{\rho \cdot (d_l - d_{ext})}, \quad (5.13)$$

де:

L_{wz} – витрата повітря, що видаляється системами місцевих відсмоктувачів на технологічні потреби із зони обслуговування або робочої зони приміщення;

$$L_{wz} = 0 \text{ м}^3/\text{год};$$

$W_{тп}$ – надлишки вологи;

$$W_{тп} = 4032 \text{ г/год};$$

ρ – густина повітря у приміщенні;

$$\rho = 1,200 \text{ кг/м}^3;$$

d_{wz} – вологовміст повітря зони обслуговування;

$$d_{wz} = 12,7 \text{ г/кг};$$

d_{ext} – вологовміст зовнішнього повітря;

$$d_{ext} = 12,5 \text{ г/кг};$$

d_l – вологовміст повітря, що видаляється;

$$d_l = 12,9 \text{ г/кг}.$$

$$L_W = 0 + \frac{4032 - 1,200 \cdot 0 \cdot (12,7 - 12,5)}{1,173 \cdot (12,9 - 12,5)} = 8397 \text{ м}^3/\text{год}$$

5. Обирається загальний повітрообмін за найбільшим розрахованим раніше значенням:

					Атестаційна випускна робота	Лист
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = \max (L_{\text{ch}}, L_{\text{CO}_2}, L_{\text{hf}}, L_{\text{w}}) = 9828 \text{ м}^3/\text{год}.$$

5.6.3. Розрахунок для холодного періоду року

Загальна кількість вентиляційного повітря для холодного періоду приймається з розрахунку теплого періоду року.

$$L = 9828 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахункова витрата зовнішнього повітря приймається більшою з L_{ch} , L_{CO_2}

$$L_{\text{ext}} = 1107 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість рециркуляційного повітря становить:

$$L_{\text{p}} = L - L_{\text{ext}} = 9828 - 1107 = 8721 \text{ м}^3/\text{год}$$

Графоаналітичний метод:

1. Визначається вологовміст повітря, що видаляється:

$$d_1 = d_{\text{ext}} + \frac{W_{\text{волхп}}}{\rho \cdot L_{\text{ext}}}, \quad (5.14)$$

де:

$W_{\text{волхп}}$ – вологонадходження в приміщення;

$W_{\text{волхп}} = 3528 \text{ г/год}$;

L_{ext} – розрахункова витрату зовнішнього повітря;

$L_{\text{ext}} = 1107 \text{ м}^3/\text{год}$;

ρ – густина повітря у приміщенні;

$\rho = 1,200 \text{ кг/м}^3$;

d_{ext} – вологовміст зовнішнього повітря;

$d_{\text{ext}} = 0,6 \text{ г/кг}$.

$$d_1 = 0,6 + \frac{3528}{1,200 \cdot 1107} = 3,3 \text{ г/кг}$$

2. Визначається температура повітря, що видаляється:

$$t_1 = 22 + 0,5 \cdot (3,3 - 1,5) = 22,9^\circ\text{C}$$

3. Знаходимо кут променю процесу:

					Атестаційна випускна робота	Лист
						53
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot 6829}{3528} = 7 \text{ кДж/г}$$

4. Знаходимо вологовміст суміші:

$$d_c = \frac{L_{\text{ext}} \cdot d_{\text{ext}} + L_p \cdot d_1}{L}, \quad (5.15)$$

де:

L_{ext} – розрахункова витрату зовнішнього повітря;

$$L_{\text{ext}} = 1107 \text{ м}^3/\text{год};$$

d_{ext} – вологовміст зовнішнього повітря;

$$d_{\text{ext}} = 0,6 \text{ г/кг};$$

L_p – кількість рециркуляційного повітря;

$$L_p = 8721 \text{ м}^3/\text{год};$$

d_1 – вологовміст повітря, що видаляється;

$$d_1 = 3,3 \text{ г/кг};$$

L – загальна кількість вентиляційного повітря;

$$L = 9828 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$d_c = \frac{1107 \cdot 0,6 + 8721 \cdot 3,3}{9828} = 1,2 \text{ г/кг}$$

5. Визначаємо витрату теплоти на нагрів повітря:

$$Q = \frac{\rho \cdot L \cdot (I_{\text{in}} - I_c)}{3,6}, \quad (5.16)$$

де:

ρ – густина повітря у приміщенні;

$$\rho = 1,200 \text{ кг/м}^3;$$

L – загальна кількість вентиляційного повітря;

$$L = 9828 \text{ м}^3/\text{год};$$

I_{in} – ентальпія припливного повітря;

$$I_{\text{in}} = 19 \text{ кДж/кг};$$

I_c – ентальпія точки суміші повітря;

					Атестаційна випускна робота	Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_c = -7,7 \text{ кДж/кг.}$$

$$Q = \frac{1,200 \cdot 9828 \cdot (19 - (-7,7))}{3,6} = 87466 \text{ Вт}$$

Параметри повітря в системі вентиляції наведені в табл.5.9.

Таблиця 5.9

Період	Точка	Опис	t,°C	I, кДж/кг	d, г/кг	φ %
Теплий	ext	зовнішнє повітря	23	54,5	12,5	69
	wz	робоча зона	24	56	12,7	64
	l	видаляємо повітря	24,9	57	12,9	61
Холодний	ext	зовнішнє повітря	-22	-20,6	0,6	83
	C	суміш	-10,9	-7,7	1,20	71
	in	припливне повітря	15,8	19	1,20	11
	wz	робоча зона	22	29,9	3,1	15
	l	видаляємо повітря	22,9	31,3	3,3	17

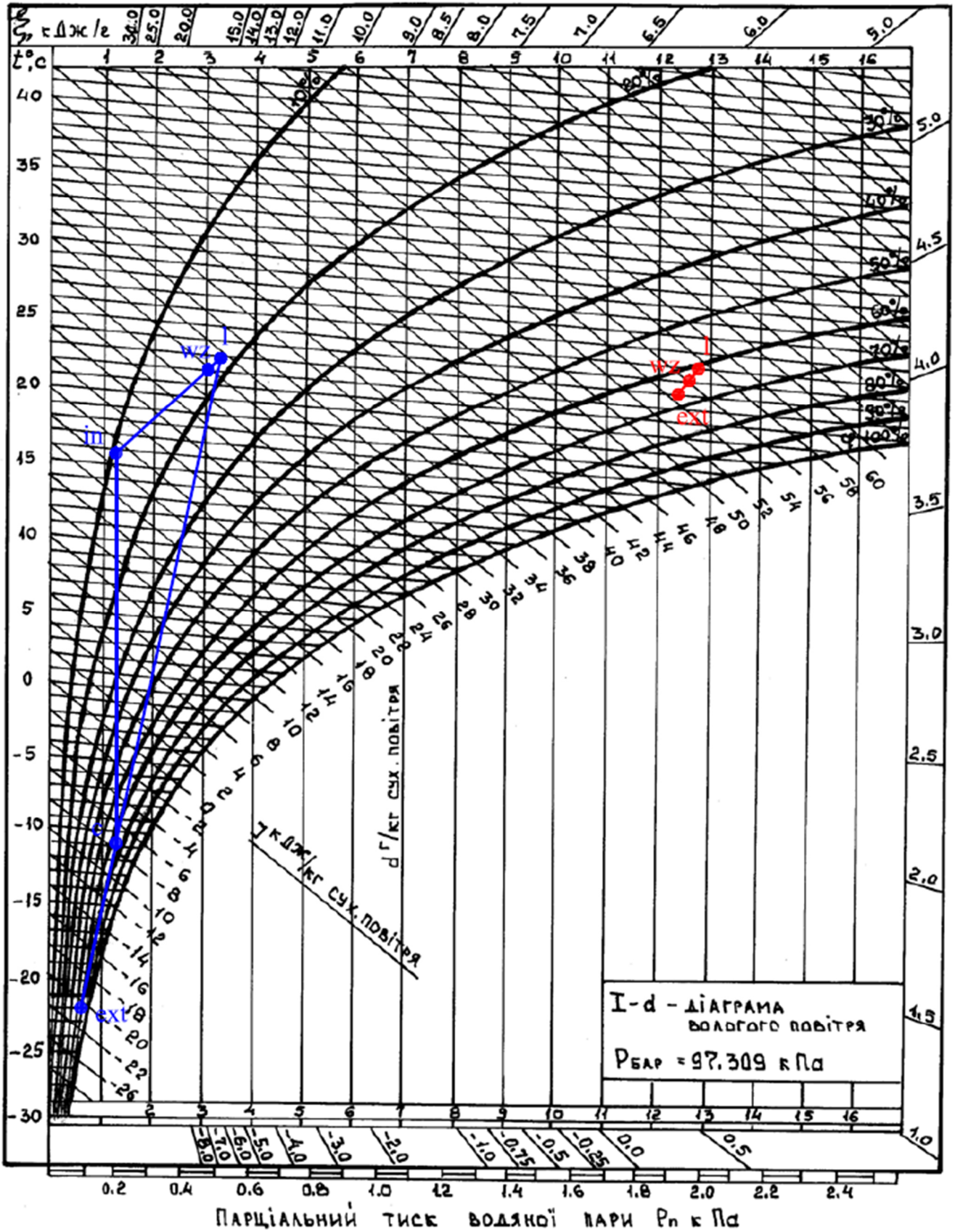
Повітрообмін в приміщенні наведений в табл.5.10.

Таблиця 5.10

Повітрообмін	G кг/год	L м ³ /год
Теплий період		
За санітарними нормами	994	828
За розбавленням CO ₂ до ГДК	1328	1107
За асиміляцією теплонадлишків	11794	9828
За асиміляцією вологонадлишків	10076	8397
Загальний повітрообмін	11794	9828

Холодний період		
Витрата зовнішнього повітря	1328	1107
Витрата рециркуляційного повітря	10465	8721

I-d діаграма для системи вентиляції.



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

5.7. Розрахунок повітрообміну та побудова процесів на I-d діаграмі для системи вентиляції з охолодженням

5.7.1. Вихідні дані

1. Параметри зовнішнього повітря:

Період року	Температура $t_{\text{ext}}, ^\circ\text{C}$	Відносна вологість φ_{ext} %
Теплий	28	41
Холодний	-22	83

2. Продуктивність в робочій зоні для місцевих відсмоктувачів $L_{wz} = 0 \text{ м}^3/\text{ГОД}$

5.7.2. Розрахунки повітрообміну

Розрахунки ведуться аналогічно розділу 5.6.

1. Розрахунок повітрообміну за санітарними нормами

$$L_{\text{CH}} = 3,6 \cdot (36 \cdot 4 + 215 \cdot 0,4) = 828^\circ\text{C}$$

$$G_{\text{CH}} = \rho \cdot L_{\text{CH}}$$

$$G_{\text{CH}} = 1,2 \cdot 828 = 994 \text{ кг/год}$$

2. Розрахунок повітрообміну на розбавлення вуглекислого газу до ГДК

$$L_{\text{CO}_2} = 0 + \frac{1620000 - 0 \cdot (2374 - 910)}{(2374 - 910)} = 1107 \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

3. Обирається загальний повітрообмін за найбільшим розрахованим раніше значенням:

$$L = \max(L_{\text{CH}}, L_{\text{CO}_2}) = 1107 \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

5.7.3. Розрахунки повітрообміну для теплого періоду року

1. Знаходимо температуру повітря, що видається:

$$t_1 = 24 + 0,5 \cdot (3,3 - 1,5) = 24,9^\circ\text{C}$$

2. Знаходимо температуру повітря після пластинчатого рекуператора:

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

t_{ext} - температура зовнішнього повітря

$$t_{ext} = 28^{\circ}\text{C}$$

ε – коефіцієнт ефективності пластинчатого теплообмінника

$$\varepsilon = 0,65$$

t_l - температура повітря, що видаляється з приміщення

$$t_l = 24,9^{\circ}\text{C}$$

$$t_{in} = 28 + 0,65 \cdot (24,9 - 28) = 26^{\circ}\text{C}$$

3. Знаходимо значення граничної температури після довідника:

$$t_f = t_{wo} + 1 \dots 1,5, \quad (5.17)$$

де:

t_{wo} - температура холодоносія на виході з довідника, $^{\circ}\text{C}$;

$$t_{wo} = 14^{\circ}\text{C}.$$

$$t_f = 12 + 1 \dots 1,5 + 14 + 1 = 15^{\circ}\text{C}$$

4. Визначаємо витрату повітря через довідник за формулою 5.18:

$$L_f = \frac{L \cdot I_{in} + 3,6 \cdot \Delta Q_{hf_{тп}} - 2,5 \cdot d_{in} \cdot L - 2,5 \cdot W_{тп} - 1,005 \cdot L \cdot t_l - 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot d_{in} \cdot t_l \cdot L - 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot W_{тп} \cdot t_l}{(I_{in} - I_f - d_{in} + d_f) - 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot (d_{in} + d_f) \cdot t_l}$$

де:

L – розрахунковий повітрообмін

$$L = 1107 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$Q_{hf_{тп}}$ – надлишки повної теплоти

$$Q_{hf_{тп}} = 8190 \text{ Вт}$$

$W_{тп}$ – надлишки вологи

$$W_{тп} = 4032 \text{ г/год}$$

I_{in} – ентальпія припливного повітря.

$$I_{in} = 52,7 \text{ кДж/кг}$$

I_f – ентальпія повітря після довідника.

$$I_f = 41 \text{ кДж/кг}$$

					Атестаційна випускна робота	Лист
						59
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

d_{in} – вологовміст припливного повітря.

$$d_{in} = 10,5 \text{ г/кг}$$

d_f – вологовміст повітря після доводника.

$$d_f = 10,2 \text{ г/кг}$$

t_1 - температура повітря, що видаляється з приміщення

$$t_1 = 24,9^\circ\text{C}$$

$$L_f = \frac{1107 \cdot 52,7 + 3,6 \cdot 8190 - 2,5 \cdot 10,5 \cdot 1107 - 2,5 \cdot 4032 -}{(52,7 - 41 - 10,5 + 10,2) - 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot (10,5 + 10,2) \cdot 24,9} \\ - 1,005 \cdot 1107 \cdot 24,9 - 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10,5 \cdot 24,9 \cdot 1107 - 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 4032 \cdot 24,9} = \\ = 2254 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$G_f = L_f \cdot \rho$$

ρ – густина повітря у приміщенні.

$$\rho = 1,200 \text{ кг/м}^3$$

$$G_f = 2254 \cdot 1,200 = 2705 \text{ кг/год}$$

5. Визначаємо вологовміст повітря, яке видаляється:

$$d_1 = d_{in} + \frac{W_{тп} - \rho \cdot L_f \cdot (d_{in} - d_f)}{\rho \cdot L}, \quad (5.19)$$

де:

$W_{тп}$ – надлишки вологи

$$W_{тп} = 4032 \text{ г/год}$$

ρ – густина повітря у приміщенні.

$$\rho = 1,200 \text{ кг/м}^3$$

L – розрахунковий повітрообмін

$$L = 1107 \text{ м}^3/\text{год.}$$

L_f – витрата повітря через доводник

$$L_f = 2254 \text{ м}^3/\text{год.}$$

d_{in} – вологовміст припливного повітря.

					Атестаційна випускна робота	Лист
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{in} = 10,5 \text{ г/кг}$$

d_f – вологовміст повітря після доводника.

$$d_f = 10,2 \text{ г/кг}$$

$$d_l = 10,5 + \frac{4032 - 1,200 \cdot 2254 \cdot (10,5 - 10,2)}{1,200 \cdot 1107} = 12,9 \text{ г/кг}$$

6. Визначаємо кут променя процесу:

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot 8190}{4032} = 7,31 \text{ кДж/г}$$

7. Визначаємо холодопродуктивність довідника:

$$Q = \frac{\rho \cdot L_f \cdot (I_l - I_f)}{3,6}, \quad (5.20)$$

де:

ρ – густина повітря у приміщенні.

$$\rho = 1,200 \text{ кг/м}^3$$

L_f – витрата повітря через доводник.

$$L_f = 2254 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

I_l – ентальпія повітря, що видаляється.

$$I_l = 57 \text{ кДж/кг}$$

I_f – ентальпія повітря після доводника.

$$I_f = 41 \text{ кДж/кг}$$

$$Q = \frac{1,200 \cdot 2254 \cdot (57 - 41)}{3,6} = 12021 \text{ Вт} = 12 \text{ кВт.}$$

5.7.4. Розрахунки повітрообміну для холодного періоду року

1. Знаходимо температуру повітря, що видаляється:

$$t_l = 22 + 0,5 \cdot (3,3 - 1,5) = 22,9^\circ\text{C}$$

2. Визначається вологовміст повітря, що видаляється:

$$d_l = 0,6 + \frac{3528}{1,200 \cdot 1107} = 3,3 \text{ г/кг}$$

					Атестаційна випускна робота	Лист
						61
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Знаходимо кут променя процесу:

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot 6829}{3528} = 7 \text{ кДж/г}$$

4. Знаходимо температуру повітря після пластинчатого рекуператора:

$$t_{in} = -22 + 0,65 \cdot (22,9 + 22) = 7,2^\circ\text{C}$$

5. Визначаємо теплову продуктивність повітрянагріву:

$$Q = \frac{\rho \cdot L \cdot (I_{in} - I_r)}{3,6}, \quad (5.21)$$

де:

ρ – густина повітря у приміщенні;

$$\rho = 1,200 \text{ кг/м}^3;$$

L – загальна кількість вентиляційного повітря;

$$L = 1107 \text{ м}^3/\text{год};$$

I_{in} – ентальпія після рекуперації;

$$I_r = 8,4 \text{ кДж/кг};$$

I_c – ентальпія припливного повітря;

$$I_c = 10 \text{ кДж/кг}.$$

$$Q = \frac{1,200 \cdot 1107 \cdot (10 - 8,4)}{3,6} = 590 \text{ Вт}$$

Параметри повітря в системі вентиляції наведені в табл.5.11.

Таблиця 5.11

Період	Точка	Опис	t, °C	I, кДж/кг	d, г/кг	φ %
Теплий	ext	зовнішнє повітря	28	54,7	10,5	41
	in	припливне повітря центральної установки	26,0	52,7	10,5	47
	f	граничний стан повітря у канальному кондиціонері	15	41	10,2	90

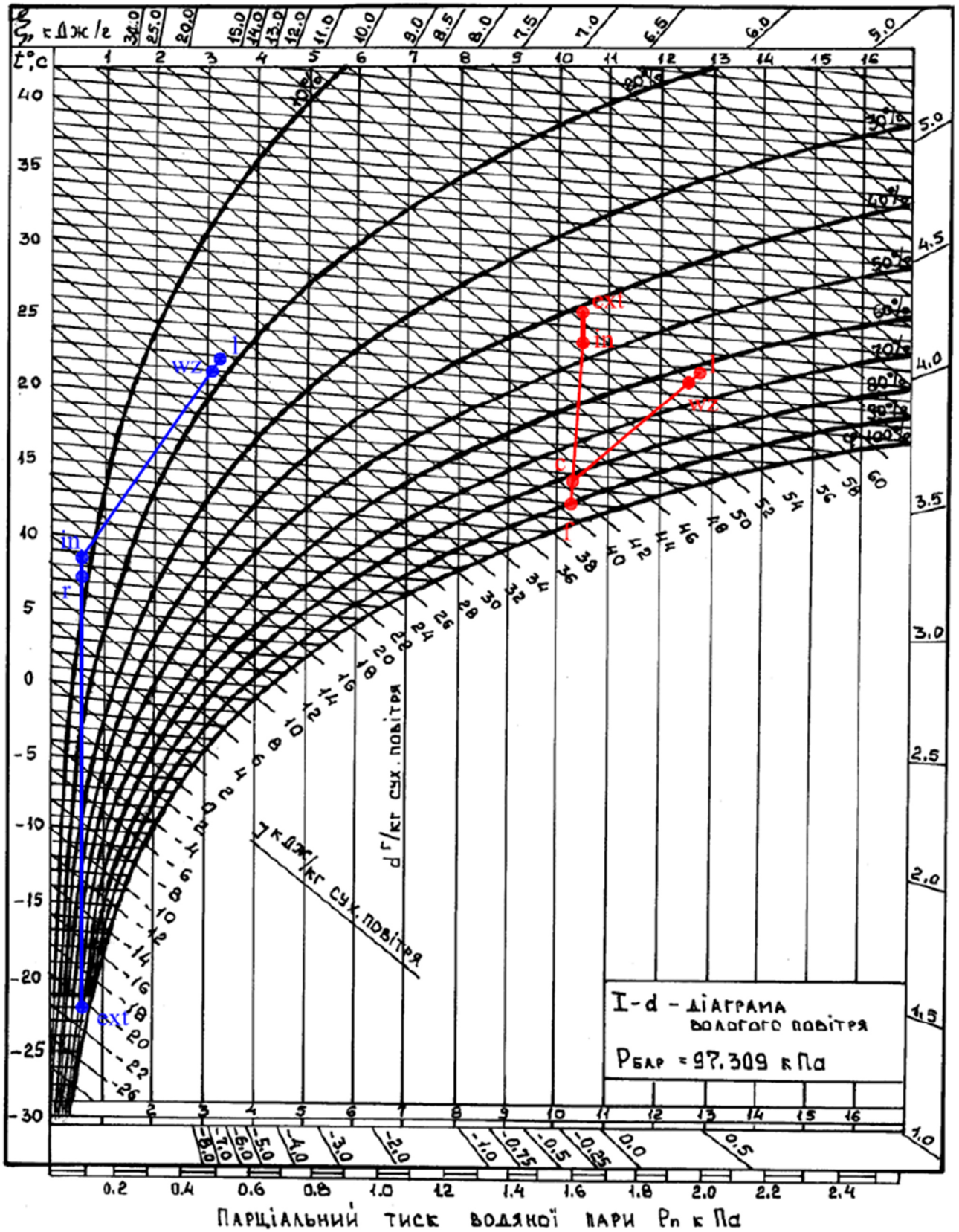
		Продовження табл.5.11				
	C	суміш	16,5	42,3	10,2	82
	wz	робоча зона	24	55,9	12,6	63
	l	видаляємо повітря	24,9	57	12,93	62
Холодний	ext	зовнішнє повітря	-22	-20,6	0,6	83
	r	повітря після рекуперації	7,2	8,4	0,6	9
	in	припливне повітря	9,5	10	0,6	8
	wz	робоча зона	22	29,9	3,1	18
	l	видаляємо повітря	22,9	31,7	3,3	17

Повітрообмін в приміщенні наведений в табл.5.12.

Таблиця 5.12

Повітрообмін	G кг/год	L м ³ /год
Теплий період		
За санітарними нормами	994	828
За розбавленням CO ₂ до ГДК	1328	1107
Витрата зовнішнього повітря центрального кондиціонера	1328	1107
Витрата повітря в каналному кондиціонері	2705	2254
Холодний період		
Витрата зовнішнього повітря	1328	1107

I-d діаграма системи вентиляції з охолодженням.

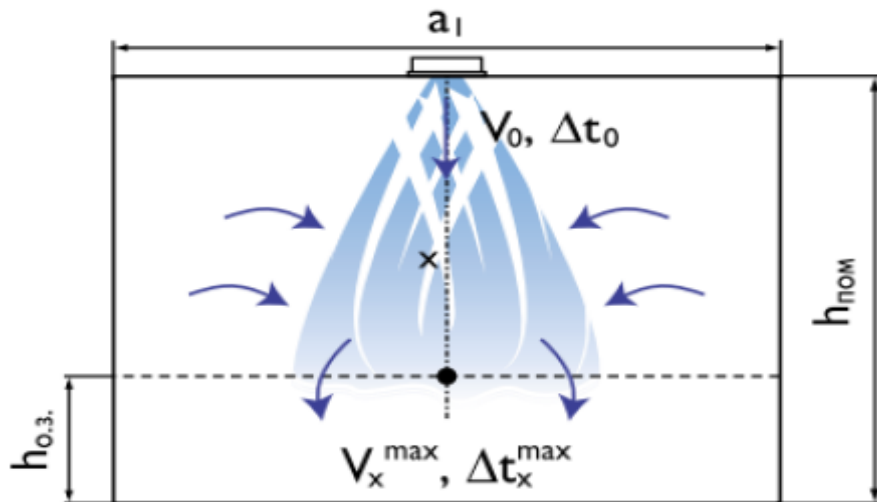


Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

5.8. Підбір повітророзподільників

Витрата повітря складає 1100 м³/год.

1. Схема повітророзподілення має вигляд:



2. Кількість повітророзподільників: 9
3. Кількість повітря, що витрачається одним повітророзподільником:

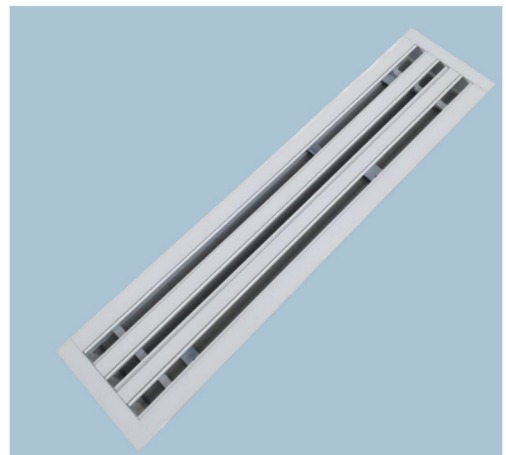
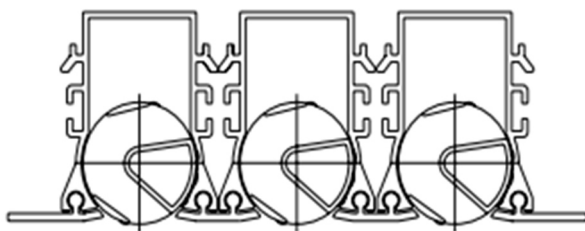
$$L_1 = \frac{L_{\text{заг}}}{z}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.22)$$

z – кількість повітророзподільників

$$L_1 = \frac{1100}{9} = 125 \text{ м}^3/\text{год}$$

4. Приймаю повітророзподільник типу LD – 13/3. Довжина якого становить 1500 мм, площа живого перерізу = 0,066 м².

LD-13/3



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 5.1 – Повітророзподільник типу LD – 13/3

5.9. Баланс повітря

Баланс повітря в будівлі – це процес забезпечення правильної вентиляції та кондиціонування повітря, щоб створити комфортні умови для проживання або роботи. Це включає регулювання кількості свіжого повітря, що потрапляє в будівлю, і видалення відпрацьованого повітря.

Туалети в багатоповерхових побутових, адміністративних і виробничих будинках повинні бути на кожному поверсі. Значення кратностей для туалетів беремо з [10].

Значення повітрообміну кожного приміщення наведені в табл.5.13.

Таблиця 5.13

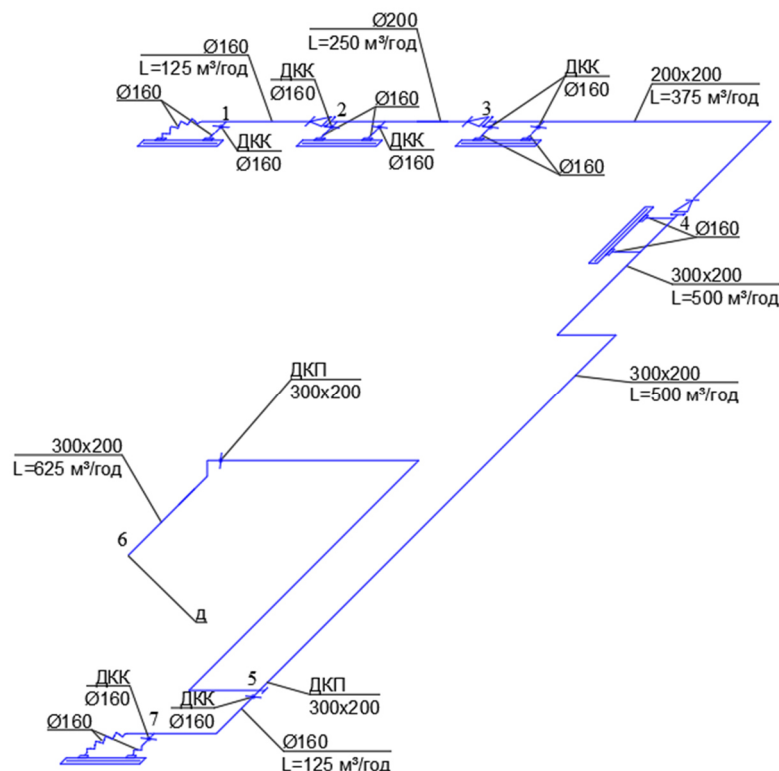
Номер приміщення	Приміщення	Об'єм приміщення $V_{\text{м}^3/\text{год}}$	Приплив		Витяжка	
			k_p , год^{-1}	L , $\text{м}^3/\text{год}$	k_p , год^{-1}	L , $\text{м}^3/\text{год}$
201	Офіс	709,5	за роз.	1100	за роз.	850
202	Туалет	38,577	-	-	-	250
203	Офіс	814,473	за роз.	1100	за роз.	850
204	Туалет	39,27	-	-	-	250
			Σ	2200	Σ	2200

5.10. Аеродинамічний розрахунок

Щоб забезпечити оптимальну циркуляцію повітря в будівлях або приміщеннях, важливим етапом проектування системи вентиляції є аеродинамічний розрахунок. Розрахунок витрат повітря, тиску в системі, вибір типу вентиляторів і повітроводів і визначення інших параметрів, необхідних для ефективної роботи системи, є частиною цього процесу. Основні етапи аеродинамічного розрахунку системи вентиляції:

1. Визначення витрат повітря;
2. Вибір схеми системи вентиляції;
3. Визначення характеристик повітропроводів;
4. Розрахунок аеродинамічних опорів;
5. Вибір вентиляційного обладнання;
6. Балансування системи;

Розглядається найвіддаленіша та найбільш навантажена гілка системи вентиляції (рис.5.2).



Результати аеродинамічного розрахунку подано в Додатку Д.

					Атестаційна випускна робота	Лист
						67
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6
КОНДИЦІОНУВАННЯ

					Атестаційна випускна робота	Арк
						68
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1. Загальні відомості

Система кондиціонування — це технологічна система, призначена для підтримки найкращих параметрів мікроклімату в приміщенні. Система кондиціонування виконує такі функції, як охолодження, нагрівання, вентиляція, очищення та зволоження повітря.

6.1.2. Типи систем кондиціонування

1. Віконні кондиціонери: компактні пристрої, які монтуються у вікно або стіну. Підходять для невеликих приміщень.
2. Спліт-системи: складаються з одного зовнішнього та одного або кількох внутрішніх блоків. Поширені в житлових приміщеннях та офісах.
3. Мультиспліт-системи: один зовнішній блок обслуговує кілька внутрішніх блоків. Використовуються у великих будинках або комерційних будівлях.
4. Канальні кондиціонери: повітря подається через систему повітроводів. Зазвичай використовуються у великих комерційних об'єктах.
5. VRV/VRF-системи (Variable Refrigerant Volume/Flow): забезпечують індивідуальне керування мікрокліматом у кожному приміщенні. Ефективні для великих будівель з різними потребами у кондиціонуванні.

6.2. Побудова прямоїчної (з рециркуляцією) системи кондиціонування повітря в офісі

6.2.1. Вихідні дані

- Висота приміщення $H = 3,3 \text{ м}^2$;
- Площа приміщення $S = 215 \text{ м}^2$;
- Кількість людей $n = 36$;
- Параметри зовнішнього повітря:

					Атестаційна випускна робота	Арк
						69
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Період року	Температура $t_{ext}, ^\circ\text{C}$	Відносна вологість $\varphi_{ext} \%$
Теплий	28	41
Холодний	-22	83

- Параметри внутрішнього повітря:

Період року	Температура внутрішнього повітря $t_{wz}, ^\circ\text{C}$	Відносна вологість φ_{ext} %	Рівень концентрації CO ₂ у приміщенні понад рівень у зовнішньому повітрі, ppm
Теплий	24	60	800
Холодний	22		

- Надлишкова теплота в приміщенні:

Період року	Параметри	Надлишки Вт
Теплий	Явна теплота	1980
	Повна теплота	8190
Холодний	Явна теплота	2340
	Повна теплота	8190

- Надходження шкідливостей в приміщення:

Період року	Вологонадходження	Виділення вуглекислого газу M_{CO_2} г/год
Теплий	4032	1620
Холодний	3528	

6.2.2. Розрахунок для теплого періоду року

Графоаналітичний метод:

1. Визначається температура припливного повітря:

$$t_{in} = t_{wz} - \Delta t$$

t_{wz} – температура повітря робочої зони

$$t_{wz} = 24^\circ\text{C}$$

					Атестаційна випускна робота	Арк
						70
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t = 4 \dots 6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{in} = 24 - 6 = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2. Визначається температура повітря, що видаляється:

$$t_l = t_{wz} + K_L (H - h_{wz}) \quad (1)$$

K_L – залежить від способу організації повітрообміну

$$K_L = 1,1 \dots 1,2 \text{ } ^\circ\text{C/м}$$

$$t_l = 24 + 1,2 \cdot (3,3 - 1,5) = 26,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3. Знаходиться кут променю процесу:

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot \Delta Q_{hf}}{W_{ВЛ}} \quad (2)$$

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot 8190}{4032} = 7,31 \text{ кДж/г}$$

4. Знаходиться кількість повітря, що необхідна для асиміляції теплоти:

$$G_{hf} = \frac{3,6 \cdot \Delta Q_{hf}}{l_l - l_{in}} \quad (3)$$

$$G_{hf} = \frac{3,6 \cdot 8190}{57,7 - 44,9} = 2303 \text{ кг/год}$$

5. Знаходиться кількість повітря, що необхідна для асиміляції вологи:

$$G_{hf} = \frac{W_{ВЛ}}{d_l - d_{in}} \quad (4)$$

$$G_{hf} = \frac{4032}{12,3 - 10,7} = 2520 \text{ кг/год}$$

6. Знаходиться мінімальна кількість повітря, що необхідна в приміщенні:

$$L_{сн} = 3,6 (n q_p + S q_v), \quad (5)$$

де:

n – кількість людей у приміщенні, люд;

$n = 36$ людей;

S – площа приміщення, м^2 ;

$S = 215 \text{ м}^2$;

q_p – питома витрата зовнішнього повітря на одну людину, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людину})$;

					Атестаційна випускна робота	Арк
						71
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_p = 4 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людину});$$

q_v – питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$;

$$q_v = 0,4 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2).$$

$$L_{\text{CH}} = 3,6 \cdot (36 \cdot 4 + 215 \cdot 0,4) = 828^\circ\text{C}$$

$$G_{\text{CH}} = \rho \cdot L_{\text{CH}}$$

$$G_{\text{CH}} = 1,2 \cdot 828 = 994 \text{ кг/год}$$

7. Знаходиться кількість повітря для розбавлення до допустимої граничної концентрації CO_2 :

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot 1000}{1,83 \cdot \Delta C}$$

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{1620 \cdot 1000}{1,83 \cdot 500} = 1770 \text{ м}^3/\text{год}$$

8. Обирається кількість повітря, що треба подати:

$$G_{\text{max}} = (G_{\text{hf}}; G_{\text{w}}; G_{\text{CH}}; G_{\text{CO}_2})$$

$$G_{\text{max}} = 2125$$

$$L_{\text{max}} = (L_{\text{CH}}; L_{\text{CO}_2})$$

$$L_{\text{max}} = 1770$$

6.2.3. Розрахунок для холодного періоду року

1. Визначається температура припливного повітря:

$$t_{\text{in}} = t_{\text{wz}} - \frac{Q_h}{0,24 \cdot G_{\text{заг}}}, ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{in}} = 22 - \frac{2340}{0,24 \cdot 2125} = 17,4 ^\circ\text{C}$$

2. Визначається температура повітря, що видаляється:

$$t_1 = 22 + 1,2 \cdot (3,3 - 1,5) = 24,2 ^\circ\text{C}$$

3. Знаходиться кут променя процесу:

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot 8190}{3528} = 8,36 \text{ кДж/г}$$

4. Знаходиться кількість повітря, що необхідна для асиміляції теплоти:

					Атестаційна випускна робота	Арк
						72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{hf} = \frac{3,6 \cdot 8190}{36,1 - 26,2} = 2978 \text{ кг/год}$$

5. Знаходиться кількість повітря, що необхідна для асиміляції вологи:

$$G_{hf} = \frac{3528}{4,8 - 3,5} = 2714 \text{ кг/год}$$

6. Знаходиться мінімальна кількість повітря, що необхідна в приміщенні:

$$L_{CH} = 3,6 \cdot (36 \cdot 4 + 215 \cdot 0,4) = 828^\circ\text{C}$$

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

$$G_{CH} = 1,2 \cdot 828 = 994 \text{ кг/год}$$

7. Знаходиться кількість повітря для розбавлення до допустимої граничної концентрації CO₂:

$$L_{CO_2} = \frac{1620 \cdot 1000}{1,83 \cdot 500} = 1770 \text{ м}^3/\text{год}$$

8. Обирається кількість повітря, що треба подати:

$$G_{\max} = (G_{hf}; G_w; G_{CH}; G_{CO_2})$$

$$G_{\max} = 2125$$

$$L_{\max} = (L_{CH}; L_{CO_2})$$

$$L_{\max} = 1770$$

Параметри повітря в системі кондиціонування наведені в табл.6.1.

Таблиця 6.1

Період	Точка	Опис	t, °C	I, кДж/кг	d, г/кг	φ %
Теплий	ext	зовнішнє повітря	28	54,7	10,5	41
	wz	робоча зона	24	54	11,80	60
	in	припливне повітря	18,0	44,9	10,7	78
	l	видаляємо повітря	26,2	57,7	12,3	54
	O	зрошення	15,4	42,5	10,7	90
Холодний	ext	зовнішнє повітря	-22	-20,6	0,6	83
	in	припливне повітря	17,4	26,2	3,5	28
	wz	робоча зона	22	33	4,3	25

					Атестаційна випускна робота	Арк
						73
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

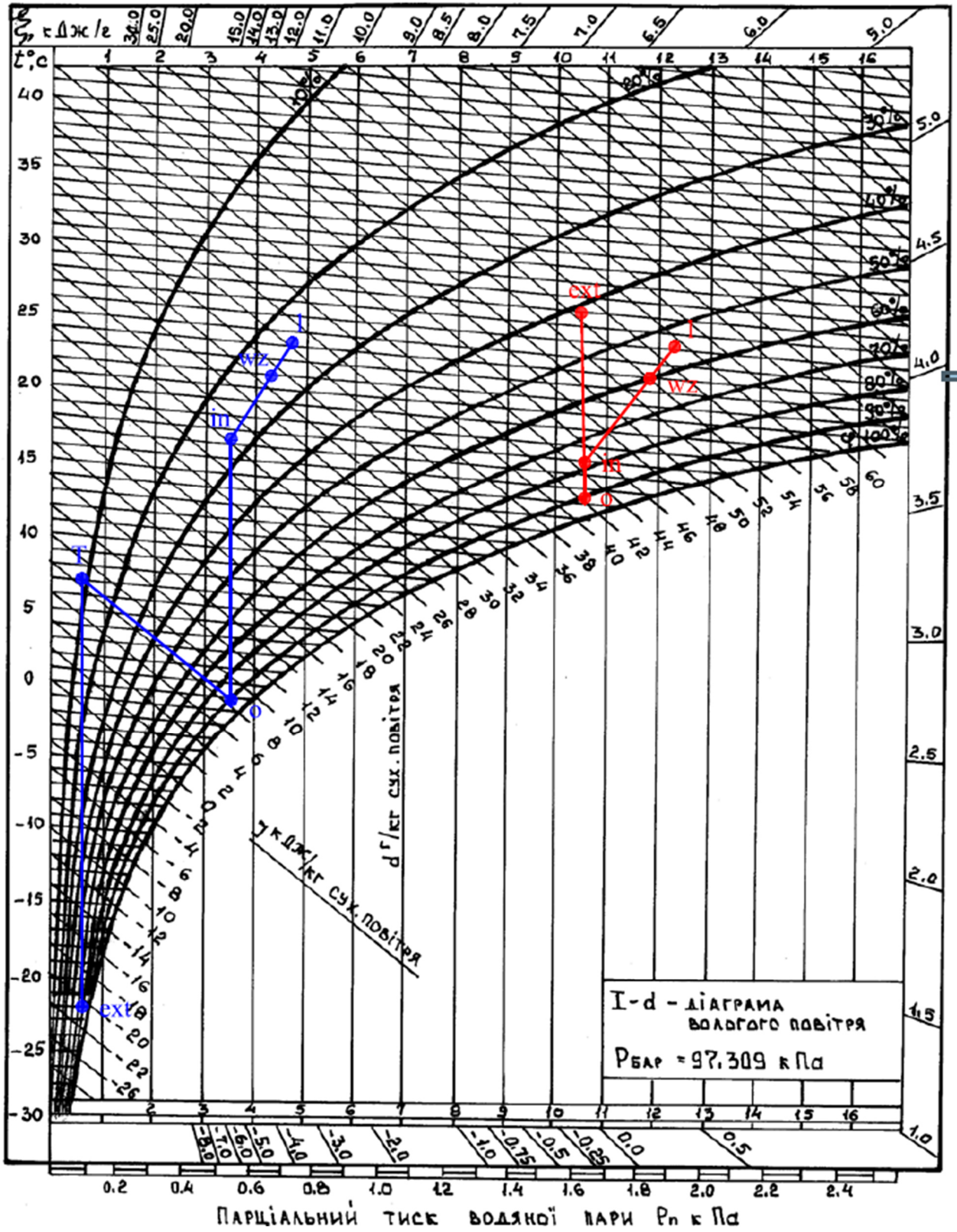
Продовження табл.6.1						
	О	зрошення	0,0	8,2	3,5	90
	І	видаляємо повітря	24,2	36,1	4,8	24
	Т		7,1	8,2	0,6	9

Повітрообмін в приміщенні наведений в табл.6.2.

Таблиця 6.2

Повітрообмін	G кг/год	L м ³ /год
Теплий період		
За санітарними нормами	994	828
За розбавленням CO ₂ до ГДК	2125	1170
За асиміляцією теплоннадлишків	2764	2303
За асиміляцією вологонадлишків	3024	2520
Загальний повітрообмін	2125	1170
Холодний період		
Витрата зовнішнього повітря	2125	1170

I-d діаграма прямої системи кондиціонування.



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

6.3. Підбір повітророзподільників

Витрата повітря складає 1107 м³/год.

1. Кількість повітророзподільників: 7
2. Кількість повітря, що витрачається одним повітророзподільником:

$$L_1 = \frac{L_{\text{заг}}}{z}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (9.1)$$

z – кількість повітророзподільників

$$L_1 = \frac{1770}{7} = 250 \text{ м}^3/\text{год}$$

3. Приймаю повітророзподільник типу LD – 13/3. Довжина якого становить 1500 мм, площа живого перерізу = 0,066 м².

6.4. Баланс повітря

Значення повітрообміну кожного приміщення наведені в табл.6.3.

Таблиця 6.3

Номер приміщення	Приміщення	Об'єм приміщення Vм ³ /год	Приплив		Витяжка	
			к _р , год ⁻¹	L, м ³ /год	к _р , год ⁻¹	L, м ³ /год
201	Офіс	709,5	за роз.	1770	за роз.	1520
202	Туалет	38,577	-	-	-	250
203	Офіс	814,473	за роз.	1770	за роз.	1520
204	Туалет	39,27	-	-	-	250
			Σ	3541	Σ	3541

6.5. Аеродинамічний розрахунок системи кондиціонування

Розрахунок аеродинамічної системи кондиціонування є важливою частиною проектування систем, які створюють комфортний мікроклімат у приміщенні. Аналіз повітряних потоків, розрахунок витрат повітря, тисків і вибір і розміщення

					Атестаційна випускна робота	Арк
						76
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

кондиціонерів і повітроводів є частиною цього. Хоча основні етапи розрахунку системи вентиляції схожі на етапи розрахунку системи кондиціонування, вони мають деякі особливості, пов'язані з обробкою повітря, такими як охолодження, нагрівання, зволоження та осушення.

До розгляду обирається система кондиціонування К1.4 (рис.6.1).

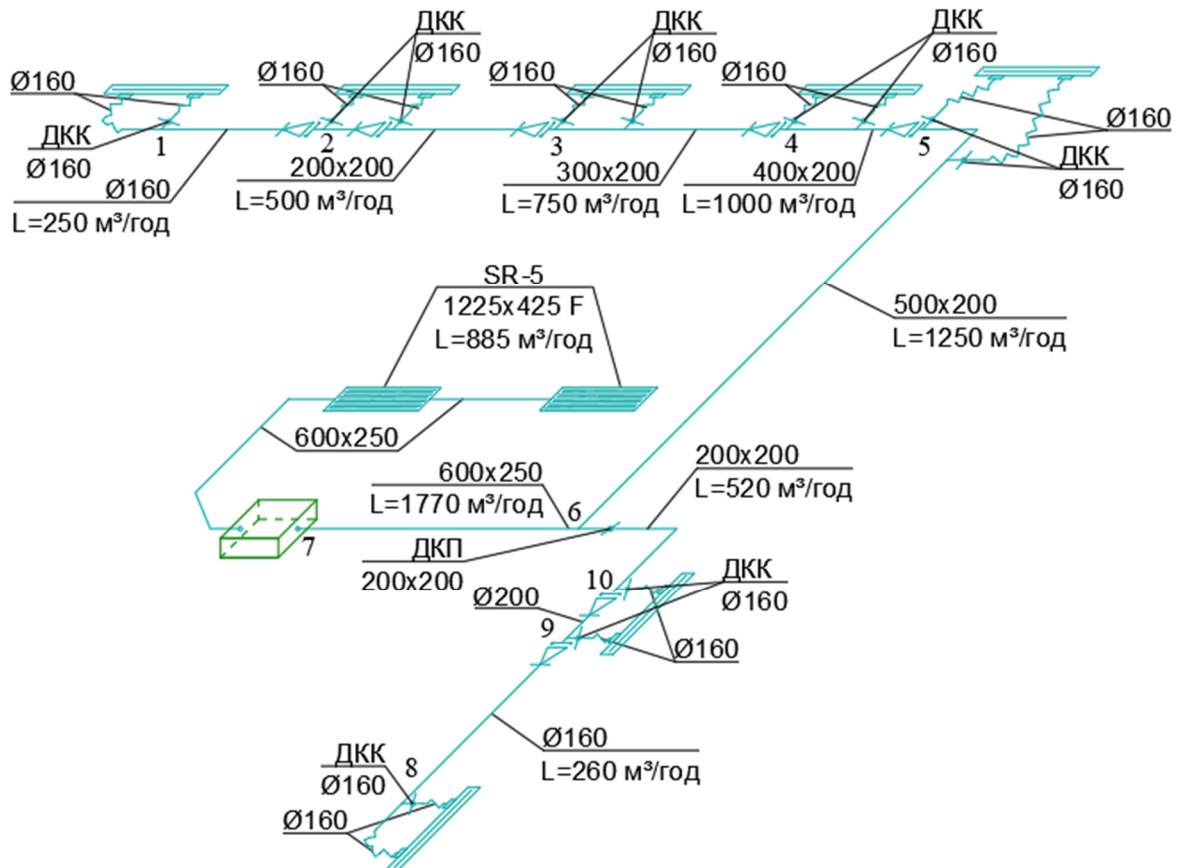


Рисунок 6.1 – система кондиціонування К1.4.

Результати аеродинамічного розрахунку наведено в Додатку Е.

РОЗДІЛ 7
ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ
МОНТАЖУ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ

Студентка

/Примак А.О./

Консультант

/Сенчук М.П./

					Атестаційна випускна робота	Арк
						78
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7.1. Технологія монтажу систем кондиціонування

7.1.1. Підготовчі роботи перед проведенням монтажу

Підготовчі роботи перед проведенням монтажу є критично важливим етапом у будь-якому будівельному або інженерному проєкті. Вони забезпечують основу для успішного та безпечного виконання всіх наступних операцій. Перш за все, потрібно здійснити детальне планування. Це включає аналіз проєктної документації, визначення обсягів робіт, складання графіків та планів робіт, а також оцінку необхідних ресурсів, таких як матеріали, інструменти та робоча сила. Планування допомагає уникнути непередбачених затримок та збоїв у процесі монтажу.

Другою важливою складовою підготовчих робіт є підготовка будівельного майданчика. Це включає очистку території від сміття, вирівнювання поверхні, підготовку під'їзних шляхів та облаштування тимчасових споруд, таких як складські приміщення, побутові вагончики для робітників та охоронні пункти. Всі ці заходи спрямовані на забезпечення безперешкодного доступу до місця монтажу і створення комфортних умов для роботи персоналу.

Третій важливий аспект підготовчих робіт — це перевірка та підготовка обладнання та інструментів. Всі машини, механізми та інструменти повинні бути перевірені на справність та готовність до роботи. Це включає проведення технічного обслуговування, калібрування приладів та забезпечення необхідних запасних частин. Без належної підготовки обладнання, монтажні роботи можуть бути небезпечними та непродуктивними, що може призвести до серйозних аварій або затримок.

Нарешті, важливою частиною підготовчих робіт є інструктаж та навчання персоналу. Всі робітники повинні бути ознайомлені з проєктною документацією, планом робіт та технікою безпеки. Проведення спеціальних тренінгів та інструктажів допомагає зменшити ризик нещасних випадків та підвищує ефективність роботи команди. Таким чином, комплексна підготовка перед початком монтажу забезпечує успішне та безпечне виконання проєкту, мінімізуючи ризики та збільшуючи шанси на своєчасне завершення робіт.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						79
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

7.1.2.Вимоги до монтажу повітропроводів

Монтаж повітропроводів є важливим етапом у створенні систем вентиляції та кондиціонування повітря, і до його виконання висуваються строгі вимоги. Необхідно забезпечити високу якість матеріалів, що використовуються для виготовлення повітропроводів. Вони повинні бути виготовлені з міцних та стійких до корозії матеріалів, таких як оцинкована сталь або алюміній. Вибір матеріалу залежить від умов експлуатації та вимог проекту. Висока якість матеріалів гарантує довговічність і надійність системи.

Важливою вимогою є точність і відповідність монтажу проектній документації. Це включає правильне розташування повітропроводів, забезпечення необхідного ухилу для дренажу конденсату та дотримання усіх вимог щодо герметичності з'єднань. Неправильний монтаж може призвести до зниження ефективності системи, підвищення рівня шуму та втрат енергії. Важливо також враховувати вимоги до протипожежної безпеки, такі як встановлення протипожежних клапанів та використання вогнестійких матеріалів.

Ключовим аспектом є забезпечення належного кріплення повітропроводів. Кріплення повинні бути виконані таким чином, щоб уникнути вібрацій та механічних навантажень на повітропроводи. Це досягається використанням спеціальних кріпильних елементів, амортизуючих вставок та правильним розташуванням точок кріплення. Надійне кріплення дозволяє уникнути пошкоджень повітропроводів та забезпечити стабільну роботу системи на довгий час.

Також, важливим етапом є перевірка та тестування встановлених повітропроводів. Після завершення монтажу необхідно провести комплексні випробування системи для перевірки її працездатності. Це включає вимірювання параметрів повітряного потоку, перевірку герметичності з'єднань та функціонування всіх елементів системи. Тільки після успішного завершення всіх тестувань система може бути введена в експлуатацію. Таким чином, дотримання всіх вимог до монтажу повітропроводів гарантує ефективну, безпечну та надійну роботу системи вентиляції та кондиціонування повітря.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						80
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7.1.3.Вимоги до монтажу зовнішніх та внутрішніх блоків

Перед монтажем зовнішніх блоків системи кондиціонування необхідно скласти акт, який охоплює наступні роботи: зведення фундаментів і опорних конструкцій під зовнішні блоки; планування проходів до місць монтажу; і забезпечення безпечного виконання робіт.

Зовнішній блок повинен бути встановлений на міцній стіні в зручному місці для подальшого обслуговування. Рекомендується встановлювати блоки на монтажному кронштейні, який призначений для блоків вагою до 80 кг. У комплект кронштейна входять всі необхідні компоненти для кріплення його як до стіни, так і до зовнішнього блоку.

Кронштейн має бути надійно прикріплений до стіни за допомогою кріплення, такого як анкерні болти.

При виборі місця установки внутрішнього блоку необхідно враховувати наступні вимоги:

- не розташовуйте пристрій поблизу джерел тепла або вологи;
- не встановлюйте прилад поблизу дверних отворів;
- не повинно бути перешкод для подачі повітря до внутрішнього блоку;
- на місці встановлення обладнання повинен бути організований надійний відвід (дренаж) конденсату;
- розташування обладнання необхідно вибирати таким чином, щоб охолоджуюче повітря не надходило безпосередньо (безпосередньо) до людей;
- відстань між внутрішнім блоком і стінами, стелею і підлогою повинна бути не менше певного значення (від стелі і боків - більше 5 см, від підлоги - вище рівня очей).

Настінні або підлогові внутрішні блоки кріпляться за допомогою монтажних пластин і кронштейнів, що входять в комплект поставки. Монтажна пластина кріпиться до стіни шурупами і кріпиться до стіни строго горизонтально. Таким чином забезпечується нормальне відведення конденсату, що утворюється під час

					Атестаційна випускна робота	Арк
						81
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

роботи кондиціонера.

Якщо внутрішній блок встановлено під стелею, необхідно переконатися, що фільтр можна зняти для очищення.

7.1.4.Вимоги до монтажу фреонових трубопроводів

Якість монтажу фреонових трубопроводів має значний вплив на продуктивність і безвідмовність роботи кондиціонера.

Фреонові магістралі складаються з двох типів мідних трубопроводів:

- трубопроводи з обпаленої міді, які поставляються в бухтах. Такі труби зазвичай мають діаметр 7/8". Трубопроводи легше встановлювати та згинати. Як правило, для монтажу використовуються спеціальні комплекти зі здвоєних мідних труб для газових і рідинних магістралей у теплоізоляції.
- звичайні мідні труби поставляються відрізками довжиною до чотирьох метрів. Такі труби мають діаметр понад 7/8". Деякі монтажні проблеми обмежують їх використання. У більшості випадків труби дуже важко гнути та розвальцьовувати. Таким чином, вигини трубопроводів повинні виконуватися спеціальними муфтами та куточками, також відомими як фітинги.

Для надійної роботи кондиціонера важливо підібрати правильний діаметр труби холодоагенту. З одного боку, діаметр повинен бути достатньо великим, щоб зменшити втрати тиску, а з іншого боку, максимальний діаметр обмежений необхідною швидкістю потоку холодоагенту для забезпечення повернення масла. Як правило, в документації на обладнання вказується рекомендований діаметр повітропроводу для конкретної моделі кондиціонера.

На вертикальній ділянці газопроводу слід встановити сифон.

Загальне правило полягає в мінімізації довжини і кількості вигинів труби між зовнішнім і внутрішнім блоками.

Всі операції з монтажу труб повинні виконуватися за допомогою спеціального

					Атестаційна випускна робота	Арк
						82
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання, призначеного для холодильних установок.

Перед початком монтажу необхідно перевірити розміри труби і ретельно виміряти довжину траси, після чого відрізати трубу з урахуванням необхідного припуску.

Для різання труб необхідно використовувати спеціальний труборіз. Перед різкою трубу слід вирівняти. Потрібно встановити мідну трубу в ролики різача так, щоб ніж був перпендикулярний до труби. Різати трубу потрібно акуратно, оскільки якість розтруба повністю залежить від якості виконаної операції.

Видалення задирок на кромці мідних труб виконується за допомогою розгортки (риммера). Щоб уникнути потрапляння дрібного металевого пилю всередину труби, її слід тримати кінцем вниз. Неправильне або неповне видалення задирок може призвести до витоку газу і викликати несправності кондиціонера.

Спиральний або механічний трубогиб використовуються для згинання труб. Труби повинні мати радіус згину не менше двох діаметрів. Коли труби згинаються або розгинаються кілька разів, утворюється мікро-тріщина, яка може призвести до витоку фреону. Не варто згинати та розгинати труби більше трьох разів. Щоб запобігти деформації труби, що зменшує її «живий перетин», при трасуванні трубопроводів важливо уникати надто різких поворотів.

Після приєднання лінії охолодження до відповідних патрубків внутрішніх і зовнішніх блоків герметичність системи перевіряється за допомогою азоту, електронного детектора або інших спеціальних інструментів.

Потім у системі створюють вакуум і поступово закачують холодоагент.

Зазвичай зовнішні блоки забезпечують запас холодоагенту, достатній для трубопроводів довжиною до 5 - 7 метрів. Збільшення довжини трубопроводів вимагає дозаправки холодоагентом і маслом. В інструкціях з монтажу та експлуатації обладнання наведено стандарти дозаправки, які змінюються в залежності від додаткової довжини трубопроводів.

Газоподібний холодоагент подається через газову лінію, коли кондиціонер працює. Закінчення заправки може бути визначено за допомогою тиску всмоктування та нагнітання, перегріву випарника або оглядового скла.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						83
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для того, щоб надати комунікаціям завершений і естетичний вигляд, рекомендується укладати відкриті ділянки трубопроводів і з'єднувальних кабелів у декоративні монтажні коробки.

7.1.5.Вимоги до монтажу дренажних трубопроводів

Як правило, вологе повітря конденсується на холодному випарнику, коли внутрішній блок кондиціонера або фанкойл працює в режимі охолодження.

Конденсована волога стікає вниз по ребрах теплообмінника і накопичується в спеціальному піддоні для дренажу, де вона повинна зливатися. Якщо злив конденсату не працює належним чином, можуть виникнути неприємні запахи застоюваної води та небезпека переповнення піддону та попадання дренажної води всередину приміщення.

Для видалення конденсату використовується спеціальний дренажний трубопровід, який зазвичай складається з м'якої гофрованої трубки. Для прокладки дренажного трубопроводу в підвісних стелях при невеликих ухилах іноді застосовується жорстка гладка трубка.

Відведення дренажу через стіну на вулицю вимагає свердловини з нахилом, тобто зовнішній край нижче внутрішнього.

При прокладанні мідних трубок, кабелю управління та дренажної трубки через отвір необхідно стежити, щоб на дренажній трубці не було зламів, поривів і застрягань. Неприпустимо, щоб дренажна трубка торкалася газової магістралі без теплоізоляції, особливо у моделях з тепловим насосом. При роботі кондиціонера в режимі обігріву температура газової магістралі може досягати рівня, достатнього для плавлення матеріалу дренажної трубки, що може призвести до закупорки дренажної системи.

Дренажна трубка повинна забезпечувати необхідну пропускну здатність і прокладатися з ухилом не менше 1%, щоб уникнути підйомів і провисань по всій довжині. Це гарантує безперешкодний відтік конденсату.

Рекомендується відводити конденсат у внутрішню каналізацію. Перед місцем скидання конденсату в каналізацію на лінії повинен бути встановлений сифон

					Атестаційна випускна робота	Арк
						84
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

(водяний затвор), що запобігає проникненню неприємних запахів у приміщення.

Для запобігання замерзанню вихідної ділянки дренажного трубопроводу можна використовувати спеціальні електричні обігрівачі або обігрівальні кабелі відповідної потужності. Їх електроживлення повинно здійснюватися незалежно від решти електричного кола і подаватися постійно, за винятком періодів проведення технічного обслуговування кондиціонерів.

7.1.6.Випробування та здача в експлуатацію системи кондиціонування

Випробування та здача в експлуатацію системи кондиціонування є завершальним етапом будь-якого проекту з встановлення таких систем. Перш за все, проводяться попередні перевірки всіх компонентів системи. Це включає візуальний огляд стану обладнання, перевірку правильності монтажу повітропроводів, фільтрів, вентиляторів та кондиціонерів. Важливо переконатися, що всі елементи встановлені відповідно до проектної документації, і не мають видимих пошкоджень або дефектів, які можуть вплинути на роботу системи.

Другий етап випробувань включає функціональні тести системи. На цьому етапі система запускається і перевіряється її працездатність у різних режимах роботи. Вимірюються основні параметри, такі як температура повітря, рівень вологості, швидкість повітряного потоку та тиск у повітропроводах. Проводиться аналіз роботи автоматичних систем управління, таких як термостати та датчики. Функціональні тести дозволяють виявити та усунути можливі проблеми на ранніх стадіях, забезпечуючи стабільну роботу системи в майбутньому.

Третій етап включає проведення тестів на герметичність та енергоефективність системи. Герметичність повітропроводів перевіряється шляхом створення надлишкового тиску або вакууму та спостереження за можливими витокami. Енергоефективність системи оцінюється шляхом вимірювання споживання енергії та порівняння його з нормативними показниками. Важливо забезпечити, щоб система працювала максимально ефективно, не витрачаючи зайву енергію, що сприяє зниженню експлуатаційних витрат та підвищенню екологічної безпеки.

Після завершення всіх тестів і випробувань, складається звіт, що включає

					Атестаційна випускна робота	Арк
						85
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

результати перевірок, виявлені недоліки та рекомендації щодо їх усунення. Якщо система успішно проходить всі випробування, вона здається в експлуатацію. На цьому етапі також проводиться інструктаж для обслуговуючого персоналу щодо правил експлуатації та технічного обслуговування системи. Здача в експлуатацію підтверджує, що система кондиціонування та вентиляції готова до використання, відповідає всім вимогам безпеки та ефективності, і може забезпечити комфортні умови для перебування людей у приміщенні.

7.1.7 Монтажне креслення системи кондиціонування К 1.1

Загальні положення

Монтажне проектування здійснюється за умов недостатньої деталізації робочої схеми у робочому кресленні для їх виготовлення та подальшого монтажу.

Монтажне креслення системи містить:

1. Аксонометричні схеми;
2. Ескізи нетипових елементів;
3. Відомості про комплектування елементів повітропроводів і типових виробів;
4. Специфікацію основних та допоміжних матеріалів, а також витрат, пов'язаних із їх виготовленням.

На монтажній схемі показують:

1. Пронумеровані відповідно до умовних позначень елементи, деталі та окремі вузли;
2. Діаметри або розміри труб теплохолодопостачання або повітропроводів;
3. Будівельні довжини;
4. Висотні відмітки повітропроводів по приміщенню та уклони трасування;
5. Прилади та обладнання, які приєднані до елементів або вузлів;
6. Прив'язки повітропроводів до будівельної конструкції.

Монтажні креслення використовуються для виготовлення деталей і елементів системи, а також для монтажу систем на будівельному об'єкті.

Основне про елементи кондиціонування:

					Атестаційна випускна робота	Арк
						86
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Повітропроводи системи кондиціонування складаються з прямих ділянок і фасонних частин, які виготовляються на заводах або в заготівельних майстернях. Після доставки деталей на будівництво вони укрупнюються у вузли і потім встановлюються відповідно до проекту кондиціонування будинку або споруди.

На підставі креслення монтажної схеми К1.1 (див. аркуш 6) розроблено комплектувальну відомість на вироби і деталі (Додаток Є).

Нижче наведено дані про комплектуючі до монтажу припливної установки (рис.7.1), схеми та способи монтажу лінійних дифузорів (рис.7.2 – 7.5).

- Припливна установка фірми Toshiba, типу: AP0096BH-E.



Рис.7.1 — Припливна установка

					Атестаційна випускна робота	Арк
						87
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

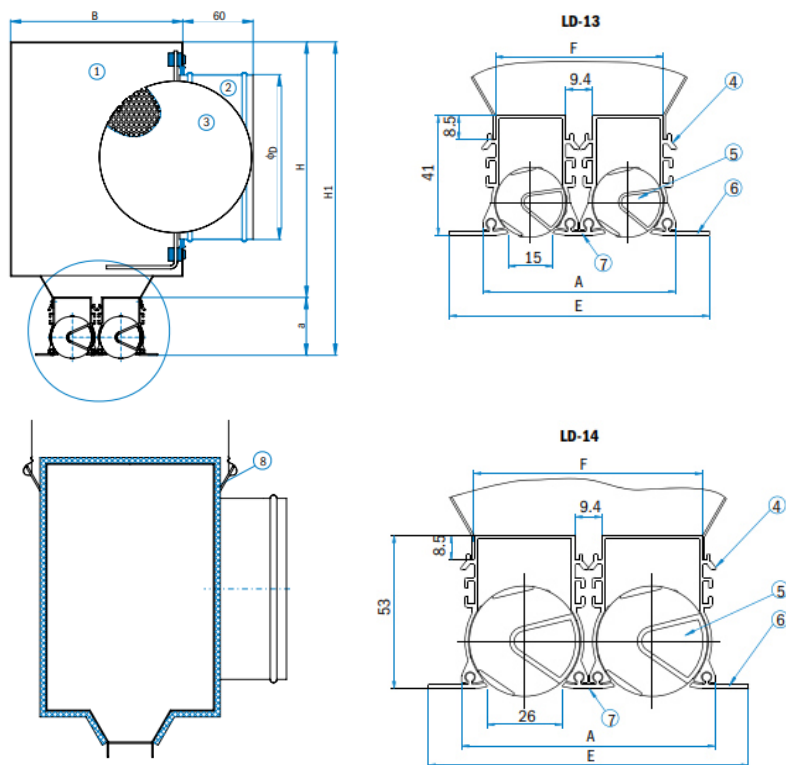


Рис. 7.3— Схема лінійного дифузора

1. Камера;
2. Патрубок;
3. Регульована заслінка;
4. Основний профіль;
5. Регульовані валики;
6. Бічний поздовжній профіль;
7. Зв'язуючий профіль;
8. Ізоляція на зовнішній стороні.

Способи кріплення камери на лінійний дифузор LD-13, LD-14

1. За допомогою шурупів (позн. U)
2. За допомогою пружинних затискачів (позн. S)
3. За допомогою траверси (позн. Z)

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

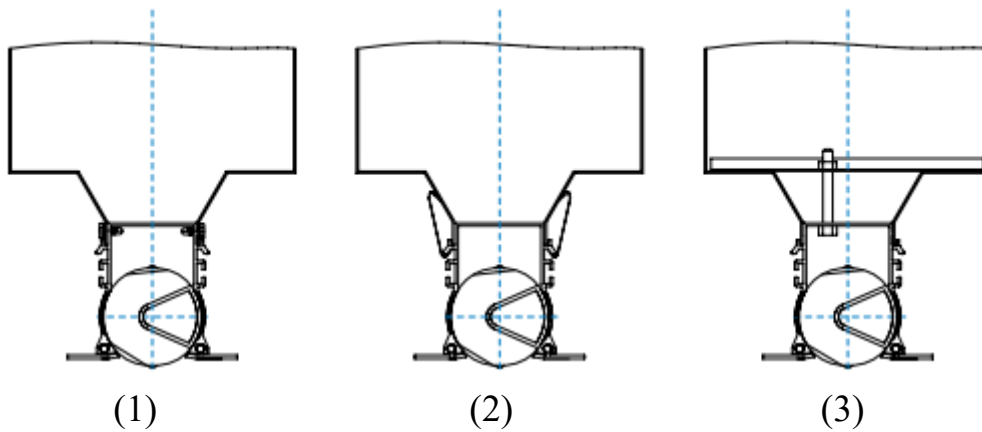


Рис. 7.4 — Способи кріплення камери лінійного дифузора

Способи монтажу (рис.7.5)

1. За допомогою стрижня з різьбленням (позн. R);
2. За допомогою дроту (позн. R);
3. За допомогою підвісок на камері (позн. P);
4. За допомогою спеціальних фіксуючих деталей (позн. R);
5. За допомогою пружин (позн. N).

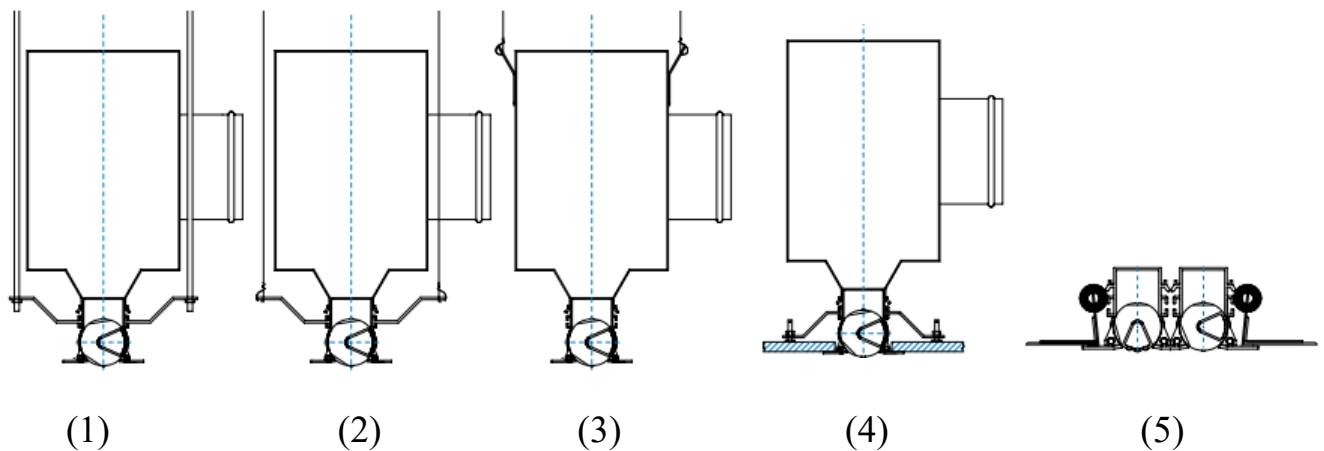


Рис. 7.5— Способи монтажу лінійного дифузора

7.2. Організація монтажу систем

7.2.1. Календарне планування

Під час монтажу будь-якої системи важливим процесом є календарне планування, яке допомагає ефективно організувати час і ресурси. Розробка графіка робіт, розподіл завдань між робочими групами, визначення термінів завершення

					Атестаційна випускна робота	Арк
						90
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

кожного етапу та контроль за виконанням робіт є частиною цього процесу. Календарне планування також дозволяє уникнути затримок у виконанні робіт і гарантує, що системи встановлюються якісно.

Календарний план — це проектний документ, створений на основі нормативних вимог і договірних умов, який встановлює правильну технологічну черговість виконання робіт, їх взаємну погодженість і укомплектованість, тривалість та терміни виконання.

Календарний план включає в себе такі частини:

1. Розрахункову, що містить шифр, перелік та обсяг робіт, нормативний документ, норми часу на одиницю виміру, трудозатрати, число змін, кваліфікаційний склад бригади чи ланки, чисельність робітників у зміні, планову тривалість робіт і відсоток виконання норми.
2. Графічну, що представляє собою лінійний, сітковий та графік зміни чисельності робітників.

Порядок створення календарного плану відповідно до [17]:

1. Встановлюється технологічна послідовність та перелік робіт;
2. Визначаються обсяги робіт;
3. Обирають способи виробництва кожної роботи та вибирають механізми;
4. Обраховують трудомісткість і машиномісткість робіт;
5. Встановлюють розподіл праці;
6. Обирається тривалість роботи на кожен вид;
7. Обчислюється склад ланок та бригад;
8. Створюється графічна частина плану;
9. Проводять коригування календарного графіку відповідно до термінів виконання будівництва.

7.2.2. Лінійний графік за послідовними та потоковими методами монтажу системи К1.1

Послідовний метод монтажу передбачає виконання робіт послідовно, етап за етапом. Кожна наступна операція починається тільки після завершення попередньої.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						91
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Це забезпечує високу точність та контроль якості на кожному етапі, але може бути менш ефективним з точки зору часу. Основні характеристики послідовного методу:

1. Порядок виконання: роботи виконуються послідовно, один етап за іншим.
2. Контроль якості: легко контролювати якість на кожному етапі, оскільки увага зосереджена на одній задачі.
3. Тривалість: загальний час проекту може бути довшим, оскільки кожен етап чекає на завершення попереднього.
4. Ресурси: оптимальне використання ресурсів на кожному етапі, але можуть бути простої між етапами.

Потоковий метод монтажу передбачає паралельне виконання робіт на різних ділянках або етапах. Це дозволяє скоротити загальний час виконання проекту, але потребує більш ретельної координації та планування. Основні характеристики потокового методу:

1. Порядок виконання: роботи виконуються одночасно на різних ділянках або етапах.
2. Координація: потрібна високий рівень координації між різними командами, щоб уникнути збоїв та конфліктів.
3. Тривалість: загальний час проекту скорочується завдяки одночасному виконанню робіт.
4. Ресурси: більше робітників та обладнання використовуються одночасно, що може підвищити ефективність, але вимагає більше ресурсів на початку.

При потоковому методі також розраховуємо графік циклограму виконання робіт. На календарній шкалі горизонтальні відрізки, зміщені відносно один одного, відображаються на лінійному графіку виконання роботи кожної бригади на захватках.

Будуємо графік – циклограму на основі календарної шкалі лінійного графіка, на якій нахилені лінії показують, скільки робіт було виконано кожною бригадою в будівельному потоці.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						92
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків календарного планування, побудовані графіки: лінійні, циклограма (див. аркуш б).

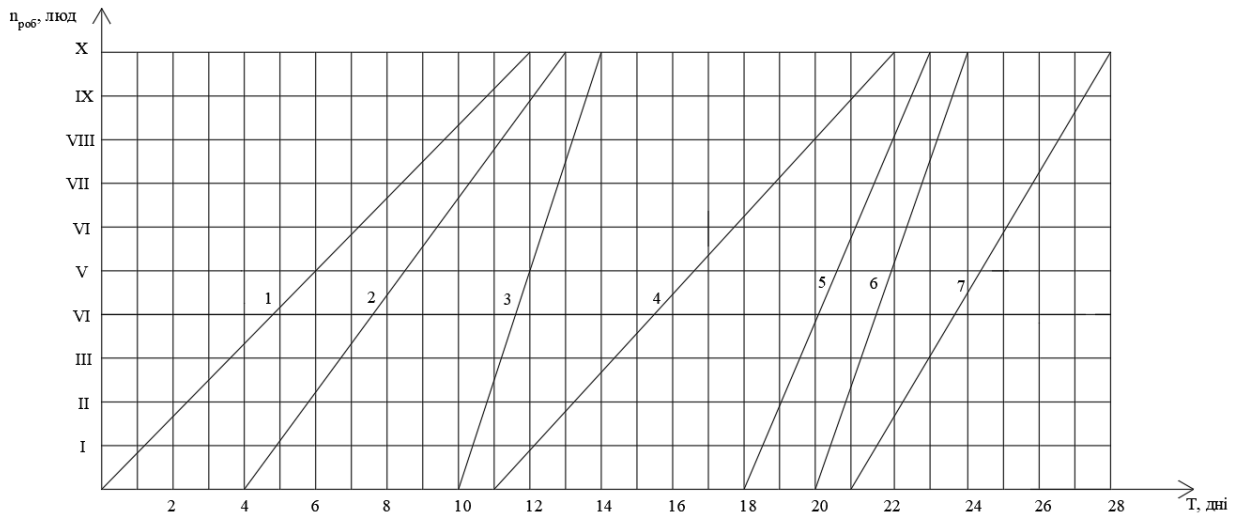


Рис.7.6 – Графік – циклограма

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 8
ОХОРОНА ПРАЦІ

Студентка

/Примак А.О./

Консультант

/Клімова І.В./

					Атестаційна випускна робота	Арк
						94
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8.1. Оцінка потенційно небезпечних, небезпечних та шкідливих виробничих чинників, що виникають під час роботи

Одним із ключових аспектів забезпечення безпеки на робочому місці є виявлення потенційних виробничих факторів, які можуть становити ризик для працівників. Ці фактори можна розділити на фізичні, хімічні та біологічні. Фізичні фактори охоплюють такі елементи, як рівень шуму, екстремальні температури та ергономічні умови. Наприклад, тривалий вплив високого рівня шуму може призвести до втрати слуху, тоді як робота за екстремальних температур може призвести до теплового стресу або переохолодження. Хімічні фактори включають вплив небезпечних речовин і токсинів, які можуть мати негайний або віддалений вплив на здоров'я працівників.

Законодавчо виконавці робіт і будівельні майстри, а також головні інженери та інженери з охорони праці відповідають за безпеку робіт. Планування та виконання заходів з охорони праці та протипожежної безпеки є обов'язком керівників будівництва.

Одними з найважливіших завдань є покращення організації виробництва, створення безпечних умов праці на будівельному майданчику та забезпечення належного санітарно-побутового середовища. Успішне вирішення цих проблем має вирішальне значення для подальшого підвищення продуктивності праці в будівництві.

Важливим елементом є проведення регулярного навчання та інструктажів для працівників, що включають первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі з охорони праці. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), такими як каски, захисні окуляри, рукавиці та спецодяг, також є обов'язковою вимогою. Ці заходи спрямовані на підвищення обізнаності працівників щодо безпечних методів роботи та мінімізації ризиків травматизму на будівельних майданчиках.

Небезпечні та шкідливі фактори, що діють на людину показані в табл.8.1.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						95
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	Джерела виникнення факторів (види робіт)	Кількісна оцінка (допустимий параметр, чинний норматив)	Нормативні документи
1	2	3	4
Метрологічні умови виробничого середовища	Монтаж конструкцій та експлуатація систем	t= 20-22 °C φ = 60-40% V=0,2-0,4 м/с	ДСН 3.3.6.042-99
Освітлення на робочих місцях	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	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

					Атестаційна випускна робота	Арк
						96
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл.8.1			
Шкідливі речовини	Зварювальні – ацетен; Опоряджувальні - ацетон	ГДК 300 мг/м ³ ГДК 300 мг/м ³	Наказ МОЗ України №1596 від 14.07.2020
Ураження електричним струмом	Електромонтажні, Зварювальні, Освітлення Машини і механізми	220 В 380 В 220 В 220 В, 380 В	ДСТУ Б В.2.5-82:2016
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

8.2. Заходи профілактики

8.2.1. Основні вимоги до безпеки

Організація і виконання будівельно-монтажних робіт повинні відповідати вимогам [18]:

- законодавства України про охорону праці (далі - законодавство);
- природоохоронного законодавства;
- нормативно-правових актів, що містять вимоги з охорони праці;
- державних стандартів системи стандартів безпеки праці (ССБП);
- державних будівельних норм (ДБН);
- правил безпечного зведення та безпечної експлуатації будинків і

					Атестаційна випускна робота	Арк
						97
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

споруд;

- галузевих правил і типових інструкцій з охорони праці, що затверджені у визначеному порядку;
- гігієнічних нормативів, санітарних правил і норм, затверджених Міністерством охорони здоров'я України.

Загальні вимоги безпеки на будівництві спрямовані на забезпечення захисту життя і здоров'я працівників, а також на попередження аварій і нещасних випадків. Основні вимоги включають:

1. Організація робіт:

- роботи мають виконуватися згідно з проектною документацією, яка включає заходи безпеки.
- всі працівники повинні бути ознайомлені з інструкціями з охорони праці і безпеки.
- встановлення та дотримання графіку робіт з урахуванням норм безпеки.

2. Інструктаж і навчання:

- обов'язковий вступний інструктаж для всіх працівників.
- проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажу.
- навчання працівників безпечним методам виконання робіт та надання першої допомоги.

3. Індивідуальні засоби захисту:

- забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального захисту (каски, рукавички, захисні окуляри, спецодяг, взуття).
- контроль за використанням засобів індивідуального захисту.

4. Будівельні конструкції та обладнання:

- використання справних та перевірених будівельних конструкцій, механізмів і інструментів.
- проведення регулярних технічних оглядів і обслуговування

					Атестаційна випускна робота	Арк
						98
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання.

5. Роботи на висоті:

- використання надійних лісів, підмостків і драбин.
- забезпечення працівників страхувальними системами при роботі на висоті.
- обмеження доступу на небезпечні зони для сторонніх осіб.

6. Електробезпека:

- використання ізольованих інструментів і кабелів.
- проведення робіт з електрообладнанням тільки кваліфікованим персоналом.
- заборона використання пошкодженого електрообладнання.

7. Протипожежна безпека:

- наявність первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників, пісочниць, водяних гідрантів).
- заборона куріння та використання відкритого вогню у небезпечних зонах.
- проведення інструктажів з протипожежної безпеки.

8. Вентиляція та освітлення:

- забезпечення адекватного освітлення робочих зон.
- організація ефективної вентиляції, особливо при виконанні робіт, що супроводжуються виділенням шкідливих речовин.

9. Медичне обслуговування:

- наявність аптечок першої допомоги на будівельному майданчику.
- організація регулярних медичних оглядів працівників.
- навчання працівників наданню першої допомоги.

10. Контроль і нагляд:

- регулярний контроль за дотриманням вимог безпеки з боку відповідальних осіб.
- ведення журналів обліку інструктажів, оглядів та перевірок.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						99
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Дотримання цих вимог дозволяє мінімізувати ризики на будівельному майданчику і забезпечити безпечні умови праці.

8.2.2. Заходи профілактики потенційно-небезпечних і шкідливих факторів

При організації будівельного майданчику передбачено такі вимоги:

- для захисту будівельного майданчика необхідно встановити захисні огорожі, які прилягають до місць проходу людей за межами будівельного майданчика. Ці огорожі повинні мати висоту не менше 2,0 м і мати суцільний захисний козирок із несучою здатністю витримувати навантаження від снігу та падіння дрібних предметів. Огорожа не повинна мати прорізів, за винятком воріт і хвірток, які знаходяться під охороною під час робочого часу, та будуть зачинені після закінчення робіт;

- робочі місця і проходи до них, розташовані на висоті більше ніж 1,3 м і на відстані менше ніж 2,0 м від межі перепаду по висоті, мають бути огорожені захисними огорожами, конструкції яких визначаються в ПВР;

- для проходів на робочі місця та до робочих місць необхідно виконати наступні вимоги:

- ширина окремих проходів до робочих місць повинна бути не менше ніж 0,6 м, а висота просів між ними не менше ніж 1,8 м;
- драбини або скоби, призначені для піднімання або спуску працівників на робочі місця на висоті (глибині) більше ніж 5 м, повинні бути обладнані пристроєм для закріплення запобіжного поясу, а також мати дугову огорожу;
- увечері необхідно освітлювати проїзди, проходи, складські майданчики та робочі місця, щоб забезпечити безпеку роботи.

Заборонено працювати в неосвітлених місцях.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						100
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8.2.3 Упорядкування будівельного майданчика

Будівельні машини (механізми, засоби малої механізації), включаючи технічне обслуговування, повинні працювати відповідно до вимог ДБН А.3.1-5-09 та інструкцій заводів-виробників. Технічне обслуговування машини слід проводити лише після зупинки двигуна та скидання тиску в гідравлічній і пневматичній системах, за винятком випадків, зазначених в інструкціях виробника.

Схема руху автотранспорту повинна бути встановлена біля входу на будівельний майданчик. Транспортні засоби та пішоходи повинні проходити на об'єкт будівництва та виходити з нього через спеціальні проходи та проїзди, призначені як для транспортних засобів, так і для пішоходів. Тимчасові автомобільні шляхи повинні мати пішохідні переходи з відповідними знаками, щоб забезпечити доступ до основних робочих зон.

Дотримуйтеся інструкцій заводів-виробників щодо безпечної експлуатації ручних машин, при їх використанні.

8.2.4. Падіння людей на об'єкті

Падіння людей з висоти є однією з найбільш серйозних небезпек на будівельних майданчиках, яка може призвести до тяжких травм або навіть смерті. Для запобігання таким інцидентам необхідно дотримуватися строгих вимог до безпеки та захисту працюючих.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) є критично важливим. Каски, страхувальні системи, прив'язі та запобіжні пояси повинні бути наявними у кожного працівника, що виконує роботи на висоті. Всі засоби індивідуального захисту повинні бути справні, регулярно перевірятися і відповідати встановленим стандартам.

Для запобігання падінням необхідно встановлювати огороження, поручні та бар'єри на краях будівельних конструкцій. Тимчасові загородження слід використовувати в небезпечних зонах, щоб обмежити доступ сторонніх

					Атестаційна випускна робота	Арк
						101
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

осіб і забезпечити додатковий рівень захисту для працівників.

Використання надійних і сертифікованих лісів та підмостків є обов'язковим при виконанні робіт на висоті. Ці конструкції повинні регулярно перевірятися і обслуговуватися, щоб гарантувати їх безпечність. Мобільні підйомні платформи також повинні відповідати всім вимогам безпеки, а персонал, який їх використовує, повинен бути навченим правилам експлуатації.

Монтажні майданчики, навісні драбини та інші засоби, необхідні для роботи монтажників на висоті, встановлюють і закріплюють на конструкціях перед їх підйомом. Під час монтажу конструкцій та виконання зварювальних робіт використовують монтажні каркаси. Підмостки обладнані огороженням висотою 0,9 м. Під час покрівельних робіт робітники застосовують запобіжні пояси та індивідуальні засоби захисту, при цьому огороження повинні бути висотою 1,5 м.

8.2.5. Обвалення конструкцій

На будівельних майданчиках найбільш серйозними небезпеками є пошкодження конструкцій і падіння інших предметів, що може призвести до серйозних травм або навіть смерті. Обвали та падіння можуть статися через різні фактори, такі як неправильний монтаж, недбале поводження з матеріалами або порушення техніки безпеки. Ці інциденти не лише можуть завдати значної матеріальної шкоди та вплинути на терміни завершення будівельних проектів, а також поставити під загрозу життя та здоров'я працівників.

Обвалення конструкцій на будівельних майданчиках може статися через порушення правил будівництва або використання неякісних матеріалів. Важливо дотримуватися правил і стандартів, а також регулярно проводити перевірки якості. На всіх етапах будівництва спеціалісти повинні керувати процесом монтажу та гарантувати, що конструкції мають достатню підтримку

					Атестаційна випускна робота	Арк
						102
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

та стабільність. Щоб будівельні матеріали не падали з висоти, їх також потрібно правильно зберігати та транспортувати.

Людський фактор також є важливою причиною падіння продуктів. Працівники повинні мати відповідні навички для роботи на будівельному майданчику та бути добре ознайомлені з правилами безпеки. Використання індивідуальних засобів захисту, таких як каски, захисні окуляри та взуття, є необхідним. Крім того, важливо забезпечити правильну організацію робочих місць і правильне встановлення огорожень і захисних сіток, щоб зменшити ризик падіння предметів на працівників працюючих нижче.

Розробка та впровадження ефективних заходів безпеки необхідні для зменшення ризиків обвалення конструкцій і падіння предметів. Це включає постійні інструктажі з техніки безпеки, використання новітніх технологій і обладнання, а також постійний моніторинг і оцінку потенційних ризиків. Запровадження систем раннього виявлення небезпек і швидкої реакції на інциденти допоможе створити безпечне робоче середовище та збереже життя та здоров'я працівників на будівельних майданчиках.

8.2.6. Запобіжні заходи для уникнення ураження електричним струмом

Людина може бути уражена електричним струмом в наступних ситуаціях:

- двофазний дотик: коли вона одночасно торкається двох фазних дротів мережі змінного струму.
- однофазний дотик: коли вона торкається одного фазного дроту мережі змінного струму;
- наближення до неізольованих струмоведучих частин з напругою понад 1000 В: це може статися, наприклад, якщо людина підходить на небезпечно близьку відстань до ліній електропередачі або електричних підстанцій;
- дотик до корпусу електрообладнання, що знаходиться під напругою: якщо корпус електрообладнання не заземлений або відбувається перевиток

					Атестаційна випускна робота	Арк
						103
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

струму, то він може стати джерелом електричного ураження;

- потрапляння під крокову напругу в зоні розтікання струму: це може трапитися, наприклад, при контакті з вологою поверхнею або ґрунтом, де розподіл струму може бути нерівномірним;

- перебування в зоні дії атмосферної або статичної електрики: електричні розряди можуть виникати внаслідок блискавки або статичної електрики;

- вхід в зону дії електромагнітного поля: деякі установки або пристрої можуть генерувати електромагнітне поле, яке може впливати на людину, яка перебуває в його зоні дії.

Перед початком будь-яких робіт необхідно якнайшвидше заземлювати металеві будівельні риштування, огорожі на місцях робіт, полиці та лотки для кабелів і проводів, рейкові колії кранів, транспортні засоби з електричним приводом, а також корпуси устаткування з електроприводом відповідно до встановлених Правил улаштування електроустановок.

Розподільчі щити на монтажних ділянках дозволяють керувати всім обладнанням. Зварювальні дроти прокладаються та переміщуються таким чином, щоб запобігти пошкодженню їх ізоляції та уникнути контакту з водою, маслом і металевими канатами. Відстань не менше 0,5 м від зварювальних дротів до гарячих трубопроводів і балонів з киснем, а також 1,0 м до гарячих газів. Зварювальний трансформатор заземлюється за стандартною формулою $L_{50 \times 50} = 2500$ мм. Лінії електропередачі знаходяться на висоті 6 м над дорогою, 3,5 м над проходами та 2,5 м над робочими місцями.

Струмовідні частини електроустановок повинні бути захищені від випадкового дотику, наприклад, ізольовані або огорожені.

Основними засобами захисту електроустановок є гумові діелектричні рукавиці, струмошукачі, інструменти з ізольованими рукоятками та ізолюючі штанги та клещі, які використовуються в електроустановках з напругою понад 1000 В.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						104
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8.2.7. Шкідливі гази

На будівельних майданчиках виділення шкідливих газів є значною проблемою, яка може мати негативний вплив як на здоров'я працівників, так і на довкілля. Під час будівництва використовуються різні матеріали та технології, які створюють токсичні гази. Наприклад, під час зварювання, різання металу або використання важкої техніки в повітря можуть виділятися оксиди азоту, вуглекислий газ, окис вуглецю та інші шкідливі речовини. Використання лакофарбових матеріалів, клеїв та інших хімічних речовин також спричиняє викид летких органічних сполук, які небезпечні при вдиханні та можуть спричинити подразнення дихальних шляхів, алергічні реакції та інші шкідливі наслідки для здоров'я.

Зменшення ризику виділення шкідливих газів на будівельних майданчиках вимагає впровадження ефективних заходів безпеки. Це включає використання засобів індивідуального захисту, таких як респіратори та захисні маски, забезпечення достатньої вентиляції на робочих місцях, регулярний контроль якості повітря та використання менш токсичних матеріалів. Важливо також проводити навчання працівників щодо правильного поводження з небезпечними речовинами та дотримання правил безпеки на робочому місці.

8.2.8. Шум

Небажаний звук, який складається з кількох звуків різної частоти та інтенсивності, називається шумом. Для боротьби з шумом технологічні заходи включають використання механізмів і машин з мінімальним динамічним навантаженням. Значення допустимих рівнів шуму, звукоізоляції огорожень та лункості приміщень встановлюється у відповідності до функціонального призначення приміщення [22].

Існує кілька способів захисту працівників, які працюють у приміщеннях з шумним обладнанням. Серед них: звукоізоляція приміщень поруч із шумною виробничою ділянкою; облаштування кабін для нагляду та дистанційного

					Атестаційна випускна робота	Арк
						105
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

управління; використання акустичних екранів і кожухів; використання матеріалів, які поглинають звук, або використання штучних поглиначів звуку.

У деяких випадках можна додати додаткові засоби захисту від шуму, такі як різні навушники, вкладиші та шоломи. Необхідно також регулярно оцінювати рівень шуму на робочих місцях за допомогою пристроїв, таких як шумоміри. Це дозволяє своєчасно виявляти перевищення допустимих норм та вживати відповідних заходів для зниження рівня шуму. Крім того, планування робочого часу та контроль того, скільки часу працівники проводять у шумних зонах, можуть значно зменшити негативний вплив шуму на здоров'я.

Для забезпечення нормативного рівня шуму в приміщеннях і на прилеглий території передбачені такі заходи:

- встановлення шумоглушників на системах вентиляції;
- використання гнучких вставок;
- еластичні з'єднання трубопроводів до циркуляційних насосів;
- встановлення в підлозі венткамери теплозвукоізолюючий шар;
- дотримання нормативних швидкостей руху повітря та води.

8.2.9. Освітлення на робочих місцях

Освітленість робочого місця має вирішальне значення для забезпечення безпеки та комфорту працівників, що впливає на їхню продуктивність і здоров'я. Адекватне освітлення сприяє кращій концентрації уваги, зменшує ризик травми та втоми очей.

Розподілене світло рівномірно по всій робочій площі, запобігає втомі очей і зниженню продуктивності.

У місцях, де здійснюється монтаж систем опалення та вентиляції, передбачено забезпечити рівномірне освітлення. Рівень освітленості при цьому повинен бути не менше 30 люкс.

використання ламп (люмінесцентних, світлодіодних тощо) для отримання достатньої кількості світла протягом дня. Лампи повинні бути розташовані

					Атестаційна випускна робота	Арк
						106
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

таким чином, щоб вони не створювали тіней і відблисків, які можуть заважати роботі.

Освітлення робочих місць за допомогою прожекторів, настільних ламп і світильників з регульованим кутом нахилу. Це дозволяє безпосередньо спрямовувати світло на робочу поверхню, що особливо важливо для точних і складних робіт [24].

8.2.10. Пожежна безпека

Пожежна безпека - це такий стан об'єкта, який виключає можливість виникнення пожежі із заданою ймовірністю і забезпечує умови для виявлення, обмеження поширення та захисту людей і матеріальних цінностей у разі виникнення пожежі.

Причиною виникнення пожежі може бути спалювання електроізоляції кабелю при короткому замиканні або порушення обслуговуючим персоналом правил пожежної безпеки (користування відкритим вогнем, паління в недоступних місцях).

Технічні рішення запобігання пожежі [20, 21]:

- автоматичні системи пожежогасіння: встановлення автоматичних системи пожежогасіння, таких як спринклери, газові або порошкові, щоб швидко та ефективно гасити пожежі;
- системи виявлення пожеж: для швидкого виявлення пожеж необхідно встановити датчики диму, тепла та комбінованого типу. Автоматичні системи виявлення пожеж можуть працювати разом з системами оповіщення та гасіння пожеж;
- пожежостійкі конструкції та матеріали: будівництво та обробка приміщень за допомогою пожежостійких матеріалів зменшує поширення вогню та диму;
- система вентиляції та димовидалення: для забезпечення видимості та зменшення токсичності в приміщеннях під час пожежі необхідно

					Атестаційна випускна робота	Арк
						107
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

проекувати системи вентиляції, які дозволяють видаляти дим і продукти горіння;

– ефективне заземлення: забезпечення надійного заземлення всіх електричних пристроїв та конструкцій для зменшення ризику займання через електричні проблеми;

– ізоляція електричних кабелів: використання високоякісної ізоляції та правильної прокладки електричних кабелів, щоб уникнути перегріву та короткого замикання;

– регулярне технічне обслуговування обладнання: регулярне технічне обслуговування та перевірка обладнання, щоб запобігти несправностям, які можуть призвести до пожежі;

– евакуаційні шляхи та виходи: проектування будівель з достатньою кількістю евакуаційних шляхів та виходів, забезпечення їх вільного доступу та належного маркування для швидкої евакуації у разі пожежі.

Протипожежна безпека у системах вентиляції та кондиціонування повітря:

– у разі виникнення пожежі автоматично вимикаються системи вентиляції з механічним спонуканням;

– у місцях перетину повітроводами протипожежних перешкод між венткамерами, тамбурами та коридорами встановлені протипожежні клапани з автоматичним, дистанційним та ручним керуванням;

– транзитні відрізки повітроводів покрити вогнезахисним покриттям "Фіброгейн".

– при перетині стін та перекриттів всі трубопроводи прокласти в гільзах з вогнетривким ущільнювачем.

Після закінчення монтажу систем вентиляції нещільності в місцях проходу інженерних комунікацій крізь будівельні конструкції заповнити матеріалом, що забезпечує нормовану межу вогнестійкості огорожувальних конструкцій.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						108
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Інформування працівників про протипожежні заходи є важливою частиною забезпечення безпеки на робочому місці, оскільки це допомагає їм бути готовими до дій у разі виникнення пожежі.

8.2.11. Параметри мікроклімату

Мікроклімат виробничих приміщень — це стан внутрішнього середовища, який впливає на тепловий обмін працівників з оточенням через конвекцію, кондукцію, теплове випромінювання та випаровування вологи. Поєднання температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури поверхонь навколо людини та інтенсивності теплового (інфрачервоного) опромінення визначає ці умови [23].

Мікроклімат у приміщеннях, де проводяться монтажні роботи, має велике значення для забезпечення того, щоб працівники працювали комфортно та безпечно. Якщо створити ідеальний мікроклімат, це не лише збережеться здоров'я працівників, але й підвищить продуктивність і безпеку.

Під час монтажних робіт температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря та інші параметри є важливими для мікроклімату приміщень.

По-перше, температура повітря повинна бути комфортною для працівників. Перегрів або переохолодження можуть впливати на концентрацію та продуктивність працівників, тому важливо підтримувати правильну температуру.

Друге, відносно висока вологість повітря також є важливою. Низька вологість може спричинити пересихання слизових оболонок і шкіри, тоді як висока вологість може викликати дискомфорт і ускладнити теплообмін.

Крім того, швидкість руху повітря повинна бути достатньою для забезпечення свіжого повітря, але не занадто високою, щоб викликати дискомфорт.

Для досягнення найкращих умов праці під час монтажних робіт важливо

					Атестаційна випускна робота	Арк
						109
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

враховувати особливості робочого процесу та використовувати відповідне обладнання для регулювання мікроклімату.

Збалансований мікроклімат у приміщеннях, де виконуються монтажні роботи, є важливим для забезпечення безпеки, комфорту та ефективності працівників. Покращення якості виконаної роботи, загальна продуктивність на будівельному об'єкті та ризик нещасних випадків знижуються завдяки врахуванню цих елементів.

					Атестаційна випускна робота	Арк
						110
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 9
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

					Атестаційна випускна робота	Арк
						111
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

9.1. Загальні відомості про енергозбереження

Енергозбереження — це комплекс заходів та практик, спрямованих на зменшення споживання енергії без зниження якості життя та продуктивності. Основна мета енергозбереження — підвищити ефективність використання енергетичних ресурсів, що дозволяє знизити витрати на енергію, зменшити викиди парникових газів і зберегти природні ресурси. Енергозбереження охоплює як технологічні інновації, так і зміну поведінки споживачів.

Одним із ключових аспектів енергозбереження є впровадження енергоефективних технологій. Це можуть бути сучасні прилади і системи, які використовують менше енергії для виконання тих самих функцій. Наприклад, заміна звичайних ламп розжарювання на світлодіодні, встановлення енергоефективних вікон та утеплення будівель, а також використання інтелектуальних систем керування енергоспоживанням. Ці заходи не лише знижують споживання енергії, але й часто ведуть до зменшення експлуатаційних витрат.

Енергозбереження також включає освітні та інформаційні заходи, спрямовані на підвищення свідомості населення щодо раціонального використання енергетичних ресурсів. Важливу роль відіграють державні програми та політики, що стимулюють впровадження енергоефективних практик через субсидії, пільги та нормативні акти. Такі програми можуть включати підтримку відновлюваних джерел енергії, розвиток інфраструктури для енергоефективного транспорту та проведення кампаній з популяризації енергозбереження серед громадян і бізнесу.

9.2. Рекомендовані заходи з енергозбереження

Для збільшення економічного ефекту від впровадження запроектованої системи комерційного обліку споживаної теплової енергії та збільшення економії енергоресурсів рекомендується проведення наступних організаційно - технічних заходів з енергозбереження.

1. Утеплення:

					Атестаційна випускна робота	Арк
						112
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- усунення інфільтрації зовнішнього повітря через щілини огорожуючих конструкцій та нещільності причинів дверей та вікон за допомогою різного роду замазок та стрічкових ущільнювачів;
 - утеплення огорожуючих конструкцій споруди: зовнішніх поверхонь стін, підвалів, горищ;
 - ізолювання підвідних трубопроводів системи опалення;
 - встановлення додаткових входних дверей (створення “тамбура”), при цьому існуючі двері повинні бути оснащені пристроями їх автоматичного закривання;
 - додаткове засклення вікон (встановлення склопакетів: одно- та двокамерних), або встановлення металопластикових віконних рам з низьким коефіцієнтом теплопередачі.
2. Щорічна чистка та наладка системи опалення (усунення так званого “розрегулювання”).
 3. Обладнання системою автоматичного регулювання системи опалення споруди, яка дозволяє регулювати потужність теплоспоживання системи опалення у двох режимах: “комфортному” та “економічному” (так зване “програмне регулювання”).

Установка радіальних терморегуляторів, підтримуючих задану температуру в приміщенні, на кожному опалювальному приладі.

Щорічне чищення теплообмінників.

Проведення інформаційно-роз'яснювальної роботи з персоналом, вивішування інструкцій, плакатів

					Атестаційна випускна робота	Арк
						113
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.5-67: 2013 р. «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010р. «Будівельна кліматологія».
3. ДСТУ Б В.2.6-189:2013р. «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель».
4. ДБН В.2.6-31:2021р. «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».
5. ДСТУ 8936:2019р. «Труби сталеві водогазопровідні. Технічні умови».
6. ДСТУ 8943:2019р. «Труби сталеві електрозварні. Технічні умови».
7. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення. Посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ. – Відень-Київ-Сімферополь: Vello-print (Болгарія), 2010. – 200 с.
8. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплова потужність систем водяного опалення» курсового та дипломного проектів з дисципліни опалення для студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Теплогазопостачання і вентиляція»./ Уклад.: О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Любарець. – К.: КНУБА, 2016. – 34с.
9. Методичні вказівки до виконання розділу «Гідрравлічний розрахунок систем водяного опалення» курсового проекту з дисципліни опалення для студентів напрямку підготовки 6.060101 «Будівництво» за професійним спрямуванням «Теплогазопостачання і вентиляція» / Уклад.: О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Мілейковський, В.О.Любарець. – К.: КНУБА, 2015. – 40с.
10. ДБН В.2.2-28:2010р. «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення».
11. ДБН В.2.5-28:2018р. «Природне і штучне освітлення».
12. «Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник»/ Уклад.: П.Л.Зінич - К.: КНУБА, 2002 р.

					Атестаційна бакалаврська робота	Лист
						114
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- 13.«Розрахунок надходження шкідливостей до приміщень житлових та громадських будівель» / уклад.: Москвітіна А.С., Шишина М.О., Пефтева І.О. – Київ: КНУБА, 2023. – 60 с.
- 14.«Кондиціонування повітря», Пеклов А.А. , Степанова Т.А., Київ, 1978 р. – 326 с.
- 15.Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. «Трубопроводи внутрішні (Збірник 16)».
- 16.Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. «Опалення - внутрішнє обладнання (Збірник 18) ».
- 17.Методичні рекомендації до виконання курсового проекту «Організація будівництва і монтажу систем теплогазопостачання і вентиляції» для студентів спеціальності 7.0921.08 / уклад. М.В. Степанов. – К.: КНУБА, 2005. – 48 с.
- 18.ДБН А.3.2-2-2009р. «Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення».
- 19.ДБН А.3.1-5:2016р. «Організація будівельного виробництва».
- 20.ДБН В.1.1-7:2016р. «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».
- 21.ДБН В.1.2-7:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека».
- 22.ДБН В.1.2-10:2021р. «Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму та вібрації».
- 23.ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
- 24.ДСТУ Б А.3.2-15:2011р. «Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків».

					Атестаційна бакалаврська робота	Лист
						115
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження додатку А

305	20	18	ЗС	Пн	5,5	3,6	19,8	0,25	1,10						5,45		505	10	3	136	-200	305	441	
			В	Пн	1,4	2,1	2,94	1,111	1,10						3,59									
			В	Пн	1,4	2,1	2,94	1,111	1,10						3,59									
401	215	20	ЗС	Пд	18	3,6	64,08	0,25	1,15						18,42		5994	56	19	377	-2150	3844	4222	
			БД	Пд	1,4	3,3	4,62	1,111	1,15						5,90									
			БД	Пд	1,4	3,3	4,62	1,111	1,15						5,90									
			В	Пд	1,4	2,06	2,88	1,111	1,15						3,69									
			В	Пд	1,4	2,06	2,88	1,111	1,15						3,69									
			БД	Пд	1,4	3,3	4,62	1,111	1,15						5,90									
			ЗС	Сх	12	3,6	43,20	0,25	1,10							11,88								
			В	Сх	1,4	2,06	2,88	1,111	1,10							3,52								
			В	Сх	1,4	2,06	2,88	1,111	1,10							3,52								
			ЗС	ПнСх	11	3,6	39,60	0,25	1,10							10,89								
			В	ПнСх	1,4	20,6	28,84	1,111	1,10							35,25								
			БД	ПнСх	1,4	3,3	4,62	1,111	1,10							5,65								
			В	ПнСх	1,4	2,06	2,88	1,111	1,10							3,52								
			ЗС	Пн	5,5	3,6	19,80	0,25	1,10							5,45								
			В	Пн	1,5	2,06	3,09	1,111	1,10							3,78								
			В	Пн	1,5	2,06	3,09	1,111	1,10							3,78								
			В	Пн	0,4	2,06	0,82	1,111	1,10							1,01								
СТ	-	14	15	215	0,143						0,3571			10,97										
405	20	18	ЗС	Пн	5,5	3,6	19,8	0,25	1,10						5,45		944	10	3	136	-200	744	880	
			В	Пн	1,4	2,1	2,94	1,111	1,10						3,59									
			В	Пн	1,4	2,1	2,94	1,111	1,10						3,59									
			СТ	-	14	15	215	0,143					0,3571			10,97								

Гідралічний розрахунок магістральних трубопроводів системи опалення

Номер розрахункової ділянки	Теплове навантаження ділянки	Коефіцієнт проходу теплово та гідраліческого потоків	Витрата води на ділянці	Довжина ділянки	Діаметр трубопроводу	Приведений коефіцієнт тертя	Питома витрата води	Питомий динамічний тиск	Швидкість води на ділянці	Сумма коефіцієнтів місцевих опорів	Приведений коефіцієнт місцевих опорів	Характеристика опору ділянки	Втрати тиску на ділянці	Загальні втрати тиску
№ діл.	$Q_{діль}$, Вт	ϕ	G, кг/год	l, м	d, мм	$\lambda/d, м^{-1}$	$G/v, (кг/год) / (м/с)$	$A \cdot 10^{-4}, Па / (кг/год)^2$	V, м/с	$\Sigma \xi$	$\xi_{пр}$	S, Па / $(кг/год)^2$	$\Delta P_{діль}$, Па	$\Sigma \Delta P$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ІТП-1	30466	1,0000	1048	9,6	50	0,54	7810	0,0000081	0,134	1,5	6,684	0,000054	59	59
ІТП"-1"	30466	1,0000	1048	10,5	50	0,54	7810	0,0000081	0,134	1,5	7,17	0,000058	64	123
1-2	19706	0,6468	678	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,087	1	2,62	0,000021	10	133
1"-2"	19706	0,6468	678	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,087	1	2,62	0,000021	10	143
2-3	10224	0,3356	352	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,045	1	2,62	0,000021	3	145
2"-3"	10224	0,3356	352	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,045	1	2,62	0,000021	3	148
3-4	5562	0,1826	191	4,00	40	0,75	4670	0,0000225	0,041	3,5	6,5	0,000146	5	153
3"-4"	5562	0,1826	191	4,00	40	0,75	4670	0,0000225	0,041	4	7	0,000158	6	159

Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції

Номер ділянки		Витрата повітря на ділянку $L_{д\text{дл}}$, м ³ /год		Довжина ділянки $L_{д\text{дл}}$, м		Розрахункова швидкість в перерізі v_p , м/с		Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу f_p , м ²		Розміри поперечного перерізу повітропроводу ВхН для прямокутного повітропроводу або d для круглого, мм		Еквівалентний діаметр d_e , мм		Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу f_d , м ²		Дійсна швидкість в перерізі v_d , м/с		Число Рейнольдса $Re=(v \cdot d_e)/\nu$		Коефіцієнт гідравлічного тертя $\lambda=0,11 \cdot ((k_e/d_e) + (68/Re))^{0,25}$		Коефіцієнт шорсткості $\beta_{ш}$		Коефіцієнт K_1		Динамічний тиск на ділянку P_d		Втрати тиску на тертя $P_t = (\lambda/d_e) \cdot l \cdot \beta_{ш} \cdot K_1 \cdot P_d$		Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянку $\Sigma \xi_{д\text{дл}}$		Коефіцієнт K_2		Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z = \Sigma \xi_{д\text{дл}} \cdot P_d \cdot K_2$		Загальні втрати тиску на ділянку, $\Delta P_{д\text{дл}} = P_{тер} + P_z$, Па		Сумарні втрати тиску на ділянку від початку мережі, Па		Нев'язка		Необхідний коефіцієнт місцевого опору дросельована $\xi_{д\text{дл}}$		Значення кута відкриття дросель-клапану	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23																							
Головне приміщення (приплив)																																													
1	2	125	2,1	4	0,01		160	0,0201	1,73	1771,8	0,05	1	1	1,79	1,25	0,29	1	9,52	10,77	10,77	-	-																							
2	3	250	3,0	4,5	0,02		200	0,0314	2,21	2835,4	0,05	1	1	2,93	2,22	0,29	1	9,85	12,07	22,84	-	-																							
3	4	375	7,8	5	0,02	200x200		0,0400	2,60	667735	0,01	1	1	4,07	0,01	0,61	1	11,48	11,49	34,33	-	-																							
4	5	500	13,7	5,5	0,03	300x200		0,0600	2,31	890313	0,01	1	1	3,22	0,01	0,82	1	11,64	11,64	45,97	-	-																							
5	6	625	13,8	6	0,03	300x200		0,0600	2,89	998654	0,01	1	1	5,02	0,01	1,24	1	15,23	15,24	61,21	-	-																							
Відгалудження																																													
7	5	125	2,4	4	0,01		160	0,0201	1,73	1771,8	0,05	1	1	1,79	1,43	0,35	1	9,63	11,05	11,05	81,94	6,17	23,4																						

Аеродинамічний розрахунок системи кондиціонування К1.4

Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці $L_{дл}$, м ³ /год	Довжина ділянки $L_{длр}$, м	Розрахункова швидкість в перерізі v_p , м/с	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу f_p , м ²	Розміри поперечного перерізу повітропроводу ВхН для прямокутного повітропроводу або d для круглого, мм	Еквівалентний діаметр d_e , мм	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу f_d , м ²	Дійсна швидкість в перерізі $v_{др}$, м/с	Число Рейнольдса $Re=(v \cdot d_e)/\nu$	Коефіцієнт гідравлічного тертя $\lambda=0,11 \cdot ((k_e/d_e) + (68/Re))^{0,25}$	Коефіцієнт шорсткості $\beta_{ш}$	Коефіцієнт K_1	Динамічний тиск на ділянці P_d	Втрати тиску на тертя $P_T = (\lambda/d_e) \cdot l \cdot \beta_{ш} \cdot k_1 \cdot P_d$	Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці $\Sigma \zeta_{длн}$	Коефіцієнт K_2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z = \Sigma \zeta_{длн} \cdot P_d \cdot K_2$	Загальні втрати тиску на ділянці, $\Delta P_{длн} = P_{тер} + P_z$, Па	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору дросель-клапана $\zeta_{дк}$	Значення кута відкриття дросель-клапану	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Головне приміщення (приплив)																							
1	2	250	2,1	4	0,02		160	0,0201	3,45	3543,54	0,048	1	1	7,16	4,48	0,29	1	11,08	15,56	15,56	-	-	
2	3	500	3,0	4,5	0,03	200x200		0,0400	3,47	890313	0,01	1	1	7,23	0,01	0,41	1	11,97	11,97	27,53	-	-	
3	4	750	3,0	5	0,04	300x200		0,0600	3,47	1335470	0,009	1	1	7,23	0,003	0,41	1	11,97	11,97	39,50	-	-	
4	5	1000	1,8	5,5	0,05	400x200		0,0800	3,47	1780627	0,009	1	1	7,23	0,001	0,29	1	11,10	11,10	50,60	-	-	
5	6	1250	7,9	6	0,06	500x200		0,1000	3,47	2225783	0,008	1	1	7,23	0,005	0,98	1	16,09	16,09	66,69	-	-	
6	7	1770	3,6	6	0,08	600x250		0,1500	3,28	3151709	0,007	1	1	6,45	0,001	0,3	1	10,93	10,94	77,62	-	-	
Відгалуження																							
8	9	260	3,0	4	0,02		160	0,0201	3,59	3685,28	0,047	1	1	7,75	6,88	0,29	1	11,25	18,13	18,13	-	-	
9	10	390	1,0	4	0,03		200	0,0314	3,45	4423,21	0,048	1	1	7,14	1,70	0,41	1	11,93	13,63	13,63	-	-	
10	6	520	2,4	4	0,04	200x200		0,0400	3,61	925926	0,01	1	1	7,82	0,005	0,3	1	11,35	11,35	29,48	62,02	1,45	19,5

Комплектувальна відомість на виробу і деталі

№	Позначення	Найменування деталі	Розмір перетину, мм			Довжина, мм	Кількість	Центр. кут, гр.	Площа поверхні, м ²		Матеріал товщина, мм	Примітка
			круг	прямокут					один	заг		
			D	a	b							
1		Лінійний дифузор	-	1500	127	1500	4	90	0,42	1,68	0,5	Lindab
2		Дросель-клапан	160	-	-	200	6	90	0,08	0,48	0,5	Vents
3		Перехід	160	200	200	300	2	90	0,24	0,48	0,5	Ventservice
4		Муфта	-	200	200	140	14	90	0,11	1,54	0,5	Vents
4,1			160	-	-	140	20		0,07	1,40		
5		Трійник	160	200	200	172	4	90	0,11	0,44	0,5	Vents
5,1			160	-	-	190	2		0,15	0,30		
6		Відвід	-	200	200	238	3	90	0,19	0,57	0,5	Vents
7		Повітропровід	-	200	200	540	1	90	0,43	0,43	0,5	Vents
7,1			-	200	200	5692	1		4,56	4,56		
7,2			-	200	200	190	1		0,15	0,15		
7,3			-	200	200	620	2		0,50	1,00		
7,4			-	200	200	70	1		0,06	0,06		
7,5			160	-	-	2770	1		1,41	1,41		
7,6			160	-	-	620	2		0,31	0,62		
7,7			-	200	200	3720	1		2,98	2,98		
7,8			-	200	200	211	1		0,17	0,17		
7,9			-	200	200	120	1		0,10	0,10		
7,10	160	-	-	560	1	0,28	0,28					
8		Гнучкий повітровід	160	-	-	100	6	90	0,05	0,30	0,8	Vents
8,1			160	-	-	580	2		0,29	0,58		
9		Припливна установка	-	-	-	-	1	-	-	-	-	Toshiba