

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 та вентиляція 10-поверхового будинку з офісними
приміщеннями в м. Києві

(назва)

Залізко Світлани Юріївни

(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 та вентиляція 10-поверхового будинку з офісними
приміщеннями в м. Києві

_____ (назва)

Виконав: студент групи ТВс-21

Спеціальність: Будівництво та цивільна інженерія

ОПП: Теплогазопостачання і вентиляція

Залізко Світлана Юріївна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник: Ваколюк А.С.

(прізвище та ініціали)

к.е.н.

(вчене звання, науковий ступінь)

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

Освітньо-професійна програма: Теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

” ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

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

Залізко Світлани Юріївни

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи Опалення та вентиляція 10-поверхового будинку з офісними приміщеннями в м. Києві

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

2. Керівник роботи

Ваколюк А.С., к.е.н.

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту 24.06.2024 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Розділ 1. Вихідні дані до проектування.

Розділ 2. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій.

Розділ 3. Проектування системи опалення.

Розділ 4. Проектування системи вентиляції.

Розділ 5. Технології та організація монтажу інженерних систем і мереж.

Розділ 6. Охорона праці та навколишнього середовища.

5. Графічний матеріал за розділами:

Розділ 3. План типового поверху системи опалення. План підвалу системи опалення. Аксонометрична схема системи опалення.

Розділ 4. План 1-го поверху системи вентиляції. План підвалу системи вентиляції. Аксонометричні схеми систем вентиляції ПВ1, ПВ2, В3.

Розділ 5. Календарний план виконання робіт. Циклограма робіт. Монтажна схема системи В-3. Комплектувальна відомість системи В-3.

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	30.05.2024
Розділ 2.	04.06.2024
Розділ 3.	07.06.2024
Розділ 4.	10.06.2024
Розділ 5.	13.06.2024
Розділ 6.	15.06.2024
Остаточне оформлення роботи	17.06.2024
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	20.06.2024
Попередній захист роботи на кафедрі	24.06.2024

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		Дата	Підпис
Розділ 5.			
Розділ 6.			

8. Дата видачі завдання 25.05.2024 р.

Зав. кафедри _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ

Розділ 1. Вихідні дані до проектування

1.1. Характеристика об'єкту.

Розділ 2. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни.

2.2 Теплотехнічний розрахунок горищного перекриття.

2.3 Теплотехнічний розрахунок перекриття над неопалювальним підвалом.

2.4 Теплотехнічний розрахунок вікна.

2.5 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх дверей.

Розділ 3. Проектування системи опалення

3.1 Розрахунок тепловтрат житлового будинку.

3.2 Розрахунок теплової потужності системи опалення.

3.3 Обґрунтування вибору системи водяного опалення.

3.4 Розрахунок опалювальних приладів сходового та ліфтового холів.

3.5 Гідравлічний розрахунок системи водяного опалення.

3.6 Підбір циркуляційного насосу в системі опалення.

3.7 Вибір обладнання індивідуального теплового пункту.

3.8 Розрахунок та підбір опалювальних приладів.

3.9 Результати розрахунку опалювальних приладів.

Розділ 4. Проектування системи вентиляції

4.1 Розрахункові параметри внутрішнього та зовнішнього повітря.

4.2 Визначення тепловтрат розрахункового приміщення.

4.3 Розрахунок надходження та балансу шкідливостей.

4.4 Тепловий баланс в приміщенні.

4.5 Надходження вологи в приміщення.

4.6 Побудова процесів обробки повітря в І-Д діаграмі для системи вентиляції з охолодженням.

4.7 Розрахунок повітророзподільників.

4.8 Баланс повітря.

4.9 Аеродинамічний розрахунок.

Розділ 5. Технології та організація монтажу інженерних систем і мереж

5.1 Технології монтажу систем вентиляції.

5.2. Організація монтажу системи тепlopостачання.

Розділ 6. Охорона праці та навколишнього середовища

6.1 Загальні положення.

					Атестаційна випускна робота			
Зм.	Лист	№ доким	Підпис	Дат				
Розроб.	Залізко				Опалення та вентиляція 10-поверхового будинку з офісними приміщеннями в м. Києві	Стадія	Лист	Листів
Перев.	Ваколюк					Д	1	95

6.2 Аналіз потенційних небезпечних та шкідливих факторів, що виникають під час монтажних робіт.

6.3 Заходи профілактики виявлених факторів.

Список використаної літератури

						Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		2

Вступ

За створення та підтримання цілорічного комфортного мікроклімату в будинках відповідають декілька ключових систем, а саме: опалення, вентиляція та кондиціювання. Дисгармонія у роботі даних систем може призвести до зайвих витрат не лише на реалізацію проєкту, а й на експлуатацію обладнання протягом багатьох років.

Актуальним при новому будівництві та при реконструкції житлових будинків є облаштування вбудованих приміщень нежитлового призначення з метою поліпшення умов проживання та приведення експлуатаційних показників житлового будинку до рівня сучасних вимог. Можливі зміни архітектурно-планувальних рішень квартир за рахунок спорудження надбудованих та прибудованих приміщень до існуючої житлової будівлі, а також улаштування у перших поверхах замість квартир приміщень (вбудованих або вбудовано-прибудованих) громадського призначення. Планування офісних приміщень у житлових будинках дозволяє скоротити час передубування у транспорті, створювати закриті житлові комплекси, надавати послуги мешканцям житлових мікрорайонів.

Офісні приміщення бувають трьох типів: відкритого (система open space), кабінетно-коридорного і комбінованого. Найпоширенішими є офіси комбіновані, причому поєднання відкритого простору і окремих кабінетів в них може відрізнятися в одну і іншу сторону.

Офіс – це місце, де людина проводить весь робочий день або більший час, причому від нього вимагають результату праці. У задушливому офісі, де відсутній повітрообмін, якість повітря швидко погіршується, що призводить до зниження працездатності і поганого самопочуття. Відкриття вікон для провітрювання призводить до протягів. Наскільки небажані

										Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						3

останні в офісних приміщеннях, добре відомо по кількості простудних захворювань.

Створення системи вентиляції для коференц-залу, переговорної, виставкової або актової зали має свою особливість – вона працює не завжди, а періодично, при необхідності. Під час проведення заходів вона працюватиме з максимальною інтенсивністю. В інший час – продуктивність роботи буде знижена. Залежно від характеру приміщення вентиляція може працювати на мінімумі можливостей або зовсім бути вимкнена.

Механічна вентиляція офісів може бути реалізована на основі моноблочних або компактних місцевих вентиляційних пристроїв, у залежності від виконуваних ними функцій та їх продуктивності. При цьому, вентиляція з механічним спонуканням (припливна, витяжна, припливно-витяжна), повинна забезпечити санітарні норми, крім необхідної кількості зовнішнього повітря відносно вологість повітря і температуру влітку +22...+24 °С, а взимку +20...+22 °С. Для середніх і великих офісів (до і понад 100 метрів кв.) застосовується зазвичай така вентиляція. Примусова вентиляція повинна бути організована і для приміщень, в яких взагалі відсутні вентиляційні канали.

Припливно-витяжна вентиляційна система дозволяє контролювати повітряні потоки в приміщенні. В одну групу об'єднують системи вентиляції в коференц-залах, а також актових і виставкових. Але перший варіант має відмінності, так як установка працює тільки в тому випадку, якщо в приміщенні хтось знаходиться. Коли воно пустує, система зводить до мінімуму свою роботу. Функціонувати вентиляційна система в коференц-залах повинна безшумно. А повітрообмін здійснюється зверху вниз або зверху-вниз-вгору.

Розділ 1. Вихідні дані до проектування.

1.1 Характеристика об'єкту

Системи опалення та вентиляції житлового будинку розроблені на підставі завдання на проектування, архітектурно-будівельної частини та діючих нормативних документів:

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

ДБН В.2.2-15:2022 "Житлові будинки"

ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель".

Місце розташування: Україна, м. Київ.

Об'єкт - житловий будинок з вбудованими офісними приміщеннями на 1-му поверсі.

Географічна широта - 51°пн.ш

Джерело теплопостачання - тепла мережа.

Параметри теплоносія в системі опалення 85-65°C.

Параметри теплоносія в системі теплопостачання 130-65°C.

Розрахунковий перепад тиску на вводі теплової мережі - 170кПа.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря:

Місто	Середня температура за рік $t_{зовн,р\bar{}}$ °C	Зона вологості	Температура-ра найхолоднішої доби $t_{зовн,1}$ °C	Температура найхолоднішої п'ятиденки $t_{зовн,5}$ °C	Опалювальний сезон		Кількість градусо-днів $S_{o,cr}$ гр.-днів	Кліматична зона
					Середня температура $t_{o,cr}$ °C	Тривалість $Z_{o,cr}$ днів		
Київ	2,1	C	-27	-22	-0,3	176	2067	I

Система опалення:

Система опалення прийнята двотрубна з горизонтальним розведенням та попутнім рухом теплоносія. Розташування опалювальних приладів – вільно у стіни. Опалювальні прилади – сталеві панельні радіатори VONOVA (Vogel & Noot).

Регулювання теплоспоживання передбачається автоматичне – термостатами, встановленими перед кожним опалювальним приладом, головою в сторону приміщення. Видалення повітря із стояків та горизонтальних труб здійснюється автоматичними повітровипускними, встановленими у верхніх точках систем. Для відключення та спорожнення систем на всіх стояках та гілках передбачається запірна арматура та спускні крани.

Падаючі та зворотні магістралі прокладають з ухилом 0,003 у напрямках, вказаних на схемах.

Трубопроводи:

Системи опалення Ø 15 – Ø 50 мм монтуються із сталевих водогазопровідних труб, Ø > 50 мм зі сталевих електрозварних труб та металопластикових труб «Herz». Розподільчі магістралі та стояки ізолюються Thermaflex FRZ, трубопроводи, які прокладаються в конструкції підлоги, мають захисну трубу "пешель".

Вентиляція:

Система вентиляції – припливно-витяжна з механічним спонуканням.

Приплив повітря організований через повітророзподільники в верхню зону приміщення. Припливно-витяжна установка розташована у вентиляційному приміщенні на відм. –1800. Повітрозабірна решітка знаходиться на відм 2,0 ма від рівня землі.

										Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						6

Видалення повітря організоване через повітророзподільники та анемостати з верхньої зони приміщення. Для санвузлів передбачено окремі витяжні системи.

Повітропроводи застосовані із тонколистової сталі класу "П" товщиною 0,5-0,7 мм згідно з ДБН В.2.5-67:2013. Повітропроводи, які прокладаються в шахтах, теплоізолюються мінераловатними плитами ROCKWOOL (товщиною 30 мм).

						Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		7

Розділ 2. Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій.

При проектуванні, будівництві та експлуатації будівель захисні конструкції повинні мати якості, що забезпечують можливість підтримання необхідного мікроклімату в приміщеннях і температурно-вологісного режиму самих захисних шарів.

Для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 4 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$\begin{aligned} R\Sigma_{np} &\geq Rq_{\min}, \\ \Delta\theta_{int-si} &\leq \Delta\theta_{int-si,max}, \\ \theta_{tb,si,min} &> \Delta\theta_{si,min}, \end{aligned}$$

де $R\Sigma_{np}$ – приведений опір теплопередачі огороджувальної конструкції (для термічно однорідних огороджувальних конструкцій дорівнює опорі теплопередачі), $m^2 \cdot K/Wt$;

Rq_{\min} – мінімально допустиме значення опорі теплопередачі конструкції, $m^2 \cdot K/Wt$. Значення для житлових та громадських будинків залежно від кліматичної зони.

$\Delta\theta_{int-si}$ – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С; $\Delta\theta_{int-si,max}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С; $t_{vb,si,min}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огороджувальній конструкції, °С; $\theta_{tb,si,min}$ – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього і зовнішнього повітря, °С.

Вологісний режим приміщень в холодний період року прийнято в залежності від відносної вологості та температури внутрішнього повітря. При $12 < t_{вн} < 24^\circ C$ і відносній вологості $\phi = 55\%$ прийнято нормальний режим експлуатації приміщень. Огороджуючі конструкції підібрані у відповідності з умовами їх експлуатації, котрі визначають в залежності від вологісного режиму приміщень і зони вологості.

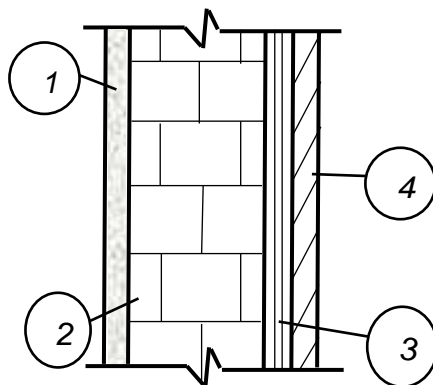
Для будинку умови експлуатації будівельних конструкцій – Б

									Лист
									8
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

За вимогами ДБН В.2.6-31-2021 опір теплопередачі огорожувальних конструкцій $R_{заз}$ не менше нормативного $R_{мін}^q$

Згідно з ДБН потрібний опір теплопередачі внутрішніх конструкцій (стін, перегородок, перекриття) між приміщеннями з нормованою температурою повітря визначиний при різниці розрахункових температур повітря в цих приміщення дільше 4°C.

2.1 Теплотехнічний розрахунок конструкції зовнішньої стіни



Потрібний опір теплопередачі прийнято згідно з ДБН В.2.31:2021 таблиці [3], $R_{мін} = 4,0 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

Зовнішні стіни: кладка з суцільної глиняної цегли 1600 кг/м^3 $\lambda = 0,64 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ + Утеплювач з мінеральної вати $\lambda = 0,064 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ - $\delta_{у} = 0,11 \text{ м}$ + зовнішня та внутрішня штукатурка - $\delta_{шт} = 0,005-0,01 \text{ м}$.

№ п/п	Матеріал	Товщина матеріалу $\delta, \text{м}$	Теплопровідність $\lambda \text{ Вт/м}^\circ\text{К}$	Опір теплопередачі матеріалу $R \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$;
2	Кладка з суцільної глиняної цегли	0,38	0,7	0,54
3	Утеплювач з мінеральної вати	0,15	0,050	3,3
1-4	Штукатурка зовнішня та внутрішня	0,008	0,27	0,029
		$\Sigma = 0,503$		$\Sigma = 4,03$

Конструкція зовнішньої стіни задовольняє вимогам. Коефіцієнт теплопередачі

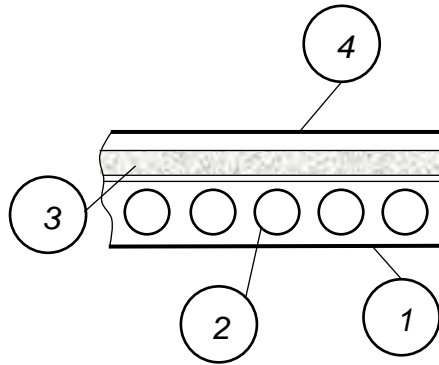
$$U = 1/R_{\text{заг}}^{\text{нотр}} = 1/3,03 = 0,33 \text{ м}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

2.2 Теплотехнічний розрахунок конструкції зорищного покриття

Потрібний опір теплопередачі прийнято згідно з ДБН В.2.31:2021 таблиці [3],

$$R_{\text{мін}} = 6,0 \text{ м}^2\text{K}/\text{Вт}$$

Зорищне покриття: багатопустотні залізобетонні панелі $\delta = 0,22 \text{ м}$ +
Утеплювач із мінераловатних плит $\lambda = 0,044 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$ – $\text{дут} = 0,2 \text{ м}$,



Таблиця 2

№ п/п	Матеріал	Товщина матеріалу $\delta, \text{м}$	Теплопровідність $\lambda \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$	Опір теплопередачі матеріалу $R \text{ м}^2$ $\text{K}/\text{Вт};$
2	багатопустотні залізобетонні панелі	0,2	2,04	0,09
3	Вироби з жорсткого пінополіуретану	0,25	0,05	5,4
1	Штукатурка	0,004	0,27	0,014
4	Гідроізоляція (бітум)	0,002	0,27	0,007
		$\Sigma = 0,426$		$\Sigma = 6,06$

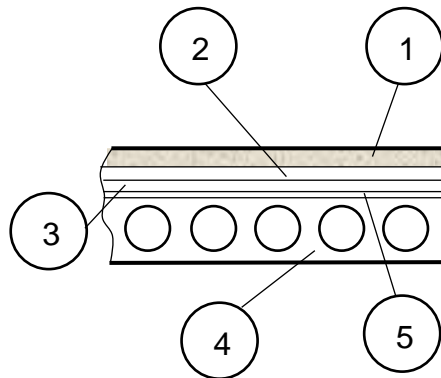
Конструкція задовольняє вимогам. Коефіцієнт теплопередачі

$$U = 1 / R_{\text{заг}} = 1 / 4,66 = 0,214 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

2.3 Теплотехнічний розрахунок конструкції перекриття над підвалом

Величину потрібного опору теплопередачі прийнято згідно з ДБН В.2.31:2021 таблиці [3], $R_{\text{мін}} = 5,0 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}$

Перекриття над підвалом: Багатопустотні залізобетонні панелі - $\delta = 0,22 \text{ м}$ + Пароізоляція $0,03 \text{ м}^2\text{°C}/\text{Вт}$ + Вироби з жорсткого пінополіуретану $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{°C}$ - $\delta_{\text{вир}} = 0,22 \text{ м}$ + Гідроізоляція $0,02 \text{ м}^2\text{°C}/\text{Вт}$ + Паркет 14мм



Таблиця 3

№ п/п	Матеріал	Товщина матеріалу $\delta, \text{м}$	Теплопровідність $\lambda \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{°C}$	Опір теплопередачі матеріалу $R \text{ м}^2$ $\text{К}/\text{Вт};$
4	Залізобетонні панелі	0,2	2,04	0,09
3	Пароізоляція	0,0015	0,3	0,005
2	Вироби з жорсткого пінополіуретану	0,22	0,05	4,4
5	Гідроізоляція	0,002	0,27	0,007
1	Сосна та ялина поперек волокон	0,014	0,18	0,077
		$\Sigma = 0,437$		$\Sigma = 4,76$

Коефіцієнт теплопередачі

$$U = 1/R_{\text{заг}} = 1/4,76 = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}).$$

2.4 Теплотехнічний розрахунок конструкції вікна

Потрібний опір теплопередачі прийнято $R_{\text{пр}} = 0,9 \text{ м}^2\text{K}/\text{Вт}$

Обираємо вікна з двокамерними склопакетами 4М1-8-4М1-8-4і

Коефіцієнт теплопередачі вікна

$$U = 1/R_{\text{заг}} = 1/0,93 = 1,389 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$$

2.5 Теплотехнічний розрахунок конструкції зовнішніх дверей

Потрібний опір теплопередачі прийнято $R_{\text{пр}} = 0,6 \text{ м}^2\text{K}/\text{Вт}$

Прийнято: одинарні металеві двері без утеплювача + Тамбур + Одинарні соснові двері 0,04м.

$$\delta_{\text{заг}} = 0,040 \text{ мм}; R_{\text{заг}} = 0,78 \text{ м}^2 \text{ K}/\text{Вт}$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$U = 1/R_{\text{заг}} = 1/0,78 = 1,282 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Розділ 3. Проектування системи опалення.

3.1 Розрахунок тепловтрат житлового будинку.

Розрахункова теплова потужність системи опалення визначається на підставі теплового балансу опалювальних приміщень за умови квазістаціонарного теплового режиму їх експлуатації.

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

де $NT_{,ie}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції приміщення до зовнішнього середовища, $\text{Вт}/^\circ\text{C}$; $NT_{,iue}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через неопалюване приміщення до зовнішнього середовища, $\text{Вт}/^\circ\text{C}$ (в житлових будинках відсутня); $NT_{,ig}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції до ґрунту, $\text{Вт}/^\circ\text{C}$ (в опалювальних приміщеннях житлових будинків відсутня); $NT_{,ij}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через огорожувальну конструкцію до суміжного опалюваного приміщення із іншою розрахунковою температурою, $\text{Вт}/^\circ\text{C}$; θ_e – розрахункове значення температури зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$; $\theta_{int,i}$ – значення внутрішньої температури приміщення.

Розміри в осях, орієнтація будинку та додаткові тепловтрати вказані на схемі будинку.

Проектне теплове навантаження системи опалення приміщення визначено за формулою:

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

де $\Phi_{т.і}$ – трансмісійні тепловтрати через огорожувальні конструкції приміщення (вікна, зовнішні стіни, дахи та до неопалювальних або холодних

приміщень), Вт; $\Phi_{\text{в.і}}$ – вентиляційні (інфільтраційні) тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря (повітря, яке подається в приміщення), що надходить до приміщення, Вт; $\Phi_{\text{н.і}}$ – якщо є періодичне опалення, то враховується додаткова компенсаційна теплова потужність для системи періодичного опалення, що враховує ефект тимчасовості обігріву приміщення, Вт; $\Phi_{\text{цл}}$ – інші можливі регулярні тепловтрати (із знаком «+») або теплонадходження (із знаком «-») до приміщення, яке опалюється, Вт.

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення до зовнішнього повітря:

$$HT_{\text{je}} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum l \psi_l \cdot l \cdot e_l, \text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

де A_k – площа теплопередачі k -ї будівельної конструкції огорожень приміщення (для кожної конструкції визначається окремо і для огорожувальних конструкцій з різною орієнтацією по сторонам світі, також визначається окремо), м^2 ; U_k – сумарний коефіцієнт теплопередачі від внутрішнього повітря через k -ту будівельну конструкцію огороження приміщення до зовнішнього середовища, $\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; e_k , e_l – поправочні коефіцієнти, на додаткові тепловтрати, що враховують випромінюючі властивості поверхні огороження, з урахуванням впливу мікрокліматичних умов, типу ізоляційних матеріалів, їх вологості, швидкості вітру і температури зовнішнього повітря; ψ_l – лінійний коефіцієнт теплопередачі l -го елемента лінійного теплового мосту в конструкції будівельного огороження, $\text{Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$; l – довжина лінійного теплового мосту в конструкції будівельного огороження, м.

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення через неопалювальне приміщення до зовнішнього повітря:

										Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						14

223	8,014	18	ЗС	ПНС	1,10	3,00	0,6	0,343	1,0						0,21		146,4	54	18	679,3	-80	66,2	746
ЖК	1,1		В	ПНС	1,80	1,50	2,7	1,389	1,0						3,75								
A1	22,77	16	ЗС	ПДС	1,60	30,0	31,8	0,279	1,0						8,87		1371	342	116	4064	0	1371	5436
СК	683,1		В	ПДС	1,20	13,5	16,2	1,389	1,0						22,50								
			ЗС	ПДС	1,80	30,0	28,0	0,279	1,0						7,81								
			ПЛ	-	7,10	3,20	22,7	0,266	1,0				0,31		1,90								
			СТ	-	7,10	3,20	22,7	0,200	1,0				0,31		1,43								
A2	54,24	16	ЗС	ПДС	6,30	3,00	15,6	0,343	1,0						5,35		335,3	73	25	871,7	-	-207	665
ЛХ	146,5		ВД	ПДС	1,50	2,20	3,3	1,282	1,0						4,23								

Для системи опалення будинку необхідно визначити:

- розрахункову теплову потужність
- питому теплову потужність
- розрахункове річне теплоспоживання
- питоме річне теплоспоживання
- витрату води

Щоб визначити тепловтрати для всього будівельного майданчика, заповніть підсумкову таблицю тепловтрат. Для визначення тепловтрат на першому, другому, третьому та останньому поверхах усіх приміщень використовуйте відповідні коефіцієнти, отримані для першого приміщення.

№ поверху	Номер приміщення																							A1			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		A2		
1																										5436	0
2	1124	960	1120	410	980	890	1260	880	950	1230	910	760	790	930	930	930	870	840	760	910	1230	730	830	740	20814		
3	1073	920	1070	390	940	850	1200	840	910	1170	870	730	750	890	890	890	830	800	730	870	1170	700	790	700	19883		
4-9	1022	872	1015	367	890	805	1140	800	863	1109,503	822	686	711	839	838	838	790	757	686	822	1110	661	746	665	18824		
10	987	850	990	360	860	780	1110	780	840	1080	800	670	690	820	810	810	770	740	670	800	1080	640	730	650	18307		
Всього	9312	7960	9272	3365	8122	7350	10411	7299	7880	10137	7513	6277	6497	7675	7661	7661	7209	6922	6277	7513	10137	6039	6823	6078	171949		
	Гол.Цирк.Кільц.		3557	360			3530			3390					2320	2320					3190						

Розрахункові тепловтрати будинку без сходового та ліфтового холів, кладового приміщення - $Q_1 = 171949$ Вт

Розрахункові тепловтрати будинку із сходовим та ліфтовим холами,кладовим приміщенням - $Q_{1A} = 186827$ Вт

3.2.1 Розрахункове річне теплоспоживання системи опалення

Величина розрахункового річного теплоспоживання системою опалення будинку W , ГДж/рік розраховується за формулою:

$$W_{co} = 0,9 \cdot \frac{\Phi_{HL,i} \cdot 24 \cdot Z_{o.c.} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_{me}) \cdot 10^{-6}}{(\theta_{int,i} - \theta_e)},$$

де 0,9 – коефіцієнт, який враховує наявність терморегуляторів в системі опалення будівлі; $\Phi_{HL,i}$ – розрахункова теплова потужність системи опалення, визначена за формулою (1), Вт; 24 – перевідний коефіцієнт; $Z_{o.c.}$ – тривалість опалювального сезону, днів (табл. 1); $\theta_{int,i}$ – значення внутрішньої температури кожного опалюваного приміщення, °С; θ_{me} – середня температура опалювального сезону, °С; θ_e – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С.

$$W = \mathbf{220843,6} \text{ кВт.год/м}^2 \text{ за рік}$$

3.2.2 Питоме річне теплоспоживання системою опалення

Величину питомого річного теплоспоживання системою опалення будинку w , ГДж/рік·м² розраховується за формулою:

$$w = W / A_{з.п.} = \mathbf{33,47} \text{ кВт.год/м}^2 \text{ за рік}$$
$$E_{max} = \mathbf{55,0} \text{ кВт.год/м}^2 \text{ за рік}$$

Висновок: знайдена величина w не перевищує контрольного значення w_k , значить умова виконується.

3.2.3 Витрата води в системі опалення

Витрату води в системі опалення визначають за формулою:

$$G_{c.o.} = \frac{0,86 \cdot Q_{c.o.}}{t_e - t_o} = 8034 \text{ кг/год}$$

3.3 Обґрунтування вибору системи водяного опалення

Двотрубна горизонтальна поквартирна система водяного опалення з попутнім рухом теплоносія.

Переваги двотрубних горизонтальних по квартирних систем водяного опалення:

· економічні показники вигідно відрізняються від економічних показників інших систем опалення: менші затрати енергетичних ресурсів на нагрівання теплоносія до визначеної температури – в двотрубних системах опалення перепад температур води у кожному опалювальному приладі постійний; середня температура води в будь-якому приладі двотрубного стояка також однакова. За цими показниками можна зробити висновок щодо економічності доцільності використання запропонованої системи опалення.

· має ряд технічних переваг: обмежене число проходів через перекриття; в порівнянні з однотрубними СВО – більше число можливого встановлення опалювальних приладів; втрати тиску у однотрубній системі значно перевищують втрати в двотрубній системі; система опалення має достатньо спрощену схему гідравлічного розрахунку при запропонованому попутньому русі теплоносія; можливість поквартирного відключення приладових віток при проведенні регламентних та експлуатаційних робіт.

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

Недоліки цієї системи водяного опалення:

· більша металоємність системи при порівнянні з однотрубною, значне використання часу на монтаж та введення в експлуатацію – мається на увазі проведення пуско-налагоджувального (первинного) регулювання тепловіддачі опалювальних приладів, що є характерним для двотрубної системи.

Опалювальні прилади

Для обраної системи опалення застосовано опалювальні сталеві панельні радіатори радіатори VONOVA 11KV, 21KV нижнє підключення. Детальнішу інформацію дивіться далі.

Отже, застосування такого типу радіаторів в умовах запроектованої двотрубної горизонтальної поквартирної системи водяного опалення є доцільним, як за технічними так і за економічними параметрами.

Запірна та терморегулююча арматура

В даному дипломному проекті прийнято надійну гарнітуру підключення до радіаторів – HERZ PROJECT, проходний. Завдяки невеликій кількості компонентів виникає можливість здійснювати багато комбінацій в різних системах водяного опалення. Точний режим налаштування і оптимальна прохідність радіатора забезпечують зручність та комфорт.

На підводках до опалювальних приладів встановлено термостатичні приводи HERZ-TS. Вони реагують на щонайменшу різницю температур; найбільш точно дотримуються налаштованої температури і використовуює такі теплові джерела як освітлення, електричні прилади, сонячне випромінювання; автоматичні термостатичні головки економлять витрату води майже на 30%; мають привабливий зовнішній вигляд.

З кожного опалювального приладу і в верхніх точках стояка передбачено видалення повітря, що доцільно для горизонтального прокладання трубопроводів.

Балансировочну та запірно-регулюючу арматуру застосовуємо фірми HERZ. Добре продумана конструкція яких робить можливим досконале гідравлічне регулювання опалювальних охолоджуючих систем.

Трубопроводи

Вибрано металопластикові трубопроводи фірми Herz-Нака для прокладки в квартирах і сталеві водогазопровідні звичайні труби (ГОСТ 3262-89*) для вертикальних та горизонтальних стояків. Труби Herz виготовлені із високоякісного металопластику, який витримує високі температури, стійкі до корозії, відсутність відкладень, час експлуатації не менше ніж 50 років; швидкий монтаж. Труби, які проходять у приладових вітках прокладаємо в підлозі приміщень. Далі подробніше про них.

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП)

Тепловий пункт розташовуємо у підвальному приміщенні. Він оснащується автоматичними пристроями фірми Herz, які реалізують погодне регулювання і підтримують задану температурним графіком температуру в обратному трубопроводі системи опалення.

Теплоізоляція

Трубопроводи ізолюємо теплоізоляцією із спученого поліетилену Thermaflex. Типи: теплоізоляцією Thermaflex FRZ (теплоізоляція для труб, розміщених у будівельних розчинах) і Thermaflex Ultra M (для захисту від ультрафіолетових променів), що перешкоджає замерзанню трубопроводів, перегріву приміщення, зайвих тепловтрат.

3.4 Розрахунок опалювальних приладів сходового та ліфтового холів

В плані будинку знаходиться два загальнодоступних приміщення (сходові клітини, ліфтовий хол), а вони, в свою чергу, не розділені між собою, тому дозволяється розраховувати їх як одне приміщення.

Але для більшого комфорту приймаємо опалювальні прилади окремо в сходовій клітині на першому поверсі, а в ліфтовому холі – на кожному поверсі.

Розрахунок опалювального приладу в сходовому холі

Розрахункову теплову потужність системи опалення сходового холу обчислюємо за формулою:

$$Q_{ск} = (Q_{1ск} b_1 b_2) / 0.97 = 5660 \text{ Вт}$$

Обчислюємо витрату води, що проходить через опалювальні прилади сходового та ліфтового холу:

$$G_{м.л.} = G_{о.л.} = \frac{0.86 \times (Q_{с.о.} + Q_{с.л.})}{T_c - t_o} = 1890,25 \text{ кг/год}$$

$$G_{ск} = 892,43 \text{ кг/год} + G_{лх} = 998 \text{ кг/год} = 1890,25$$

Визначаємо розрахунковий тепловий потік ОП:

$$Q_{о.л.} = (Q_1 - Q_{вн} - 0.9 Q_{пр} - Q_{2.л.}) \times b_2 \times b_3 = Q_1 = 5436 \text{ Вт}$$

Перепад температур в ОП:

$$\Delta t_{о.л.} = \frac{0.86 Q_{о.л.}}{G_{о.л.}} = 5,24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температурний напір в опалювальних приладах:

$$\Delta T = T_c - \frac{\Delta t_{о.л.}}{2} - t_{вн} = 131,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Поправочні коефіцієнти.

$$\varphi_1 = \left(\frac{\Delta T}{70} \right)^{1+n} = 2,13 \quad \varphi_2 = \left(\frac{G_{о.л.}}{360} \right)^p = 1,051$$

Поправочний коефіцієнт b для конвекторів "Акорд" при барометричному тиску для

m **Київ** приймаємо рівним - 0,99

Значення інших коефіцієнтів:

$\psi_1 = 0,99$ - схема руху води "зверху-вниз"
 - дворядна установка радіаторів по вертикалі
 $\psi_2 = 1$ - дворядна установка радіаторів у глибину
 $\psi_3 = 0,94$ - показник конвектора "Акорд"
 $c = 1$

Потрібний тепловий потік ОП, приведений до нормованих умов:

$$Q_{н}^{норм} = \frac{Q_{о.п.}}{\varphi_1 \times \varphi_2 \times b \times c \times \psi_1 \times \psi_2 \times \psi_3} = 2294 \text{ Вт}$$

Приймаємо до установки два конвектори **КА-1,180К**
 з номінальним тепловим потоком $Q_{н} = 2360 \text{ Вт}$
 Перевищення потребованого теплового потоку складає - 2,785 %

Розрахунок опалювальних приладів в ліфтовому холі

Для ліфтового холу треба розрахувати опалювальний прилад на першому поверсі, на типовому та на останньому.
 Розрахункову теплову потужність системи опалення ліфтового холу обчислюємо за формулою:

$$Q_{лх} = (Q_{лх} b_1 b_2) / 0.97 = 770 \text{ Вт}$$

1) Опалювальний прилад II поверху:

Обчислюємо витрату води, що надходить із теплової мережі і проходить через опалювальний прилад першого поверху ліфтового холу:

$$G_{оп1} = \frac{G_{Т.М} * Q_{оп1}}{Q_{ЛХ}} = 997,8 \text{ кг/год}$$

Визначаємо розрахунковий тепловий потік ОП:

$$Q_{оп2} = Q_{о.п.2норм} = 740 \text{ Вт}$$

Перепад температур в ОП:

$$5,24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температурний напір в ОП:

$$\Delta T = T_c - \frac{\Delta t_{\text{о.п.}}}{2} - t_{\text{ан}} = 131,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\varphi_1 = \left(\frac{\Delta T_T}{70} \right)^{1+n} = 2,13$$

$$\varphi_2 = \left(\frac{G_{\text{о.п.}}}{360} \right)^p = 1,031$$

Поправочний коефіцієнт b для конвекторів "Акорд" при барометричному тиску для

м. Херсон приймаємо рівним - 0,995

Значення інших коефіцієнтів:

$$\psi_1 = 0,99$$

- схема руху води "зверху-вниз"

- дворядна установка радіаторів по вертикалі

$$\psi_2 = 1$$

- дворядна установка радіаторів у глидину

$$\psi_3 = 1$$

$$c = 1$$

- показник конвектора "Акорд"

Потрібний тепловий потік ОП, приведений до нормованих умов:

$$Q_N^{\text{потр}} = \frac{Q_{\text{о.п.}}}{\varphi_1 \times \varphi_2 \times b \times c \times \psi_1 \times \psi_2 \times \psi_3} = 342,6 \text{ Вт}$$

Приймаємо до установки конвектори **КА-0,354К**

з номінальним тепловим потоком $Q_n = 354 \text{ Вт}$

Перевищення потрібного теплового потоку складає -

3,2 %

2) Опалювальний прилад типового поверху:

Обчислюємо витрату води, що надходить із теплової мережі і проходить через опалювальний прилад першого поверху ліфтового холу:

$$G_{он.2-10} = \frac{G_{Т.М.} * Q_{он.2-10})}{Q_{Л.Х.}} = 997,82 \quad \text{кг/год}$$

Визначаємо розрахунковий тепловий потік ОП:

$$Q_{он.2-10} = Q_{л.х.2-10нов} = 665 \quad \text{Вт}$$

Перепад температур в ОП:

$$\Delta t_{он.} = \frac{0,86 Q_{он.}}{G_{он.}} = 5,24 \quad ^\circ\text{C}$$

Температурний напір в ОП:

$$\Delta t_T = T_c - \frac{\Delta t_{он.}}{2} - t_{ан} = 131,4 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\varphi_1 = \left(\frac{\Delta t_T}{70} \right)^{1+n} = 2,13 \qquad \varphi_2 = \left(\frac{G_{он.}}{360} \right)^p = 1,031$$

Поправочний коефіцієнт *b* для конвекторів "Акорд" при барометричному тиску для

м. Київ приймаємо рівним - 0,995

Значення інших коефіцієнтів:

$\psi_1 = 1$	- схема руху води "зверху-вниз"
$\psi_2 = 1$	- дворядна установка радіаторів по вертикалі
$\psi_3 = 1$	- дворядна установка радіаторів у глибину
$c = 1$	- показник конвектора "Акорд"

Потрібний тепловий потік ОП, приведений до нормованих умов:

$$Q_{н}^{норм} = \frac{Q_{он.}}{\varphi_1 \times \varphi_2 \times b \times c \times \psi_1 \times \psi_2 \times \psi_3} = 304,5 \quad \text{Вт}$$

Приймаємо до установки конвектори **КА-0,354К**

з номінальним тепловим потоком $Q_{н} = 354 \quad \text{Вт}$

Перевищення потребуемого теплового потоку складає - 14 %

3) Опалювальний прилад X поверху:

Обчислюємо витрату води, що надходить із теплової мережі і проходить через опалювальний прилад першого поверху ліфтового холу:

$$G_{оп10} = \frac{G_{Т.М.} + Q_{оп10}}{Q_{Л.Х.}} = 997,82 \text{ кг/год}$$

Визначаємо розрахунковий тепловий потік ОП:

$$Q_{оп.10} = Q_{Л.Х.10\text{пог}} = 650 \text{ Вт}$$

Перепад температур в ОП:

$$\Delta t_{о.п.} = \frac{0,86 Q_{о.п.}}{G_{о.п.}} = 5,24 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температурний напір в ОП:

$$\Delta T = T_c - \frac{\Delta t_{о.п.}}{2} - t_{ан} = 131,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\varphi_1 = \left(\frac{\Delta T}{70} \right)^{1+n} = 2,13 \quad \varphi_2 = \left(\frac{G_{о.п.}}{360} \right)^p = 1,031$$

Поправочний коефіцієнт b для конвекторів "Акорд" при барометричному тиску для

м. Київ приймаємо рівним - 0,99

Значення інших коефіцієнтів:

$\psi_1 = 1$	- схема руху води "зверху-вниз"
$\psi_2 = 1$	- дворядна установка радіаторів по вертикалі
$\psi_3 = 1$	- дворядна установка радіаторів у глибину
$c = 1$	- показник конвектора "Акорд"

Потрібний тепловий потік ОП, приведений до нормальних умов:

$$Q_{н\text{норм}} = \frac{Q_{о.п.}}{\varphi_1 \times \varphi_2 \times b \times c \times \psi_1 \times \psi_2 \times \psi_3} = 299,1 \text{ Вт}$$

Приймаємо до установки конвектори **КА-0,354К**

з номінальним тепловим потоком $Q_n = 354 \text{ Вт}$

Перевищення потребуемого теплового потоку складає -

15,5 %

3.5 Гідравлічний розрахунок системи водяного опалення

Кількість поверхів - $n = 10$ поверхів $t_z = 85$ °C

Висота поверху (з перекриттям) - $h_{пов} = 3,00$ м $t_o = 65$ °C

Розрахунок природного тиску у циркуляційних кільцях, що проходять через горизонтальні приладові вітки на 1 поверсі будинку, за формулою:

$$\Delta P_{пр} = g \cdot h_i \cdot (\rho_o - \rho_r)$$

де, $g = 9,81$ м/с² прискорення вільного падіння; h_i - вертикальна відстань між центром нагрівання води і центром охолодження води в опалювальних приладах горизонтальної приладової вітки, м;
 $\rho_o - \rho_r$ - відповідно густина охоложеної і гарячої води в системі опалення, кг/м³.

Розрахункові гравітаційні тиски в циркуляційних кільцях

Коефіцієнт врахування максимально природного тиску слід приймати 0,7

Параметр	Поверх									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Висота h_i , м	6,00	9,00	12,00	15,00	18,00	21,00	24,00	27,00	30,00	33,00
Тиск $\Delta P_{пр}$, Па	935	1403	1871	2338	2806	3273	3741	4209	4676	5144
Тиск з урахуванням коеф., Па	655	982	1309	1637	1964	2291	2619	2946	3273	3601

Гідравлічний розрахунок магістральних трубопроводів двотрубної поквартирної системи опалення

Номер розрахункової ділянки	Теплове навантаження ділянки	Коефіцієнт проходу теплової та гідравлічного	Витрата води на ділянку	Довжина ділянки	Діаметр трубопроводу	Приведений коефіцієнт тертя	Питома витрата води	Питомий динамічний тиск	Швидкість води на ділянку	Сума коефіцієнтів місцевих опорів	Приведений коефіцієнт місцевих опорів	Характеристика опору ділянки	Втрати тиску на ділянку	Загальні втрати тиску	Примітка
№ діл.	$Q_{дйл}$ Вт	ϕ	G , кг/год	l , м	d , мм	λ/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	$\Delta P_{дйл}$, Па	$\Sigma \Delta P$, Па	Перелік місцевих опорів
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ІТП-2	17194,9	1,0000	7394	19,7	70	0,38	13600	0,0000027	0,544	4,2	11,69	0,000032	1725	1725	Відвід відігнутий 90°-0,3*4шт=1,2, Трійник на протитоці=3
ІТП"-2"	17194,9	1,0000	7394	19,7	70	0,38	13600	0,0000027	0,544	4,2	11,69	0,000032	1725	3450	Відвід відігнутий 90°-0,3*4шт=1,2, Трійник на протитоці=3
2-3	151136	0,8790	6499	3,00	70	0,38	13600	0,0000027	0,478	1,5	2,64	0,000007	301	3751	Трійник на прохід=1* раптове збуження=0,5 = 1,5
2"-3"	151136	0,8790	6499	3,00	70	0,38	13600	0,0000027	0,478	2	3,14	0,000008	358	4109	Трійник на прохід=1* раптове розширення=1 = 2
3-4	131253	0,7633	5644	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,723	1	2,62	0,000021	676	4785	Трійник на прохід=1
3"-4"	131253	0,7633	5644	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,723	1	2,62	0,000021	676	5461	Трійник на прохід=1
4-5	112429	0,6538	4834	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,619	1,5	3,12	0,000025	591	6052	Трійник на прохід=1* раптове збуження=0,5
4"-5"	112429	0,6538	4834	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,619	2	3,62	0,000029	685	6737	Трійник на прохід=1* раптове розширення=1
5-6	93604	0,5444	4025	4,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,515	3	5,16	0,000042	677	7414	Трійник на прохід=1* П-подібний конденсатор=2
5"-6"	93604	0,5444	4025	4,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,515	3	5,16	0,000042	677	8091	Трійник на прохід=1* П-подібний конденсатор=2
6-7	74780	0,4349	3216	3,00	40	0,75	4670	0,0000225	0,689	1,5	3,75	0,000084	872	8964	Трійник на прохід=1* раптове збуження=0,5 = 1,5
6"-7"	74780	0,4349	3216	3,00	40	0,75	4670	0,0000225	0,689	2	4,25	0,000096	989	9952	Трійник на прохід=1* раптове розширення=1
7-8	55955	0,3254	2406	3,00	32	0,9	3580	0,0000383	0,672	1,5	4,2	0,000161	931	10883	Трійник на прохід=1* раптове збуження=0,5 = 1,5
7"-8"	55955	0,3254	2406	3,00	32	0,9	3580	0,0000383	0,672	2	4,7	0,000180	1042	11926	Трійник на прохід=1* раптове розширення=1
8-9	37131	0,2159	1597	3,00	25	1,3	2040	0,0001180	0,783	1,5	5,4	0,000637	1624	13550	Трійник на прохід=1* раптове збуження=0,5 = 1,5
8"-9"	37131	0,2159	1597	3,00	25	1,3	2040	0,0001180	0,783	2	5,9	0,000696	1775	15325	Трійник на прохід=1* раптове розширення=1
9-10	18307	0,1065	787	3,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,630	1,5	6,87	0,002164	1341	13267	Трійник на прохід=1* раптове збуження=0,5 = 1,5
9"-10"	18307	0,1065	787	3,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,630	2	7,37	0,002322	1439	14705	Трійник на прохід=1* раптове розширення=1

$Q_{10} = 18307$ Вт

$N = 0,00$ %

Для забезпечення гідравлічної сталості роботи системи опалення при статичному балансуванні приймаємо, що втрати тиску у приладових ділянках складають не менше 70% від загальних втрат у головному циркуляційному кільці. Тоді мінімальні втрати тиску у найбільш навантаженій приладовій ділянці X поверху повинні бути не менше:

$$\Delta P_{CT.9.1} = \frac{\Delta P_{з.д}}{0,3} \times 0,7 = 31038 \text{ Па}$$

При динамічному балансуванні гідравлічна теплова сталість роботи поквартирних приладових ділянок забезпечується регулятором перепаду тиску автоматично і не потребує 70%-ної втрати тиску в стояку.

Для забезпечення ефективності теплового регулювання теплової потужності опалювального приладу втрати тиску на радіаторному термостатичному клапані повинні складати як можна більше але не менше 25% від загальних втрат на регулюємій ділянці головного циркуляційного кільця. Встановлення автоматичних регуляторів перепаду тиску на приладовій поквартирній ділянці дозволяє зменшити розміри (і відповідно втрати тиску) регулюємої ділянки від головного циркуляційного кільця до розмірів поквартирного стояка. Це приводить до збільшення зовнішнього авторитету клапану і значного покращення регулювання тепловим потоком опалювального приладу.

$$\Delta P_{PTK}^{min} = 0,25 \times \Delta P_{CT.9.1} = 7760 \text{ Па}$$

Результати гідравлічного розрахунку трубопроводів двотрубної поквартирної системи опалення

№ діл.	$Q_{дیل},$ 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	$V, м/с$	$\Sigma \xi$	$\xi_{пр}$	$S, Па/(кг/год)^2$	$\Delta P_{дیل},$ Па	$\Sigma \Delta P,$ Па	Опис підбору опорів	
10-K10	18307	0,1065	300	0,05	20	1,79	1250	0,0003150	0,240	3,25	3,34	0,001052	94	14800	Трійник на прохід з поворотом 1,5 + кульовий кран 0,75 + раптове розширення 1	
10"-K10"	18307	0,1065	300	0,15	20	1,79	1250	0,0003150	0,240	2,75	3,019	0,000951	85	14885	раптове звуження 0,5 + кульовий кран 0,75 + трійник на прохід з поворотом 1,5	
Для приладових віток приймаємо металопластикові трубопроводи фірми Herz PE-RT/Al/PE-HD - $D \times S = 16 \times 2, d_{вн} = 12 \text{ мм}$																
K10-a	3555	0,0207	153	0,3	15	2,69	677,55	0,00105926	0,226	46,9	47,657	0,050481	1180	16064	Трійник на прохід з поворотом 1,5 (єрейка) + раптове звуження 0,5 + запірний вентиль Герц 4125 AD (відкритий) 6,7 + фільтр Герц 16, 65 + балансувальний вентиль Герц Шпр. 4017 МЛ 23	
K10-a	3555	0,0207	153	17,1	12	1,8611	395,83	0,00310369	0,386	0	31,825	0,098774	2308	18373		
a-b	2565	0,0149	110	3,6	12	1,8611	395,83	0,00310369	0,279	1	7,6999	0,023898	291	18663	трійник на прохід 1,0	
b-c	1715	0,0100	74	4,3	12	2,3375	274,88	0,00643581	0,268	1	11,051	0,071123	387	19050	трійник на прохід 1,0	
c-on1001	995	0,0058	43	0,3	12	1,8611	395,83	0,00310369	0,108	1,5	2,0583	0,006388	12	19062	трійник на прохід з поворотом 1,5	
on1001	995	0,0058	43	0,01	12	1,8611	395,826	0,0031037	0,108	22,6	22,619	0,070201	5129	24190	HERZ PROJECT 21 + радіатор 1,6 + HERZ TS-90V (n=9)	
on1001-c"	995	0,0058	43	0,3	12	1,8611	395,826	0,0031037	0,108	1,5	2,0583	0,006388	12	24202	трійник на прохід з поворотом 1,5	
c"-d"	2835	0,0165	122	6,8	12	1,8611	395,826	0,0031037	0,308	1	13,655	0,042382	5630	29832	трійник на прохід 1,0	
d"-K10"	3555	0,0207	153	17,2	12	1,8611	395,826	0,0031037	0,386	0	32,011	0,099351	2322	32153		
d"-K10"	3555	0,0207	153	0,3	15	2,69	677,55	0,0010593	0,226	29,6	30,357	0,032156	7151	39305	трійник на прохід 1,0 + регулятор перепаду тиску Герц 4002 (n=1) + теплоізоляційник 8,8 + кран кульовий 0,75-раптове розширення+1	
													62,9	Втрати тиску на приладовій ділянці, Па		24420
													2202 п.м.	Авторитет приладової ділянки, %		75,9484
														Авторитет радіаторного клапана, %		23,902

Обладнання	Ступінь попереднього налаштування	ΔP , Па
Herz-TS-90V	5	5000
Herz-4002 41	1	6400

Гідравлічний розрахунок інших ділянок поквартирного стояка 10-1.

<i>c-on1023</i>	720	<i>0,0042</i>	<i>31</i>	<i>7,5</i>	<i>12</i>	<i>1,8611</i>	<i>395,826</i>	<i>0,0031037</i>	<i>0,078</i>	<i>1</i>	<i>14,958</i>	<i>0,046426</i>	<i>44</i>
<i>b"-c"</i>	1840	<i>0,0107</i>	<i>79</i>	<i>0,3</i>	<i>12</i>	<i>1,8611</i>	<i>395,826</i>	<i>0,0031037</i>	<i>0,200</i>	<i>1</i>	<i>1,5583</i>	<i>0,004837</i>	<i>30</i>
<i>a"-b"</i>	<i>990</i>	<i>0,0058</i>	<i>43</i>	<i>5,2</i>	<i>12</i>	<i>1,8611</i>	<i>395,826</i>	<i>0,0031037</i>	<i>0,108</i>	<i>1</i>	<i>10,678</i>	<i>0,033140</i>	<i>60</i>

Гідравлічна увязка опалювальних приладів приладової ділянки 1 кв. X поверху

Поверх-квартира-оп.прилад	Розрахункові величини					
	Q _{о.п.} , Вт	G _{о.п.} , кг/год	ΔP _{потр.РТК} Па	Ступінь попереднього налаштування Herz-TS-90-V	ΔP _{д.РТК} Па	Нев'язка %
1003	990	42,6	5621	5	5000	2,97
1002	859	36,9	5419	4	5500	-0,38
1001	995	42,8	0	5	0	0,00
1023	720	31,0	5511	4	4800	-3,40

3.6 Підбір циркуляційного насосу в системі опалення

Тиск P_n циркуляційного насосу системи опалення визначено за формулою:

$$P_n = 1.1 \cdot (\Delta P_{co} - 0.7 \cdot P_e),$$

де ΔP_{co} – втрата тиску в системі опалення, Па

P_e – максимальний природний тиск, Па, який розраховується по формулі:

$$P_e = 10^{-3} \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot (H_{max.o/n} - H_{um}),$$

де g – прискорення вільного падіння

β – середній приріст об'ємної маси води при охолодженні її на 1°C , яке в інтервалі температур $65\dots 95^\circ\text{C}$ приймаємо рівним $0.624 \text{ кг}/(\text{м}^3\text{K})$

Δt – розрахункова різниця температур в подаючому та зворотньому трубопроводах системи опалення, $^\circ\text{C}$

$H_{max.o/n}$ – відмітка о/п найбільш віддаленого ОП по вертикалі від джерела теплоти, м

H_{um} – відмітка джерела теплоти, м

$$P_e = 4676 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{co} = 45705 \text{ Па}$$

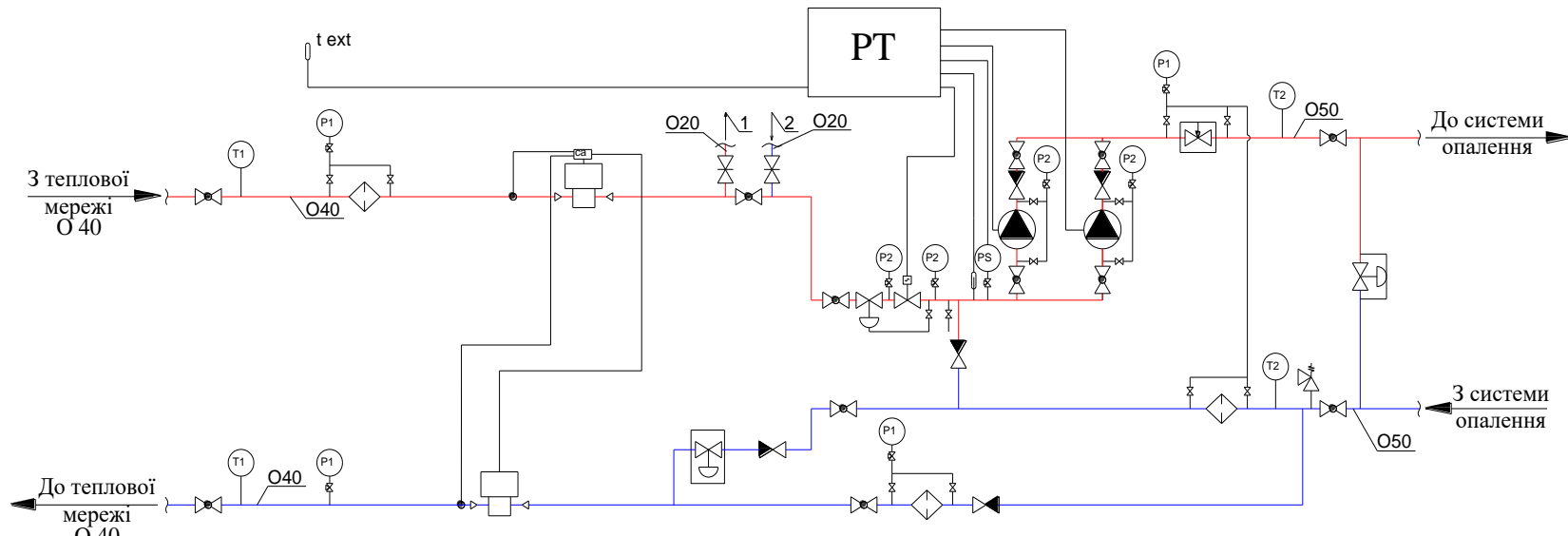
$$P_n = 46674 \text{ Па}$$

3.7 Підбір обладнання індивідуального теплового пункту

Витрата води в системі опалення $G_{c.o.} = \frac{0,86 \times Q_{c.o.}}{t_e - t_o} = 8034 \text{ кг/год}$

За допомогою програми Wilo select підбираємо насоси, які задовольняють робочі параметри системи опалення.

СХЕМА ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ (ІТП)



Примітка: 1 - До ОП сходового і ліфтового холів O20
2 - Від ОП сходового і ліфтового холів O20

3.8 Розрахунок та підбір опалювальних приладів

Розрахунковий перепад температур води в системі опалення $t_r = 85$ °C
 $t_o = 65$ °C

Висота приміщень $h_{\text{прим}} = 3,0$ м

Типи опалювальних приладів: радіатори VONOVA 11KV, 21KV

Тепловий потік ОП, що відрізняється від нормованого, визначаємо за формулою:

$$Q = Q_n \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot b \cdot c \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3;$$

де Q_n – номінальний тепловий потік ОП в нормованих умовах, Вт; ϕ_1 – поправочний коефіцієнт, що враховує зміну теплового потоку ОП при зміні розрахункового температурного напору Δt_m від нормованого Δt_n ; ϕ_2 – коефіцієнт, що враховує зміну теплового потоку опалювального приладу при зміні розрахункової витрати води G_{op} від нормованої G_n ; b – коефіцієнт, що приймається за графіком розрахункового барометричного тиску P_{δ} , гПа для географічного пункту; c – коефіцієнт, який враховує схему руху води в ОП та зміну показника степеня p при різних витратах теплоносія; ψ_1 – безрозмірний коефіцієнт, враховує зменшення теплового потоку ОП при русі води за схемою "згори – вниз"; ψ_2 – коефіцієнт на число рядів оп по вертикалі; ψ_3 – коефіцієнт, враховує зменшення теплового потоку ОП при установці в два ряди у глибину.

Радіатори розташовані під вікнами вільно у стіни. Підводки до опалювальних приладів передбачені з відступами.

Обчислюємо температуру води, що надходить у опалювальний прилад:

$$t_{ex} = t_r - \frac{0.86 \times Q_1 \times B_2 \times B_3}{G_{cm}} = t_r - \frac{0.86 \times Q_1^* \times B_3}{G_{cm}}$$

Перепад температури води в радіаторах:

$$\Delta t_{O.P.} = \frac{0.86 \times Q_1^* \times B_3}{G_{cm} \times \alpha}$$

Температурний напір в кожному ОП:

$$\Delta t_r = t_{ex} - \frac{\Delta t_{O.P.}}{2} - t_{en}$$

Розрахункова теплова потужність радіатора:

$$Q_{o.п.} = (Q_1 - 0.9 \times Q_{mp}) \times B_2 \times B_3$$

Потрібний тепловий потік ОП, приведений до нормованих умов:

$$Q_H^{номр} = \frac{Q_{o.п.}}{\phi_1 \phi_2 \psi c \psi_1 \psi_2 \psi_3}$$

Фактичний тепловий потік Q_H^ϕ визначено з каталогів виробника

Нев'язка між Q_H^ϕ і $Q_H^{номр}$:

$$M = \frac{Q_H^\phi - Q_H^{номр}}{Q_H^{номр}} \times 100\%$$

Коефіцієнт затікання води у прилад $\alpha =$ 0,5

$$n = 0,300$$

$$\psi_1 = 1$$

$$b_1 = 0,99$$

$$p = 0,020$$

$$\psi_2 = 1$$

$$b_2 = 1,01$$

$$c = 1,039$$

$$\psi_3 = 1$$

$$b_3 = 1,00$$

3.9 Результати розрахунку опалювальних приладів

№ опал.приладів.	Необхідна розрахункова теплова потужність	Витрата води у ОП	Температура води на вході у ОП	Перепад температури води в опал. приладі	Розрахункова температура приміщення	Температурний напір ОП	Тепловіддача відкрито прокладених труб	Розрахункова теплова потужн. опал.приладу	Поправ.коэф. на витрату води в ОП	Поправ.коэф. на температурний напір ОП	Потрібний тепловий потік опал. приладу	Кількість секцій	Довжина опал.приладу	Фактичний тепловий потік опал. приладу	Невязка	Тип радіатору
№ прим.	$Q_1, \text{Вт}$	$G_{оп}, \text{кг/год}$	$t_{вх}, \text{°C}$	$\Delta t_{о.н.}, \text{°C}$	$t_{вн.}, \text{°C}$	$\Delta t_m, \text{°C}$	$Q_{пр}, \text{Вт}$	$Q_{он}, \text{Вт}$	φ_1	φ_2	$Q^{номп}_{н.}, \text{Вт}$	шт	мм	$Q_{н.ф.}, \text{Вт}$	$M, \%$	H=500 мм
201/901	1022	44	85	20	22	53	0	1032	0,70	0,96	1502	10	1400	1708	13,72	20VK
202/902	872	37	85	20	22	53	0	880	0,70	0,96	1286	9	1200	1464	13,87	20VK
203/903	1015	44	85	20	22	53	0	1025	0,70	0,96	1493	10	1400	1708	14,41	20VK
204/904	367	16	85	20	16	59	0	371	0,80	0,94	480	4	500	569	18,63	11VK
205/905	890	38	85	20	22	53	0	899	0,70	0,96	1313	9	1200	1464	11,52	20VK
206/906	805	35	85	20	22	53	0	813	0,70	0,95	1189	8	1200	1364	14,68	11VK
207/907	1140	49	85	20	22	53	0	1152	0,70	0,96	1673	11	1400	2005	19,86	21VK
208/908	800	34	85	20	20	55	0	808	0,73	0,95	1126	8	1100	1251	11,08	11VK
209/909	863	37	85	20	25	50	0	872	0,65	0,96	1374	9	1200	1592	15,87	11VK
210/910	1110	48	85	20	22	53	0	1121	0,70	0,96	1629	11	1000	1911	17,34	22VK
211/911	822	35	85	20	22	53	0	830	0,70	0,95	1214	8	1200	1364	12,34	11VK
212/912	686	30	85	20	18	57	0	693	0,77	0,95	925	6	900	1023	10,57	11VK
213/913	711	31	85	20	20	55	0	718	0,73	0,95	1004	7	1000	1137	13,28	11VK

<i>214/914</i>	<i>839</i>	<i>36</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>848</i>	<i>0,70</i>	<i>0,96</i>	<i>1239</i>	<i>8</i>	<i>120</i> <i>0</i>	<i>1364</i>	<i>10,11</i>	<i>11VK</i>
<i>215/915</i>	<i>838</i>	<i>36</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>847</i>	<i>0,70</i>	<i>0,96</i>	<i>1238</i>	<i>8</i>	<i>120</i> <i>0</i>	<i>1464</i>	<i>18,28</i>	<i>20VK</i>
<i>216/916</i>	<i>838</i>	<i>36</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>847</i>	<i>0,70</i>	<i>0,96</i>	<i>1238</i>	<i>8</i>	<i>120</i> <i>0</i>	<i>1464</i>	<i>18,28</i>	<i>20VK</i>
<i>217/917</i>	<i>790</i>	<i>34</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>55</i>	<i>0</i>	<i>798</i>	<i>0,73</i>	<i>0,95</i>	<i>1112</i>	<i>8</i>	<i>110</i> <i>0</i>	<i>1251</i>	<i>12,46</i>	<i>11VK</i>
<i>218/918</i>	<i>757</i>	<i>33</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>765</i>	<i>0,70</i>	<i>0,95</i>	<i>1120</i>	<i>8</i>	<i>110</i> <i>0</i>	<i>1251</i>	<i>11,72</i>	<i>11VK</i>
<i>219/919</i>	<i>686</i>	<i>30</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>18</i>	<i>57</i>	<i>0</i>	<i>693</i>	<i>0,77</i>	<i>0,95</i>	<i>925</i>	<i>6</i>	<i>900</i>	<i>1023</i>	<i>10,57</i>	<i>11VK</i>
<i>220/920</i>	<i>822</i>	<i>35</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>830</i>	<i>0,70</i>	<i>0,95</i>	<i>1214</i>	<i>8</i>	<i>120</i> <i>0</i>	<i>1364</i>	<i>12,34</i>	<i>11VK</i>
<i>221/921</i>	<i>1110</i>	<i>48</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>1121</i>	<i>0,70</i>	<i>0,96</i>	<i>1629</i>	<i>11</i>	<i>120</i> <i>0</i>	<i>1911</i>	<i>17,34</i>	<i>22VK</i>
<i>222/922</i>	<i>661</i>	<i>28</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>0</i>	<i>668</i>	<i>0,65</i>	<i>0,95</i>	<i>1058</i>	<i>7</i>	<i>110</i> <i>0</i>	<i>1251</i>	<i>18,22</i>	<i>11VK</i>
<i>223/923</i>	<i>746</i>	<i>32</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>18</i>	<i>57</i>	<i>0</i>	<i>753</i>	<i>0,77</i>	<i>0,95</i>	<i>1004</i>	<i>7</i>	<i>100</i> <i>0</i>	<i>1137</i>	<i>13,30</i>	<i>11VK</i>
											<i>27983</i>			<i>32040</i>	<i>14,50</i>	

<i>1001</i>	<i>987</i>	<i>42</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>996</i>	<i>0,70</i>	<i>0,96</i>	<i>1452</i>	<i>10</i>	<i>1400</i>	<i>1708</i>	<i>17,67</i>	<i>20VK</i>
<i>1002</i>	<i>850</i>	<i>37</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>859</i>	<i>0,70</i>	<i>0,96</i>	<i>1254</i>	<i>8</i>	<i>1200</i>	<i>1464</i>	<i>16,71</i>	<i>20VK</i>
<i>1003</i>	<i>990</i>	<i>43</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>1000</i>	<i>0,70</i>	<i>0,96</i>	<i>1457</i>	<i>10</i>	<i>1400</i>	<i>1708</i>	<i>17,27</i>	<i>20VK</i>
<i>1004</i>	<i>360</i>	<i>15</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>16</i>	<i>59</i>	<i>0</i>	<i>364</i>	<i>0,80</i>	<i>0,94</i>	<i>470</i>	<i>4</i>	<i>500</i>	<i>569</i>	<i>21,03</i>	<i>11VK</i>
<i>1005</i>	<i>860</i>	<i>37</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>869</i>	<i>0,70</i>	<i>0,96</i>	<i>1269</i>	<i>8</i>	<i>1200</i>	<i>1464</i>	<i>15,38</i>	<i>20VK</i>
<i>1006</i>	<i>780</i>	<i>34</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>788</i>	<i>0,70</i>	<i>0,95</i>	<i>1153</i>	<i>8</i>	<i>1200</i>	<i>1364</i>	<i>18,29</i>	<i>11VK</i>
<i>1007</i>	<i>1110</i>	<i>48</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>1121</i>	<i>0,70</i>	<i>0,96</i>	<i>1629</i>	<i>11</i>	<i>1400</i>	<i>1911</i>	<i>17,29</i>	<i>20VK</i>
<i>1008</i>	<i>780</i>	<i>34</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>55</i>	<i>0</i>	<i>788</i>	<i>0,73</i>	<i>0,95</i>	<i>1099</i>	<i>7</i>	<i>1100</i>	<i>1251</i>	<i>13,85</i>	<i>11VK</i>
<i>1009</i>	<i>840</i>	<i>36</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>0</i>	<i>848</i>	<i>0,65</i>	<i>0,96</i>	<i>1337</i>	<i>9</i>	<i>1200</i>	<i>1592</i>	<i>19,03</i>	<i>11VK</i>
<i>1010</i>	<i>1080</i>	<i>46</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>1091</i>	<i>0,70</i>	<i>0,96</i>	<i>1586</i>	<i>10</i>	<i>1600</i>	<i>1819</i>	<i>14,68</i>	<i>11VK</i>
<i>1011</i>	<i>800</i>	<i>34</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>808</i>	<i>0,70</i>	<i>0,95</i>	<i>1182</i>	<i>8</i>	<i>1200</i>	<i>1364</i>	<i>15,40</i>	<i>11VK</i>

<i>1012</i>	<i>670</i>	<i>29</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>18</i>	<i>57</i>	<i>0</i>	<i>677</i>	<i>0,77</i>	<i>0,95</i>	<i>904</i>	<i>6</i>	<i>900</i>	<i>1023</i>	<i>13,19</i>	<i>11VK</i>
<i>1013</i>	<i>690</i>	<i>30</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>55</i>	<i>0</i>	<i>697</i>	<i>0,73</i>	<i>0,95</i>	<i>974</i>	<i>7</i>	<i>1000</i>	<i>1137</i>	<i>16,68</i>	<i>11VK</i>
<i>1014</i>	<i>820</i>	<i>35</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>828</i>	<i>0,70</i>	<i>0,95</i>	<i>1211</i>	<i>8</i>	<i>1200</i>	<i>1364</i>	<i>12,64</i>	<i>11VK</i>
<i>1015</i>	<i>810</i>	<i>35</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>818</i>	<i>0,70</i>	<i>0,95</i>	<i>1196</i>	<i>8</i>	<i>1200</i>	<i>1364</i>	<i>14,00</i>	<i>11VK</i>
<i>1016</i>	<i>810</i>	<i>35</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>818</i>	<i>0,70</i>	<i>0,95</i>	<i>1196</i>	<i>8</i>	<i>1200</i>	<i>1364</i>	<i>14,00</i>	<i>11VK</i>
<i>1017</i>	<i>770</i>	<i>33</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>55</i>	<i>0</i>	<i>778</i>	<i>0,73</i>	<i>0,95</i>	<i>1085</i>	<i>7</i>	<i>1100</i>	<i>1251</i>	<i>15,30</i>	<i>11VK</i>
<i>1018</i>	<i>740</i>	<i>32</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>747</i>	<i>0,70</i>	<i>0,95</i>	<i>1095</i>	<i>7</i>	<i>1100</i>	<i>1251</i>	<i>14,24</i>	<i>11VK</i>
<i>1019</i>	<i>670</i>	<i>29</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>18</i>	<i>57</i>	<i>0</i>	<i>677</i>	<i>0,77</i>	<i>0,95</i>	<i>904</i>	<i>6</i>	<i>900</i>	<i>1023</i>	<i>13,19</i>	<i>11VK</i>
<i>1020</i>	<i>800</i>	<i>34</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>808</i>	<i>0,70</i>	<i>0,95</i>	<i>1182</i>	<i>8</i>	<i>1200</i>	<i>1364</i>	<i>15,40</i>	<i>11VK</i>
<i>1021</i>	<i>1080</i>	<i>46</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>53</i>	<i>0</i>	<i>1091</i>	<i>0,70</i>	<i>0,96</i>	<i>1586</i>	<i>10</i>	<i>1600</i>	<i>1819</i>	<i>14,68</i>	<i>11VK</i>
<i>1022</i>	<i>640</i>	<i>28</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>0</i>	<i>646</i>	<i>0,65</i>	<i>0,95</i>	<i>1025</i>	<i>7</i>	<i>1000</i>	<i>1137</i>	<i>10,97</i>	<i>11VK</i>
<i>1023</i>	<i>730</i>	<i>31</i>	<i>85</i>	<i>20</i>	<i>18</i>	<i>57</i>	<i>0</i>	<i>737</i>	<i>0,77</i>	<i>0,95</i>	<i>983</i>	<i>7</i>	<i>800</i>	<i>1137</i>	<i>15,66</i>	<i>11VK</i>
											<i>27230</i>			<i>31448</i>	<i>15,49</i>	

Розділ 4. Проектування системи вентиляції

4.1 Розрахункові параметри зовнішнього та внутрішнього повітря

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

Температура внутрішнього повітря залежить від рівня метаболізму та теплоізоляційних властивостей вдягання людини

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

- температуру повітря в теплий період року прийнято 24 °С
- температуру повітря в холодний період року прийнято 22,5 °С

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

Згідно з діаграми максимально допустима середня швидкість повітря в робочій зоні

- швидкість руху повітря в теплий період року прийнято 0,36 м/с
- швидкість руху повітря в холодний період року прийнято 0,32 м/с

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

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

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Період року	Температура $t, ^\circ\text{C}$	Ентальпія $l, \text{кДж/кг}$	Вологовміст $d, \text{г/кг}$	Відносна вологість $\phi, \%$	Швидкість вітру $V, \text{м/с}$
Теплий	23	56,4	13	69	2,1
Холодний	-22	-21,1	0,5	83	3

Розрахункові параметри внутрішнього повітря

<i>Період року</i>	<i>Температура $t_{wz}, ^\circ\text{C}$</i>	<i>Відносна вологість $\phi_{wz} \%$</i>	<i>Швидкість повітря v_{wz}, м/с</i>		<i>Допустим а концентр ація CO_2 в приміщен ні ΔC ppm</i>
			<i>пряма дія</i>	<i>зворотня дія</i>	
<i>Теплий</i>	24	25–70	0,36	0,43	800
<i>Холодний</i>	22,5		0,32	0,38	

4.2 Визначення тепловтрат розрахункового приміщення

Розрахункова температура зовнішнього повітря $\theta_{вн}$, °C -22
 Середньорічна температура зовнішнього повітря $\theta_{ср}$, °C -1,1
 Розрахункова температура підвалу та горища $\theta_{пг}$, °C 5
 Висота приміщень, м 6

Приміщення			Огороджувальна конструкція					Теплові мости			Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат, ϵ_v	Температурний коефіцієнт кореляції (неопал.пр.), ϵ_b	Поправочний коефіцієнт, що враховує різницю температур в сусідніх опалювальних приміщеннях, f_{ij}	Характеристика трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції приміщення назовні, $H_{т.н}$, Вт/°C	Характеристика трансмісійних тепловтрат опал. прим. через ОК до суміжного опалювального приміщення із іншою розрахунковою температурою, $H_{т.в}$, Вт/°C	Трансмісійні тепловтрати приміщення, $\Phi_{т.в}$, Вт	Мінімальний санітарно-гігієнічний повітрообмін в приміщенні, $V_{тп.в}$, м³/год	Характеристика інфільтраційних тепловтрат приміщення, $H_{в.в}$, Вт/°C	Вентиляційні тепловтрати приміщення (без механічної вентиляції), $\Phi_{в.в}$, Вт	Інші постійні (періодичні) тепловтрати (надходж.), $\Phi_{пст}$, Вт	Теплова потужність СО приміщення (без вентиляційних тепловтрат), $\Phi_{н.в}$, Вт	Теплова потужність системи опалення приміщення, $\Phi_{н.в}$, Вт			
№ Приміщення/Найменування	Площа приміщення, A_v , м²	Температура, $\theta_{тп.в}$, °C	Позначення	Орієнтація	Довжина, а, м	Ширина (висота), b(h), м	Площа, A_v , м²	Коефіцієнт теплопередачі, U_v , Вт/м²·°C	Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат, ϵ_v	Коефіцієнт теплопередачі теплового мосту, ψ_v , Вт/(м·°C)													Довжина теплового мосту, l, м		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
101	44,3	22	ЗС	ПнС	6,5	3	19,50	0,343	1,00							5,3	724	54	18,4	771	-	443	281	1052	
			ЗС	ПдС	4,9	3	14,80	0,343	1,00							5,1									
			В	ПдС	1,5	1,5	2,30	1,389	1,00																3,19
			В	ПнС	1,5	1,5	2,30	1,389	1,00																3,19
			ПЛ	-	5,9	7,5	44,30	0,207	1,00						0,40										

4.3 Розрахунок надходження та балансу шкідливостей

4.3.1 Теплонадходження від сонячної радіації

Визначається як сума надходження сонячної радіації через вікна та через перекриття:

$$\Phi_{col.k} = (F_{об.к} \cdot A_{sol.k} - I_{sol.k} \cdot Fr.k \cdot \Phi_{г.k})$$

I_{sol} - значення енергетичної освітленості

$Fr.k = 0,5$ незатінена стіна

$A_{вік}$ - сумарна площа вікон

$$A_{вік} = F_{sh} \cdot (1 - F_f) \cdot A_{wp} \cdot g$$

$$A_{вік} = 1 \cdot (1 - 0,3) \cdot 0,675 \cdot 14,76 = 0,95$$

F_{sh} - понижуючий коф.затінення=1

F_f - частка площі обрамлення

g - загальний коф. пропуску сон.енергії

A_{wp} - площа заскленниого елемента

$$g = F_w \cdot g = 0,675$$

$$F_w = 0,9$$

$$g = 0,75$$

$$\Phi_{г.k} = (R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta)$$

$$R_{se} = 0,043$$

A_c - площа вікна

$$h_r = 4,5$$

$$\Delta\theta = 11$$

$$\Phi_{г.k} = (0,043 \cdot 1,389 \cdot 2,25 \cdot 4,5 \cdot 11) = 6,65$$

$$\Phi_{col.k} = (0,59 \cdot 0,95 \cdot 118 - 0,5 \cdot 6,65) = 62,82$$

$$\Phi_{col.k} = (0,81 \cdot 0,95 \cdot 90 - 0,5 \cdot 6,65) = 65,93 \quad \Sigma = 128$$

4.3.2 Теплонадходження від штучного освітлення

					Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	44

$$Q_{ocb} = A \cdot E \cdot q_{oc} \cdot \eta_{oc}$$

A - площа підлоги

$$A = 44 \text{ м}^2$$

E - освітленість

$$E = 300 \text{ Люкс.}$$

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

$$q_{oc} = 0,08 \text{ Вт/м}^2$$

η_{oc} - коефіцієнт світла перетвореного в теплоту

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

$$Q_{ocb} = 44,25 \cdot 300 \cdot 0,08 \cdot 0,55 = 650 \text{ Вт}$$

4.3.3 Надходження шкідливостей від людей

В теплий період року

Явна кількість теплоти

$$Q_{l, h} = \Sigma(q_{l, h} \cdot n)$$

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

n - кількість людей

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

$$q_{l, h} = 77 \text{ Вт}$$

$$n = 37 \text{ люд.}$$

$$Q_{l, h(1)} = 37 \cdot 77 = 2855,9 \text{ Вт}$$

Повна кількість теплоти

$$Q_{l, h} = \Sigma(q_{l, h} \cdot n)$$

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

n - кількість людей

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

$$q_{l, h} = 197 \text{ Вт}$$

$$n = 37 \text{ люд.}$$

$$Q_{l, h(1)} = 37 \cdot 197 = 7307 \text{ Вт}$$

4.3.4 Надходження шкідливостей від людей

					Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	45

В холодний період року

Явна кількість теплоти

$$Q_{l, h} = \Sigma(q_{l, h} \cdot n)$$

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

n - кількість людей

$$t_{wz} = 22,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$q_{l, h} = 88 \text{ Вт}$$

$$n = 37 \text{ люд.}$$

$$Q_{l, h(1)} = 37 \cdot 88 = 3245 \text{ Вт}$$

Повна кількість теплоти

$$Q_{l, h} = \Sigma(q_{l, h} \cdot n)$$

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

n - кількість людей

$$t_{wz} = 22,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$q_{l, h} = 200 \text{ Вт}$$

$$n = 37 \text{ люд.}$$

$$Q_{l, h(1)} = 37 \cdot 200 = 7418 \text{ Вт}$$

Результати зводимо в таблицю

Таблиця 4

Джерела теплонадходження	Теплонадходження в періоду року, Вт			
	Теплий		Холодний	
	Явні	Повні	Явні	Повні
Сонячна радіація	128,8	128,8	-	-
Штучне освітлення	650	650	650	650
Техніка	600	600	600	600
Люди	2856	7307	3245	7418
Всього	4106	8557	4495	8668

4.4 Тепловий баланс в приміщенні

За результатами розрахунку складається тепловий баланс.
Розраховані величини наводяться в таблиці 4

Таблиця 5

Період року	Параметри	Надходження	Втрати	Надлишки	Теплонапруженність Вт/м ³
Теплий	Явна теплота	4106	-	4106	34,2
	Повна теплота	8557	-	8557	
Холодний	Явна теплота	4495	654	4495	37,4
	Повна теплота	8668	654	8668	

4.4.1 Визначення градієнта температури в приміщенні

Градієнт температури – це збільшення температури на 1 м висоти приміщення.
Він залежить від теплонапруженості в приміщенні.

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

$$Q_{\text{тн}} = \frac{\Delta Q_{\text{нпр}}}{V_{\text{пр}}}$$

$V_{\text{пр}}$ – об'єм приміщення

$$V_{\text{пр}} = 120 \text{ м}^3$$

$\Delta Q_{\text{нпр}}$ – явні надлишки теплоти в приміщенні

$$\Delta Q_{\text{нпр}}^{\text{тп}} = 4106 \text{ Вт}$$

$$\Delta Q_{\text{нпр}}^{\text{хп}} = 4495 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{тн}}^{\text{тп}} = \frac{4106}{120} = 34,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{тн}}^{\text{хп}} = \frac{4495}{120} = 37,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{тн}}^{\text{тп}} = 34,2 \Rightarrow \text{grad}t = 1,5 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{м}}$$

$$Q_{\text{тн}}^{\text{хп}} = 37,4 \Rightarrow \text{grad}t = 0,8 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{м}}$$

4.5 Надходження вологи в приміщення

4.5.1 В теплий період року

$$M_B = \sum(m_{\text{вл}} \cdot n)$$

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

n - кількість людей

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

$$M_{\text{вл}} = 176 \text{ г/год}$$

$$n = 37 \text{ люд.}$$

$$M_{\text{в(т)}} = 176 \cdot 37 = 6528 \text{ г/год}$$

4.5.2 В холодний період року

$$M_B = \sum(m_{\text{вл}} \cdot n)$$

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

n - кількість людей

$$t_{\text{wz}} = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$M_{\text{вл}} = 163 \text{ г/год}$$

$$n = 37 \text{ люд.}$$

$$M_{\text{в(т)}} = 163 \cdot 37 = 6027 \text{ г/год}$$

4.5.3 Кількість вуглекислого газу

$$M_{\text{CO}_2} = \sum(M \cdot n)$$

M - питомі надходження CO_2 від однієї людини.

n - кількість людей

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

$$M = 60 \text{ г/год}$$

$$n = 37 \text{ люд.}$$

$$M_{\text{CO}_2(\text{т})} = 60 \cdot 37 = 2225 \text{ г/год}$$

Приміщення	Період року	Вологонадходження	Виділення вуглекислого газу M_{CO_2} г/год
Конфкркес зала	Теплий	6528	2225,2
	Холодний	6027	

4.6 Побудова процесів обробки повітря в І-Д діаграмі для системи вентиляції з охолодженням

4.6.1 Повітрообмін за санітарними нормами

$$L_{ch} = 3,6 \cdot (n \cdot q_p + A \cdot q_v)$$

n – кількість людей в приміщенні

$$n = 37 \text{ люд}$$

q_p – питома витрата повітря на одну людину

$$q_p = 4 \text{ дм}^3$$

A – площа приміщення

$$A = 45 \text{ м}^2$$

q_v – питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень

$$q_v = 0,4 \text{ дм}^3$$

$$L_{ch} = 3,6 \cdot (44,5 \cdot 0,4 + 37 \cdot 4) = 694 \text{ м}^3/\text{год}$$

4.6.2 Повітрообмін на розбавлення CO2 до ГДК

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

M_{co2} – надходження вуглекислого газу в приміщення

ΔC – Допустима концентрація CO2 в приміщенні

$$\Delta C = 800 \text{ ppm}$$

$$L_{co2} = \frac{2225 \cdot 1000}{1,83 \cdot 800} = 1520 \text{ м}^3/\text{год}$$

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

ρ – густина повітря у приміщенні

$$\rho = 1,181 \text{ кг/м}^3$$

$$G_{ch} = 1520 \cdot 1,188 = 1806 \text{ кг/год}$$

4.6.3 Повітрообмін в теплий період року

1. На i-d діаграму наносимо точку EХТ, що характеризує параметри зовнішнього повітря;

2. Визначаємо температуру повітря що видаляється з приміщення

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

t_{wz} – температура в робочій зоні

$$t_{wz} = 24,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$gradt$ – зміна температури по висоті приміщення

$$gradt = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C/м}$$

H – висота приміщення

$$H = 6,0 \text{ м}$$

h_{wz} – висота робочої зони

$$h_{wz} = 2 \text{ м}$$

$$t_l = 24 + 1,5 \cdot (6 - 2) = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3. Визначаємо температуру повітря після пластинчатого рекуператора:

$$t_{\text{ціп}} = t_{\text{ext}} - \theta \cdot (t_{\text{ext}} - t_l)$$

t_{ext} – температура зовнішнього повітря у найжаркіший день

$$t_{\text{ext}} = 30,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

θ – коефіцієнт ефективності пластинчатого теплообмінника прийнято:

$$\theta = 0,65$$

t_l – температура повітря, що видаляється з приміщення

$$t_l = 30,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ціп}} = 30 - 0,65 \cdot (30 - 30) = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4. З точки ext опускаємо по $d = \text{const}$ і на перетині температури $t_{\text{ціп}}$ знаходимо точку припливного повітря;

5. Визначаємо додаткове навантаження на охолодження припливного повітря:

$$Q_{\text{xi}}^u = 0,278 \cdot c_p \cdot G_{\text{ext}} \cdot (t_{\text{ext}} - t_l)$$

c_p – теплоємність повітря

$$c_p = 1,005 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$$

G_{ext} – розрахункова кількість зовнішнього повітря

$$G_{\text{ext}} = 1806 \text{ кг/год}$$

t_{ext} – температура зовнішнього повітря у найжаркіший день

$$t_{ext} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

t_i – температура повітря, що видаляється з приміщення

$$t_i = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{xi}^t = 0,278 \cdot 1,005 \cdot 1806 \cdot (0) = 0 \text{ Вт}$$

6. Визначаємо сумарне навантаження теплоти на фанкойл:

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

G_{ext} – розрахункова кількість зовнішнього повітря

$$G_{ext} = 1806 \text{ кг/год}$$

I_{ext} – ентальпія зовнішнього повітря

$$I_{ext} = 55,0 \text{ кДж/кг}$$

I_{wz} – ентальпія внутрішнього повітря на перетині ϕ_{wz} та t_{wz}

$$I_{wz} = 44 \text{ кДж/кг}$$

Q_{xi}^t – кількість теплоти, що поступає в приміщення з зовнішнім повітрям

$$Q_{xi}^t = 0 \text{ Вт}$$

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

$$\Delta Q_{hf} = 8557 \text{ Вт}$$

$$Q_{ni} = 0,278 \cdot 1806 \cdot (55 - 44) + 8557 = 14080 \text{ Вт}$$

7. Визначаємо кут променя процесу з урахуванням додаткового навантаження :

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot Q_{ni}}{M_{вол} + G_{ext} \cdot (d_{ext} - d_{wz})}$$

Q_{ni} – навантаження теплоти на каналний кондиціонер

$$Q_{ni} = 14080 \text{ Вт}$$

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

$$M_{вол} = 6527,8 \text{ г/год}$$

G_{ext} – розрахункова кількість зовнішнього повітря

$$G_{ext} = 1806 \text{ кг/год}$$

d_{ext} – вологовміст зовнішнього повітря

$$d_{ext} = 10,5 \text{ г/кг}$$

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

$$d_{wz} = 8,3 \text{ г/кг}$$

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot 14080}{6527,8 + 1806 \cdot (10,5 - 8,3)} = 4,8 \text{ кДж/г}$$

8. Визначаємо граничну температура повітря у фанкоїлі:

Температура холодоносія t_{wk} 12–14 °C

$$t_f = 11 + 1 = 12 \text{ °C}$$

9. На перетині t_f і $\phi = 100\%$ ставимо точку f , що характеризує граничний стан повітря у фанкоїлі. З отриманої точки на лінії насичення проводимо лінію променя процесу ε . На перетині ε з ізотермою t_{wz} отримуємо точку WZ .

10. Визначаємо параметри повітря в робочій зоні.

11. На лінії променя процесу ε знайдемо точку O , що характеризує кінцевий стан осушення і охолодження повітря при значенні кінцевої відносної вологості $\phi_o = 90\%$.

12. Визначаємо витрату повітря через фанкойл :

$$G_{kk} = \frac{3,6 \cdot Q_{ni}}{(I_1 - I_o)}$$

Q_{ni} – навантаження теплоти на каналний фанкойл

$$Q_{ni} = 14080 \text{ Вт}$$

I_1 – ентальпія повітря, що видаляється з приміщення

$$I_1 = 68,0 \text{ кДж/кг}$$

I_o – ентальпія повітря, після охолодження

$$I_o = 41 \text{ кДж/кг}$$

$$G_{kk} = \frac{3,6 \cdot 14080}{(68 - 41)} = 1877 \text{ кг/год}$$

Приймаємо 1 каналний фанкойл з витратою повітря $G = 1920 \text{ кг/год}$

13. Уточнюємо параметри повітря на виході з фанкоїла:

$$I_{in} = I_1 - \frac{3,6 \cdot Q_{ni}}{G_{ky}}$$

l_i – ентальпія повітря, що видаляється з приміщення

$$l_i = 68,0 \text{ кДж/кг}$$

Q_{ni} – навантаження теплоти на 1 каналний фанкоїл

$$Q_{ni} = 14080 \text{ Вт}$$

G_{ky} – кількість повітря, що проходить через каналну установку

$$G_{ky} = 1920 \text{ кг/год}$$

$$t_{in} = 68 - \frac{3,6 \cdot 14080}{1920} = 41,0 \text{ кДж/кг}$$

4.6.4 Повітрообмін в холодний період року

1. На i-d діаграму наносимо точку ЕХТ, що характеризує параметри зовнішнього повітря.

2. Визначаємо температуру повітря що видаляється з приміщення :

$$t_i = t_{wz} + g \cdot \Delta t \cdot (H - h_{wz})$$

t_{wz} – температура повітря в робочій зоні

$$t_{wz} = 22,5^\circ\text{C}$$

$g \cdot \Delta t$ – зміна температури повітря по висоті приміщення

$$g \cdot \Delta t = 0,8 \text{ }^\circ\text{C/м}$$

H – висота приміщення

$$H = 6,0 \text{ м}$$

h_{wz} – висота робочої зони

$$h_{wz} = 2 \text{ м}$$

$$t_i = 22,5 + 0,8 \cdot (6 - 2) = 25,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

3. Визначаємо вологовміст повітря, що видаляється :

$$d_i = d_{ext} + \frac{M_{вол}}{G_{ext}}$$

d_{ext} – вологовміст зовнішнього повітря

$$d_{ext} = 0,5 \text{ г/кг}$$

$M_{вол}$ – вологонадходження в приміщення

$$M_{вол} = 6027 \text{ г/год}$$

G_{ext} – розрахункова кількість зовнішнього повітря

$$G_{ext} = 1806 \text{ кг/год}$$

$$d_i = 0,5 + \frac{6027}{1806} = 3,8 \text{ г/кг}$$

4. Визначаємо кут променя процесу в приміщенні :

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot Q_{hf}}{M_{вол}}$$

Q_{hf} – повні теплонадходження в приміщення

$$Q_{hf} = 8668 \text{ Вт}$$

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

$$M_{вол} = 6027 \text{ г/год}$$

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot 8668}{6027} = 5,2 \text{ кДж/г}$$

5. Визначаємо параметри повітря в робочій зоні, по i-d діаграмі

6. Визначаємо температуру повітря після нагріву в пластинчатому рекуператорі

$$t^* = t_{ext} + \theta \cdot (t_{ext} - t_i)$$

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

$$t_{ext} = -19,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

θ – коефіцієнт ефективності пластинчатого теплообмінника приймається:

$$\theta = 0,65$$

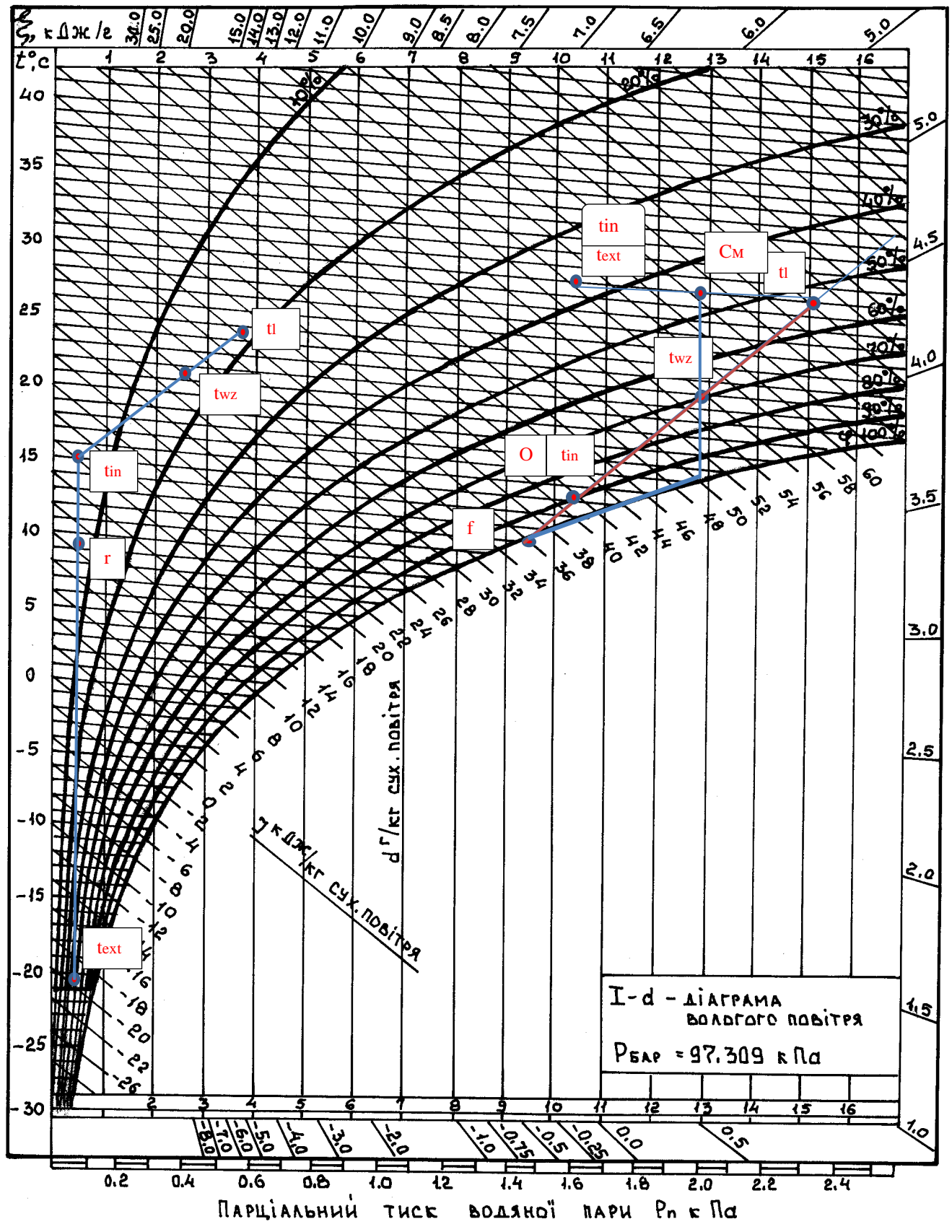
t_i – температура повітря, що видаляється

$$t_i = 25,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t^* = -19 - 0,65(-19 - 25,7) = 10,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Повітрообмін	G кг/год	L м ³ /год
<i>Теплий період</i>		
<i>За санітарними нормами</i>	825	694
<i>За розбавленням CO₂ до ГДК</i>	1806	1520
<i>Витрата зовнішнього повітря центрального кондиціонера</i>	1806	1520
<i>Витрата повітря в каналному кондиціонері</i>	1920	1600

<i>Період</i>	<i>Точка</i>	<i>Опис</i>	<i>t, °C</i>	<i>l, кДж/кг</i>	<i>d, г/кг</i>	<i>φ %</i>
<i>Теплий</i>	<i>ext</i>	<i>зовнішнє повітря</i>	<i>30</i>	<i>55</i>	<i>10,5</i>	<i>38</i>
	<i>in_ц</i>	<i>припливне повітря центральної установки</i>	<i>30</i>	<i>55</i>	<i>10,5</i>	<i>38</i>
	<i>f</i>	<i>граничний стан повітря у каналному кондиціонері</i>	<i>12</i>	<i>36,5</i>	<i>9,7</i>	<i>100</i>
	<i>o</i>	<i>кінцевий стан охолодженого повітря після каналного кондиціонера</i>	<i>15</i>	<i>41</i>	<i>10,4</i>	<i>90</i>
	<i>in_к</i>	<i>параметри повітря після охолодження у каналному кондиціонері</i>	<i>15</i>	<i>41,0</i>	<i>10,4</i>	<i>90</i>
	<i>wz</i>	<i>робоча зона</i>	<i>24</i>	<i>55,8</i>	<i>12,9</i>	<i>70</i>
	<i>l</i>	<i>видаляєме повітря</i>	<i>30,0</i>	<i>68</i>	<i>15,1</i>	<i>55</i>
<i>Холодний</i>	<i>ext</i>	<i>зовнішнє повітря</i>	<i>-19</i>	<i>-18</i>	<i>0,5</i>	<i>45</i>
	<i>г</i>	<i>повітря після рекуперації</i>	<i>10,5</i>	<i>11</i>	<i>0,5</i>	<i>6</i>
	<i>in</i>	<i>припливне повітря</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>0,5</i>	<i>4</i>
	<i>wz</i>	<i>робоча зона</i>	<i>22,5</i>	<i>28</i>	<i>2,5</i>	<i>15</i>
	<i>l</i>	<i>видаляєме повітря</i>	<i>25,7</i>	<i>34</i>	<i>3,8</i>	<i>19</i>

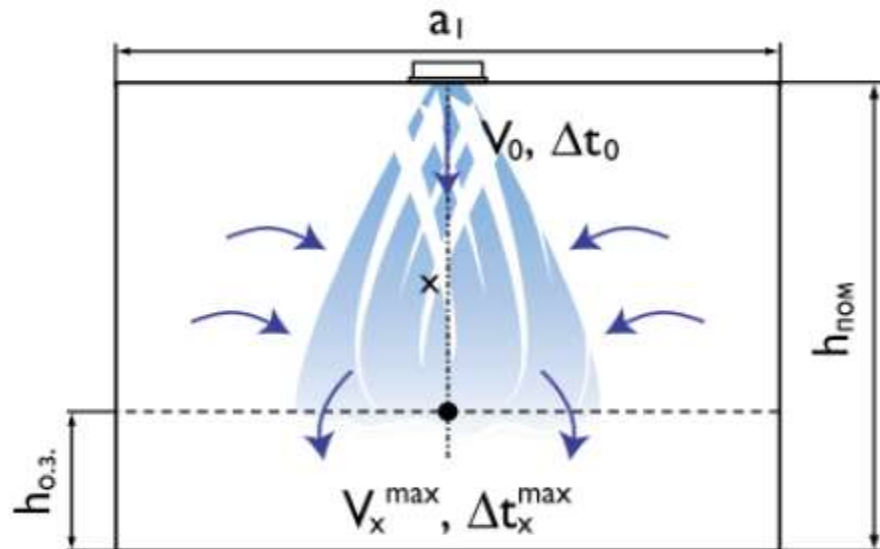


4.7 Розрахунок повітророзподільників

Вихідні дані для підбору повітророзподільників

Витрата повітря	$L =$	1520	$\text{м}^3/\text{год}$
Площа основної зали	$F_{\text{пр}} =$	44,5	м^2
Висота приміщення	$H_{\text{пр}} =$	6	м
Висота робочої зони	$h_{\text{вз}} =$	2	м

1. Задаємося наступною схемою повітророзподілення



2. Кількість повітророзподільників приймаємо рівною: 6

3. Знаходимо кількість повітря, що припадає на 1 повітророзподільник:

$$L_1 = \frac{L}{z} = \frac{1520}{6} = 253 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

4. Приймаємо повітророзподільник ДПУ-К, що створює віялову струмину з характеристиками які наведені в таблиці 6

Таблиця 6

Діаметр приєднання D_0 , мм	Площа живого перерізу F_0 , м^2	коефіцієнт затухання швидкості m	коефіцієнт затухання температури n	Витрата L , $\text{м}^3/\text{год}$	КМО
200	0,029	2,0	1,7	250	2,4

5. Знаходимо швидкість руху повітря на виході із повітророзподільника

$$V_o = \frac{L_1}{3600 \cdot F_o}$$

L_1 - витрата повітря, що припадає на 1 повітророзподільник

$$L_1 = 253 \text{ м}^3/\text{год}$$

F_o - площа живого перерізу повітророзподільник

$$F_o = 0,029 \text{ м}^2$$

$$V_o = \frac{253}{3600 \cdot 0,029} = 2,4 \text{ м/с}$$

6. Визначено перепад температури повітря між робочою зоною, та припливним повітрям

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

t_{wz} - температура повітря в робочій зоні

$$t_{wz} = 22,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

t_{in} - температура припливного повітря

$$t_{in} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_o = 22,5 - 15 = 7,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

7. Поправочні коефіцієнти взаємодії струмини з навколишнім середовищем
- коефіцієнт K_s на стиснення струмини огороженнями приміщень
- розрахункова довжина струмини

$$x = H_{np} - h_{wz}$$

H_{np} - висота основного приміщення

$$H_{np} = 6 \text{ м}$$

h_{wz} - висота робочої зони

$$h_{wz} = 2 \text{ м}$$

$$x = 6 - 2 = 4 \text{ м}$$

$$0,1 \cdot \bar{l} = \frac{0,1 \cdot l}{\sqrt{F_o}}$$

l - довжина між повітророзподільниками

					Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	58

$$l = 8,9 \text{ м}$$

F_0 - площа живого перерізу повітророзподільника

$$F_0 = 0,046 \text{ м}^2$$

$$0,1 \cdot \bar{l} = \frac{0,1 \cdot 8,875}{0,046} = 4,1$$

$$0,1 \cdot \bar{l} \Rightarrow K_c = 0,38$$

- коефіцієнт K_n на врахування неізотермічності струмини

$$K_n = \sqrt[3]{1 + 2,5 \cdot (\text{Arx})} = 1,1$$

$$K_n = \sqrt[3]{1 + 2,5 \cdot (0,913)} = 1,486$$

$$\text{Arx} = \frac{n}{11} \cdot \frac{\Delta t_0 \cdot \sqrt{F_0}}{2} \cdot \left[\frac{x}{1,13 \cdot \sqrt{F_0}} \right]^2$$

$$\text{Arx} = \frac{1,7}{2} \cdot \frac{7,5 \cdot \sqrt{0,029}}{2 \cdot 295,65} \cdot \left[\frac{3,1}{1,13 \cdot \sqrt{0,029}} \right]^2 = 1$$

m – коефіцієнт затухання швидкості в струмині

$$m = 2,0$$

v_o – швидкість руху повітря на виході із повітророзподільника

$$v_o = 2,4 \text{ м/с}$$

F_o – площа живого перерізу повітророзподільника

$$F_o = 0,029 \text{ м}^2$$

n – коефіцієнт затухання температури в струмині

$$n = 1,7$$

Δt_o – перепад температури між робочою зоною, та припливним повітрям

$$\Delta t_o = 7,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$K_c = 1,00$$

K_n – поправочний коефіцієнт на врахування неізотермічної струмини

$$K_n = 1,48$$

K_b – поправочний коефіцієнт на взаємодію струмин між собою

$$K_b = 1,00$$

x – розрахункова довжина струмини

$$x = 3,1 \text{ м}$$

– Знайдено максимальну швидкість, та різницю температур при вході в робочу зону

$$v_{x \max} = v_o \cdot \frac{m \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_b \cdot \left[\text{---} \right]}{x}$$

$$v_{x \max} = 2,42 \cdot \frac{2 \cdot 1 \cdot 1,486 \cdot \left[\text{---} \right]}{3,12} = 0,39 \text{ м/с}$$

$$\Delta t_{x \max} = \Delta t_o \cdot \frac{v_x \cdot n}{v_o \cdot m}$$

Δt_o – перепад температури між робочою зоною, та припливним повітрям

$$\Delta t_o = 7,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

v_x – швидкість руху повітря на виході в робочу зону

$$v_x = 0,4 \text{ м/с}$$

n – коефіцієнт затухання температури в струміні

$$n = 1,7$$

v_0 – швидкість руху повітря на виході із повітророзподільника

$$v_0 = 2,4 \text{ м/с}$$

m – коефіцієнт затухання швидкості в струміні

$$m = 2,0$$

$$\Delta t_{x \text{ max}} = 7,5 \cdot \frac{0,393 \cdot 1,7}{2,42 \cdot 2} = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

						Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		61

4.8 Баланс повітря

Значення повітрообмінів в кожному приміщенні заносимо до таблиці. Різниця між повітрообмінами по притоку та витяжці - дисбаланс подається (видаляється) в загальне приміщення.

$L=K_p \cdot V$ (повітрообмін за кратність); $L=L_i \cdot n$ (повітрообмін за обладнання).

Номер приміщення	Приміщення	Об'єм приміщення $V \text{ м}^3/\text{год}$	Приплив		Витяжка		Примітка
			K_p , год^{-1}	L , $\text{м}^3/\text{год}$	K_p , год^{-1}	L , $\text{м}^3/\text{год}$	
101	Конференц зала	292,5	за роз.	1520	за роз.	1520	
102	Вестибюль	219,96	2	440	-	-	
103	Коридор	2402,16	2	4804	-	-	
104	Гардероб	318,42	-	-	1	520	
105	Офіс	139,92	1,5	210	1	549	
106	Склад	419	-	-	0,5	412	
107	Коридор	157,5	2	315	-	-	
108	Туалет	36	-	-	-	525	
109	Офіс	184	1,5	276	1	593	
110	Коридор	147	2	294	-	-	
111	Туалет	25,2	-	-	-	525	
112	Офіс	126	1,5	189	1	535	
113	Офіс	318	1,5	477	1	727	
114	Офіс	170	1,5	255	1	579	
115	Коридор	79,4	2	159	-	-	
116	Офіс	210	1,5	315	1	619	
117	Туалет	28	-	-	-	525	
118	Туалет	28	-	-	-	525	
119	Коридор	79,4	2	159	-	-	
120	Офіс	210	1,5	315	1	619	
121	Офіс	170	1,5	255	1	579	
122	Офіс	318	1,5	477	1	727	
123	Коридор	245	2	490	-	-	
124	Офіс	126	1,5	189	1	535	
125	Туалет	25,2	-	-	-	525	
1	Вентиляційний центр	103,2	2	206,4	2	206	

Для збереження балансу встановлюємо додаткову витяжку у туалетах 1875 м³/год.

Всього припливного повітря = $\Sigma 11345$ м³

Всього витяжного повітря = $\Sigma 11345$ м³

Баланс повітря дотриманий.

						Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		63

4.9 Аеродинамічний розрахунок

Аеродинамічний розрахунок є основним розрахунком при проектуванні вентиляції, тільки після його виконання можна визначити перерізи повітропроводів, підібрати вентилятор, скласти специфікацію.

Розрахунок повітропроводів складається з 2-х етапів:

1. Розрахунок ділянок основного (магістрального) напрямку вентиляційної системи, який характеризується найбільшою довжиною та завантаженістю.

2. Ув'язка відгалужень вентиляційної системи.

Перший етап проводиться у такій послідовності:

1. Розбивають систему на окремі ділянки і визначають витрати повітря на кожній ділянці. Значення витрат повітря та довжини кожної ділянки наносять на аксонометричну схему.

2. Визначаємо площу поперечного перерізу ділянок повітропроводу. За отриманими значеннями підбирають стандартні розміри повітропроводу.

3. Визначаємо загальні втрати тиску на ділянках та у вентиляційній системі.

4. За значенням тиску і продуктивності підбирають вентиляційне обладнання.

Другий етап: ув'язка відгалужень.

Втрата тиску від точки розгалуження до кінця розгалуження повинна дорівнювати втратам тиску від цієї ж точки до кінця магістрального напрямку.

Підбирають площу поперечного перерізу відгалуження повітропроводу, а при необхідності встановлюють регулюючий пристрій (дросель-клапан або діафрагму).

Нев'язка не повинна перевищувати 10%

Розділ 5. Технології та організація монтажу інженерних систем і мереж

5.1 Технології монтажу систем вентиляції

5.1.1 Підготовчі роботи до монтажу систем вентиляції

Монтаж систем вентиляції здійснюється будівельно-монтажними організаціями, які мають дозвіл на виконання цих робіт. Монтаж кваліфікованим персоналом, який пройшов спеціальну підготовку і має навички виконання монтажних робіт.

Монтаж систем вентиляції повинен відбуватися при готовності об'єкта до будівництва в житлових і громадських будівлях до п'яти поверхів – окремо стоячі будівлі, одна або декілька ділянок, п'ять і більше поверхів – одна або декілька ділянок п'ятиповерхової забудови.

До початку монтажу систем вентиляції генеральним підрядником мають бути виконані наступні види робіт :

а) роботи нульового циклу;

- прибране сміття і вивезені залишки будівельних конструкцій;*
- виконані перехідні містки, підмостки для переміщення по поверхам або покрівлі, необхідні огороження;*
- виконані отвори в стінах та перекриттях для проходження повітропроводів;*
- виконано тимчасове освітлення (за потреби);*
- забезпечений доступ до місць прокладання повітропроводів.*

б) Роботи наземного циклу:

в межах захватки:

- виконані міжповерхові перекриття, перегородки, стіни, підведені необхідні комунікації;*
- встановлені віконні блоки;*

Крім того, допускається установка повітропроводів з ухилом 0,01–0,015 в бік дренажних пристроїв.

5.1.3 Способи та послідовність виконання монтажу повітропроводів

Мережа повітропроводів монтується з прямих ділянок і фітінгів, попередньо зібраних в окремі більші вузли. Окремі ланки та компоненти повітропроводів монтуються за допомогою фланців або муфт.

Існує кілька способів кріплення повітропроводів, які застосовуються залежно від форми перерізу каналу. Для прямокутних повітропроводів можуть бути застосовані такі варіанти:

Шпилька та профіль

Різьбовий елемент за допомогою анкера кріпиться у стельовій плиті, фермі або на опорній деталі. До повітропроводу кріпиться L - або Z-подібний профіль. Одна частина профілю з'єднана зі шпилькою, друга закріплена на повітроводі. L-подібні елементи використовуються на більш легких каналах малого перерізу, а Z -подібний елемент, який кріпиться знизу, застосовується для важких повітропроводів великого перерізу.



Z -подібний профіль



L-подібний профіль

Рис. 5.1. Монтаж на шпильку та профіль

Шпилька та траверса

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Цей спосіб застосовується для монтажу важких каналів понад 0,6 м шириною. Шпилька кріпиться вертикально до стелі, а траверса прикріплюється горизонтально до стіни. Повітропровід укладається на неї як на горизонтальну балку, а вільний кінець підтримує шпилька.



Рис. 5.2. Монтаж на шпильку та траверсу

Для круглих трубопроводів можуть бути використані такі способи кріплення:

Шпилька та хомут

Канал охоплюється хомутом, верхня частина якого з'єднана зі шпилькою, інший кінець якої закріплений в плиті стель (або в іншій конструкції нагорі). Повітропровід виявляється підвішеним за хомут до верхніх несучих елементів.



Рис. 5.3. Монтаж на шпильку та хомут

Хомут

У деяких випадках для монтажу гнучких повітроводів шпильку не використовують, обмежуючись одним хомутом, прикріпленим до стельової плити.

Перфорована стрічка

Крім цих способів може бути використаний варіант кріплення перфорованою стрічкою, що підходить як для круглих, так і для прямокутних повітроводів. Однак, цей спосіб підходить тільки для каналів шириною не більше 0,2 м, так як він має слабку стійкість до вібрації.



Рис. 5.4. Монтаж на перфоровану стрічку

Процес монтажу горизонтальних повітроводів проходить в кілька етапів:

- 1) Установка кріплень
- 2) Визначення місця для установки механізму підняття вузлів повітропроводу.
- 3) Монтування хомутів, закріплення деталей, монтування інших елементів в вузли.
- 4) Монтування головного вузла.
- 5) Підняття вузла на потрібну висоту, кріплення по відмітках.
- 6) Кріплення повітропроводу фланцями.

5.1.4 Складання монтажних креслень системи вентиляції

Спочатку вибирається стандартна довжина деталі повітроводу залежно від способу виготовлення ланок. Приймаємо довжину стандартної ланки або прямої ділянки повітроводу рівну 2000 мм. Не можна приймати одночасно два типи ланок повітроводів стандартної довжини.

На аксонометричній схемі виділяються фасонні частини системи вентиляції: відводи, трійники, хрестовини та переходи. Фасонні частини приймаються згідно каталогам виробників або нормами. З'єднання деталей та ланок повітроводів у системі вентиляції буде здійснюватися з використанням муфтового з'єднання. Умовні позначення деталей системи вентиляції приймаються згідно з ДСТУ Б А.2.4-1:2009. Приклад розбивки системи вентиляції на деталі показаний на рис. 5.5.

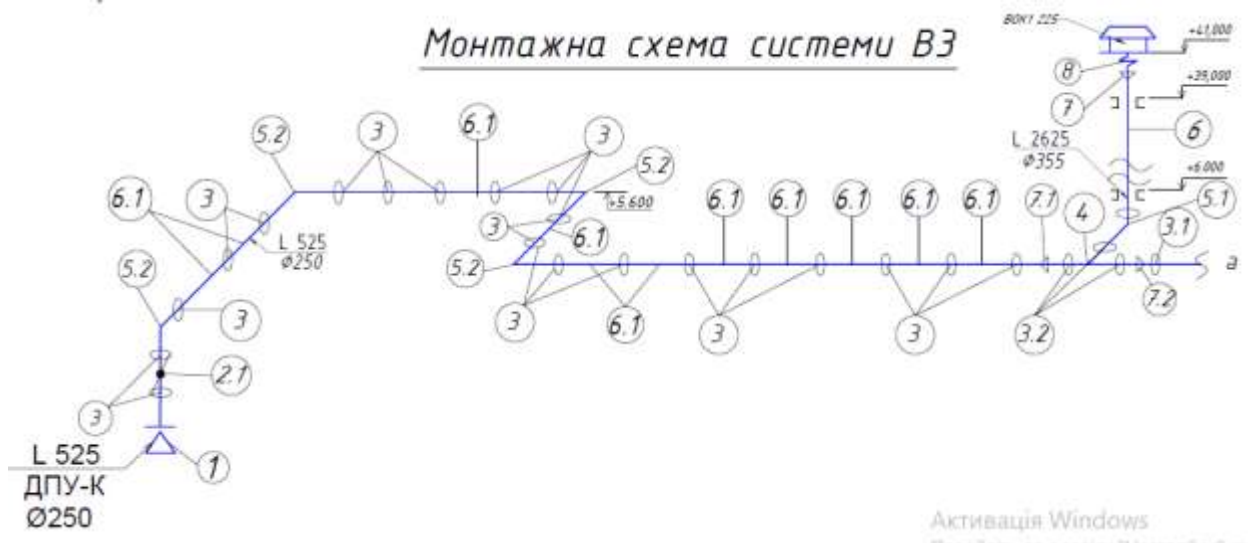










Рис. 5.5. Монтажна схема системи вентиляції

У місцях приєднання вентилятора до повітроводу встановлюються м'які вставки та при необхідності – переходи.

Нумеруються окремі ділянки системи вентиляції, вказуються їх перерізи та довжини. Ділянками вважаються повітропроводи, які розташовані між двома фасонними частинами. Ділянки повітроводів, у свою чергу, складаються з прямих ділянок повітроводів чи ланок. Номер ділянки повітроводів береться в

Таблиця 5.1

№	Позначення	Найменування деталі	Розмір перетину, мм			Довжина, мм	Кількість	Центр. кут, гр.	Площа поверхні, м ²		Матеріал товщина, мм	Примітка
			круг D	прямокут					один	заг		
				a	b							
1		Круглий анемостат	250	-	-	78	5	-	0,091	0,59	0,4	Vents
2		Дросель-клапан	355	-	-	240	2	90	0,031	0,372	0,6	Vents
2.1			250	-	-	280	12		0,075	0,15	0,5	
3		Муфта	250	-	-	140	3	90	0,356	1,78	0,5	Vents
3.1			315	-	-	180	12		0,317	3,804	0,7	
3.2			355	-	-	140	15		0,22	3,3	0,7	
4		Трійник	355/355	-	-	600	1	90	2,52	2,52	1	Vents
4.1			355/315	-	-	600	1		2,25	2,25	0,7	
4.2			315/250	-	-	290	3		0,75	2,25	0,7	
5		Відвід	355	-	-	900	1	90	4,45	4,45	1	Vents
5.1			315	-	-	710	1		2,84	2,84	0,7	
5.2			250	-	-	450	1		1,23	1,23	0,7	
6		Повітропровід	355	-	-	2000	12	90	2,23	11,3	0,7	Vents
6.1			250	-	-	2000	6		1,57	25,1	0,5	
6.2			315	-	-	2000	3		4,46	13,38	0,7	
7		Перехід	262/355	-	-	136	1	90	0,45	0,45	0,5	Vents
7.1			355/250	-	-	122	1		0,38	1,14	0,5	
7.2			355/315	-	-	109	1		0,32	0,96	0,5	
7.3			315/250	-	-	155	1		0,55	0,55	0,7	
8		Гнучка вставка	-	900	500	154	1	-	0,002	0,002	1	Vents

5.2 Організація монтажу теплових мереж

5.2.1. Календарне планування виконання робіт

Календарний план містить перелік усіх будівельних та монтажних робіт, їх обсяг, нормативну трудомісткість, тривалість робіт, склад бригади, дати початку та закінчення. Календарний план складається з таблиці і графічної частини. На основі календарного плану складаються графіки постачання матеріалів та виконання робіт..

Вихідними даними для складання плану є:

- 1) розраховані обсяги робіт;
- 2) технологічна послідовність виконання робіт;

3) загальні терміни будівництва (нормативні або визначені замовником);

4) чисельність робітників;

5) норми витрат часу робітників або машин / механізмів.

Обсяг робіт виділяється згідно специфікації та робочих креслень. Тривалість робіт визначається виходячи із загального часу будівництва, необхідних трудовитрат і кількості робітників. Склад бригади визначається відповідно до нормативних документів в залежності від вимог робіт і може коригуватися в залежності від терміну будівництва.

При складанні графіка слід дотримуватися максимальної кількості робітників впродовж всього періоду роботи.

Графік руху робочої сили використовується для визначення коефіцієнта нерівномірності переміщення кількості працівників:

$$K = \frac{P_{\max}}{P_{\text{сер}}}, \text{ де}$$

P_{\max} – максимальне число робітників, $P_{\text{сер}}$ – середнє число робітників.

5.2.2. Побудова графіка зміни чисельності робітників на об'єкті

Тривалість робіт на графіку позначається лінією-вектором. Над нею вказується кількість робітників у зміні, число змін, тривалість виконання (2x1x5). Тривалість роботи для механізованих процесів визначається кількістю машино-змін, а для решти – із розрахунку кількості робітників у бригаді або ланці, які виконують даний процес. Число робітників приймається згідно з прийнятою трудомісткістю. Не можна допускати великих змін кількості робітників, тоді ірафік руху буде з великим перепадом.

Необхідно намагатися, щоб кількість робітників на об'єкті була постійною. Зміна в їх кількості допускається в межах 20%. Графік необхідно скласти так, щоб після закінчення роботи на одній захватці робітники переходили на другу.

У процесі розроблення календарного плану необхідно передбачати рівномірне використання робітників. Для цього по мірі складання плану будується графік зміни кількості робітників за кожен день (підсумовується кількість робітників і у відповідному масштабі (наприклад, 5 мм відповідає 1 людині) відкладаємо по вертикалі, з'єднуючи ці величини по горизонталі, отримуємо графік (рис. 5.6)).

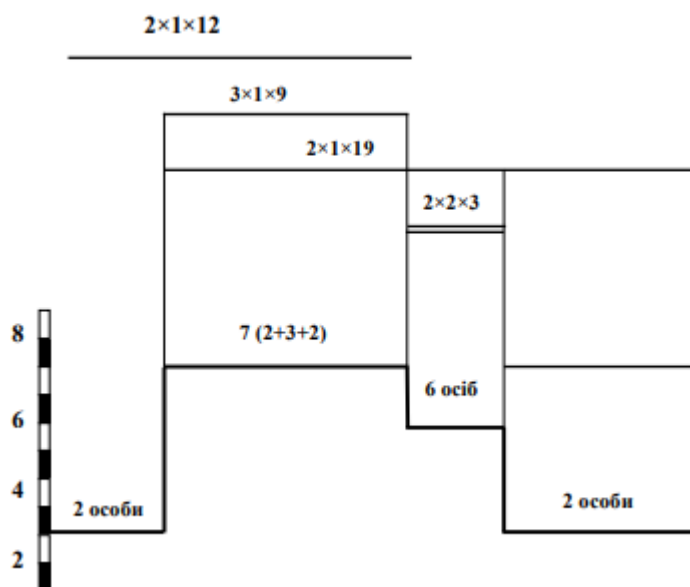


Рис. 5.6. Графік зміни кількості робітників

При побудові рівномірного графіка зміни чисельності робітників у цілому по об'єкту, не потрібно порушувати технологічну послідовність виконання робіт, правила техніки безпеки і охорони праці. У графіку не повинно бути різких коливань, потрібна кількість робітників у початку монтажу об'єкта має наростати, в період монтажу бути по можливості стабільною і в кінці монтажу скорочуватися до мінімуму. Якщо графік отримали незадовільним, необхідно його

потрібного інтенсивністю; постачання або перебазування на робоче місце будівельних машин та пересувних (мобільних) механізованих установок.

5.2.4. Планування виконання монтажу теплових мереж потоковим методом

Метою поточкового методу будівництва є забезпечення безперервного та ритмічного виконання робіт, рівномірного використання грошових, матеріально-технічних та трудових ресурсів, завантаження виробничої бази, будівельних машин та обладнання для рівномірного випуску будівельної продукції – будівель, споруд або їх частин.

Застосування потоку в будівництві збільшує випуск продукції, підвищує якість, знижує трудомісткість та вартість в цілому всього будівництва.

Потоковий метод в будівництві може бути застосований при виконанні операцій в кожному простому процесі та простих процесів в комплексному будівельному процесі, а також всіх основних комплексних процесів на одному об'єкті, в будівництві ряду об'єктів при поточній організації робіт на кожному з них.

Основними особливостями поточкового методу організації виробництва є: розподіл складного технологічного процесу на прості технологічні операції; створення спеціалізованих робочих місць для виконання кожної операції; ці робочі місця оснащуються спеціалізованими засобами праці, інструментом, обладнанням тощо; на кожному з них працюють один або кілька кваліфікованих робітників. При цьому здійснюється вузька спеціалізація робітників, що при впровадженні спеціалізованого інструменту та обладнання дає значне зростання продуктивності праці; застосування спеціального міжопераційного транспорту для доставляння виробу або деталі від одного робочого місця до

іншого (це може бути конвеєр, спеціальний візок тощо); одночасність виконання технологічних операцій на різних робочих місцях, а також транспортування виробів від одного робочого місця до іншого.

Потоковий метод будівництва передбачає такі етапи організації (створення) будівельно-монтажного потоку виконання робіт:

1) кожний сукупний виробничий процес поділяють на складові процеси;
2) встановлюють для виконання окремих складових процесів окремих виконавців (бригади, ланки):

3) поділяють увесь фронт робіт по будівництву на захватки (ділянки) і визначають тривалість виконання на цих складових процесів;

4) призначають черговість виконання робіт окремими виконавцями на захватках з ув'язкою термінів між собою та забезпеченням безперервності використання ресурсів.

Перелік комплексу робіт при прокладанні теплових мереж:

1. Земляні роботи:

Розробка траншеї екскаватором:

- у відвал;
- з навантаженням на автосамоскид.

Планування дна та відкосів траншеї вручну.

2. Монтаж залізобетонних конструкцій (ЗБК):

- монтаж лотків непрохідних каналів;
- монтаж теплофікаційних камер із збірних ЗБК;
- монтаж щитових нерухомих опор із ЗБК;

3. Монтаж трубопроводів:

- монтаж трубопроводів в непрохідних каналах;
- монтаж сальникових компенсаторів;
- монтаж засувки, дренажного обладнання і арматури;
- монтаж П-подібних компенсаторів;

4. *Теплова ізоляція трубопроводу:*

- *ізоляція трубопроводу штучними або обгорточними теплоізоляційними виробами;*

- *обгортання поверхні ізоляції шаром рулонного матеріалу;*

5. *Монтаж верхніх елементів ЗБК каналів та теплових камер*

6 *Земляні роботи:*

- *присипання траншеї вручну;*

- *демонтаж огорожі та перехідних містків; засипання траншеї бульдозером.*

Циклограмні моделі потоковим методом передбачає використання спеціалізованих бригад, які в певній послідовності переходять з об'єкта на об'єкт або з захватки на захватку (в межах одного об'єкта), виконуючи весь комплекс робіт. Весь фронт робіт розділяють на часткові фронти – захватки, але з умовою, що на одній захватці може працювати одночасно лише одна бригада або ланка. Після закінчення роботи на захватці бригада переходить на наступну захватку, а на її місце приходить друга спеціалізована бригада.

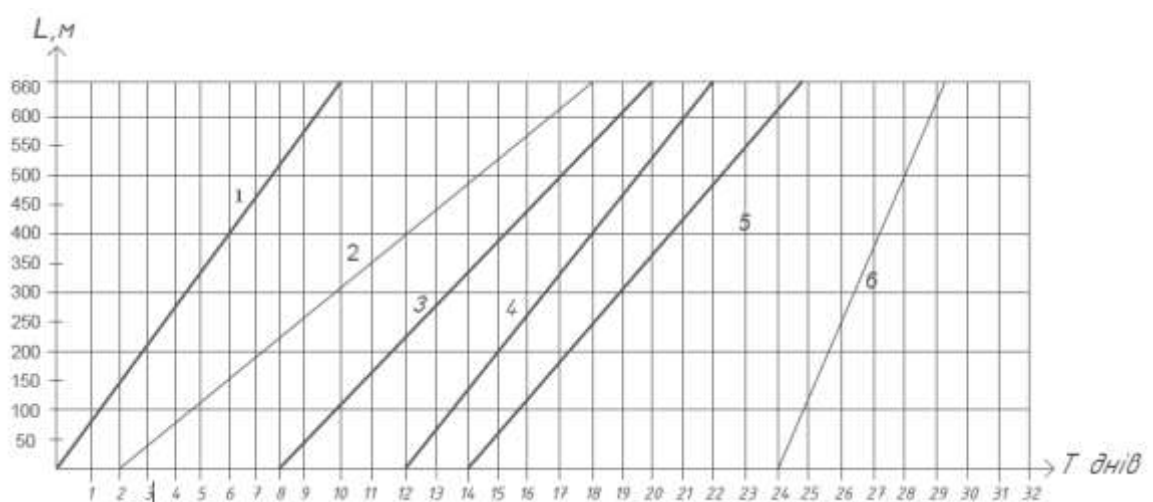


Рис. 5.7. Циклограма робіт з монтажу теплових мереж

За розробленими графіками можна встановити залежності між параметрами потоку.

						Лист
						87
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

застосуванні в якості засобів підмашування випадкових предметів чи несправних засобів підмашування, застосуванні несправного інструмента; виконанні невластивих робіт, що не входять в обов'язки монтажника санітарно-технічних систем і для виконання яких відсутні необхідні знання; незастосуванні засобів індивідуального захисту; використанні випадкових предметів в якості інструмента.

Небезпечні виробничі фактори – це фактори, вплив яких на працівників за певних умов призводить до травмування або раптового погіршення здоров'я.

Шкідливі виробничі фактори – це фактори, вплив яких на працівників за певних умов призводить до захворювання або зниження працездатності.

В залежності від рівня та тривалості впливу шкідливої фактор може стати небезпечним.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори можна поділити на чотири групи за характером впливу на організм людини: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До **фізичних** небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать фактори, що характеризують технологічні процеси (рухомі машини та механізми, рухомі частини обладнання, рухомі вироби, заготовки та матеріали, гострі кромки, задирки, підвищена або знижена температура поверхонь обладнання та матеріалів, підвищена напруга, підвищений рівень статичної електрики), а також фактори, що характеризують повітря виробничих приміщень (робочих зон), включаючи підвищену запиленість і загазованість, погодні умови та незадовільні умови праці.

Аналіз приведений в таблиці 6.1

Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

№	Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісні оцінки	Нормативні документи
1	2	3	4	5
1	Наявність токсичних речовин, шкідливих хімічних речовин	Роботи зі зберіганням, обробкою, переробкою або використанням отруйних, корозійних або інших хімічних речовин. Це можуть бути хімічні процеси, які включають роботу з розчинами, реагентами, лаками, фарбами або легкозаймистими матеріалами.	ГДК 0,15 мг/м ³ (Бажано розглядати до кожної речовини ці значення окремо)	НПАОП 0.00-5.23-16 ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007
2	Падіння з висоти конструкцій і матеріалів, тощо.	монтажні, покрівельні, опоряджувальні а) зовнішні б) внутрішні навант-розвант	h=12,74 м h=12,74 м h=12,74 м h=12,74 м h=2,7 м	ДБН А 3.2-2-2009 Розділ 10,14,17,15
3	Висока напруга	Встановлення, обслуговування або ремонт електричного устаткування, яке працює під напругою понад 1000 В, включаючи електричні станції, підстанції та інші електроустановки.	>1000 В	ДСТУ БА 3.2-15:2011 ДБН В 2.5-28-2018
4	Недостатнє освітлення для робочих місць	монтаж конструкцій, монтажні, опоряджувальні: внутрішні, зовнішні,	30лк 30лк 30лк 50лк 30лк	ДСТУ Б.А.3.2-15-2011 ДБН А.3.2-2-2009 ДБН В.2.5-28-2018
5	Незадовільні параметри мікроклімату	Монтаж, експлуатація систем	t=20-22°C f=60-46% v=0,3 м/с	ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 ДСН 3.3.6.042-99

6	Висока температура	Роботи, пов'язані з екстремальними температурами, які можуть включати зварювання, плавлення металів, ковку або інші процеси, де висока температура може створювати ризик опіків або теплового стресу.	$t \leq 180^{\circ}\text{C}$	ДБН А.3.2-2-2009 (р.16)
8	Пожежна безпека	Монтаж, випробовування, експлуатація і ремонт інженерних систем	$K_{н/в}$ $K_{воб.}$	ДСТУ Б В.1.1-36:2016 ДБН В.1.1-7:2016
9	Горіння, вибух	Газонебезпечні роботи	Концентрація газу не вище 1/5 нижньої межі вибуховості	НПАОП 0.00-1.76-15

6.3 Заходи профілактики виявлених факторів

Засоби забезпечення безпеки – це конструктивне, організаційне, матеріальне втілення, конкретна реалізація принципів і методів захисту. Способи захисту людини від несприятливих факторів можуть бути активними і пасивними. Способи активного захисту зв'язані з виявленням причин і джерела несприятливого фактора і впливом на нього. При неможливості активного захисту застосовується пасивний. У цьому випадку джерело несприятливого впливу залишається, але здійснюються заходи, спрямовані на виключення чи зниження впливу цих факторів на людину до припустимих рівнів. Пасивний захист може бути загальний (колективний) чи індивідуальний. У першому випадку відбувається захист усього простору, де знаходиться людина (наприклад, вентиляція повітря в приміщенні). У другому випадку використовують засоби захисту. Засоби захисту поділяються на: засоби колективного захисту (ЗКЗ), засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Наявність токсичних речовин, шкідливих хімічних речовин

- Використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання для фільтрації шкідливих газів і запобігання їх потрапляння в дихальні шляхи.

- Забезпечити повітрообмін за допомогою систем вентиляції в робочій зоні для видалення шкідливих речовин і підтримання їх концентрації нижче ГДК.

- Дотримуватися встановлених ГДК (гранично допустимих концентрацій) шкідливих газів у повітрі робочої зони за допомогою систем моніторингу та контролю.

- Регулярне навчання працівників безпечному використанню засобів індивідуального захисту, правилам поводження з небезпечними газами та ідентифікації небезпечних ситуацій.

- Проведення регулярних медичних оглядів працівників, які контактують з небезпечними газами, для виявлення ознак можливого впливу та запобігання прогресуванню захворювань.

Падіння з висоти конструкцій і матеріалів, тощо

При проведенні робіт на висоті повинні встановлюватися огорожі і позначатися в установленому порядку межі небезпечних зон. Такі запобіжні заходи приймаються для обмеження доступу працівників в зони, де можливе їх падіння з висоти, травмування падаючими матеріалами, інструментом та іншими предметами, а також частинами конструкцій, що знаходяться в процесі спорудження, обслуговування, ремонту, монтажу.

На межах зон постійно діючих небезпечних виробничих факторів встановлюються захисні огорожі, а на кордонах зон потенційної небезпеки дії цих факторів – сигнальні огорожі і знаки безпеки.

Робоче місце повинно міститися в чистоті, зберігання заготовок, матеріалів, інструменту, готової продукції, відходів виробництва повинно бути впорядковано і відповідати вимогам охорони праці.

Робочі місця забезпечуються необхідними засобами колективного та індивідуального захисту працівників, первинними засобами пожежогасіння, а

також засобами зв'язку та сигналізації, іншими технічними засобами забезпечення безпечних умов праці відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Не допускається розміщувати на робочому місці і накопичувати невикористані матеріали, відходи виробництва тощо, захаращувати шляхи підходу і виходу. Матеріали, вироби, конструкції при прийомі і складуванні на робочих місцях, що знаходяться на висоті, приймаються в обсягах, необхідних для забезпечення безперервного виробничого процесу, і укладаються так, щоб не захаращувати робоче місце і підходи до нього, виходячи з несучої здатності риштування, маїданчиків і тому подібного, на яких виробляється розміщення зазначеного вантажу.

Не допускається виконання робіт на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 15 м/с і більше, при ожеледиці, грозі або тумані, що виключає видимість в межах фронту робіт. Роботи на висоті на відкритому повітрі, що здійснюються безпосередньо з конструкцій, перекриттів, обладнання тощо, при зміні погодних умов з погіршенням видимості, при грозі, ожеледі, сильному вітрі, снігопаді припиняються і працівники виводяться з робочого місця.

Висока напруга

Для забезпечення захисту робітника від поразки електричним струмом необхідне виконання ряду правил:

- заземлення і занулення металевих конструкцій;
- застосування безпечної напруги (місцеве освітлення не повинне мати напругу більш 36 В);
- недоступність струмоведучих частин;
- розрахунок ізоляції проводів за вищою напругою;
- маркірування чи кольорова ізоляція монтажних проводів;
- виключення мимовільного включення пристроїв електричної схеми;
- застосування індивідуальних засобів захисту й ін.

Одним з основних заходів щодо забезпечення електробезпеки є організація захисного заземлення.

Індивідуальні засоби захисту. Електрозахисні засоби призначені для захисту персоналу який обслуговує електроустановки. За призначенням електрозахистні засоби поділяються на ізолювальні (діелектричні рукавиці: боти, калоші, інструмент з ізолюючими ручками тощо), огорожувальні (переносні огороження, заземлення тощо) та запобіжні (пояси, захисні окуляри тощо). Ізолювальні засоби під час експлуатації періодично випробовують.

При експлуатації для запобігання виникнення електротравматизму використовують спеціальні засоби індивідуального захисту, які поділяються на основні і додаткові.

До основних електрозахисні засобів відносяться засоби захисту, ізоляція яких довготривалію час витримує робочу напругу і які дозволяють доторкатися до струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

Електродвигуни, електроінструмент, кожухи вимикальної апаратури, їх огороження і зварювальні трансформатори повинні приєднуватись до захисного заземлення і регулярно перевірятись на відсутність замикання на корпус. Заміна запобіжників та електроламп дозволяється тільки електрикам.

Недостатнє освітлення для робочих місць

На кожному робочому місці рівень освітленості повинен відповідати встановленим нормам. Штучне освітлення по можливості не повинно створювати відблисків і тіней, які деформують огляд. Розведення тимчасових електромереж напругою до 1000 В, які використовуються при електропостачанні об'єктів будівництва, виконується ізольованими проводами або кабелями на опорах або конструкціях, розрахованих на механічну міцність при прокладанні по них проводів і кабелів, на висоті над рівнем землі, підлоги, настилу не менше:

- 2,5 м – над робочими місцями;*
- 3,5 м – над проходами;*

· 6,0 м – над проїздами.

Світильники загального освітлення встановлюються на висоті не менше 2,5 м від рівня землі, підлоги, настилу. При висоті підвіски менше 2,5 м застосовуються світильники спеціальної конструкції або використовуються світильники на напругу в мережі не вище 42 В. Живлення світильників напругою до 42 В здійснюється від понижувальних трансформаторів, машинних перетворювачів, акумуляторних батарей. Застосовувати стаціонарні світильники в якості переносних не допускається. Дозволяється користуватися переносними світильниками тільки промислового виготовлення.

Незадовільні параметри мікроклімату

Розрізняють оптимальні, допустимі та шкідливі мікрокліматичні умови. Оптимальні, допустимі і шкідливі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря для виробничих приміщень та відкритих територій у спекотну і холодну пору року наведені в ДСН 3.3.6 042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Розглядаючи механізми впливу метеорологічних факторів виробничого середовища (температури, вологи, швидкості руху повітря, чинності променевої енергії нагрітих деталей і агрегатів) на людину, маємо на увазі, що людський організм прагне підтримати відносну динамічну сталість своїх функцій за різноманітних метеорологічних умов. Ця сталість забезпечує насамперед один з найважливіших фізіологічних механізмів – механізм терморегуляції. Вона спостерігається при певному співвідношенні теплоутворення (хімічної терморегуляції) і тепловіддачі (фізичної терморегуляції).

Зниження негативного впливу мікроклімату можна досягти за рахунок вжиття таких заходів:

– впровадження раціональних технологічних процесів (наприклад, заміни гарячого способу обробки металу холодним);

- механізації та автоматизації виробничих процесів;
- дистанційного управління, що дозволяє вивести людину в більшості випадках з несприятливих умов;
- захисту працівників різними видами екранів;
- раціональної теплової ізоляції устаткування;
- раціонального розміщення устаткування;
- ефективного планування і конструкторського рішення виробничих приміщень (гарячі цеха розміщуються в одноповерхових приміщеннях);
- раціональної вентиляції та опалювання;
- раціоналізації режимів праці й відпочинку, перерви;
- спеціального питного режиму (забезпечення білково-вітамінними напоями, хлібним квасом, підсоленою водою). Працівники гарячих цехів отримують газовану підсолену воду (з вмістом від 0,2 до 0,5 % хлористого натрію). Пиття такої води зменшує спрагу, потовиділення, сприяє зниженню температури тіла, покращує самопочуття і працездатність;
- застосування спецодягу.

Заходи захисту працівників від переохолодження у виробничих умовах передбачають: створення захисних споруд від вітру на відкритих майданчиках, застосування пристроїв місцевого опалення на постійних робочих місцях, установлення періодичних перерв у роботі, обладнання спеціальних приміщень для обігріву, використання спецодягу з достатнім тепловим опором. Надійним захистом від холодного повітря є також повітряна завіса.

Висока температура

Зниження інтенсивності теплового випромінювання досягається застосуванням різних екранів (водяних завісів, скла, сітки), теплоізоляційних матеріалів (азбесту, скловати), а також індивідуальними засобами; збільшенням відстані між джерелом випромінювання та робочим місцем.

Для всіх термічних процесів, де це можливо за умовами технології, слід

виключати нагрівання полум'ям, замінюючи його електричним. При неможливості цього для нагрівання слід використовувати газоподібне паливо.

Застосування твердого або рідкого палива допускається тільки в технічно обґрунтованих випадках.

- впровадження раціональних технологічних процесів (наприклад, заміни гарячого способу обробки металу холодним);
- механізації та автоматизації виробничих процесів;
- дистанційного управління, що дозволяє вивести людину в більшості випадках з несприятливих умов;
- захисту працівників різними видами екранів;
- раціональної теплової ізоляції устаткування;
- раціонального розміщення устаткування;
- ефективного планування і конструкторського рішення виробничих приміщень (гарячі цеха розміщуються в одноповерхових приміщеннях);
- раціональної вентиляції та опалювання;
- раціоналізації режимів праці й відпочинку, перерви;
- спеціального питного режиму (забезпечення білково-вітамінними напоями, хлібним квасом, підсоленою водою).

Перегрівання на робочому місці (головний біль, нудота, втома, млявість, сонливість тощо) збільшує ризик настання нещасного випадку. Саме тому керівникам робіт в умовах підвищення температури повітря необхідно ретельніше планувати виробничі завдання для кожного працівника, обов'язково забезпечити належний контроль за дотриманням вимог законодавства щодо створення безпечних умов праці під час виконання робіт при дії високих температур навколишнього середовища, а саме:

- перевірити забезпечення (забезпечити) працівників спеціальним одягом відповідних розмірів (у т.ч. головними уборами – бажано з натуральних тканин), здійснювати контроль за їх використанням;

										Лист
										98
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						

виникнення пожежі та мінімізації її наслідків. Об'єкти повинні мати системи пожежної безпеки, спрямовані на запобігання пожежі, дії на людей та матеріальні цінності небезпечних факторів пожежі, в тому числі їх вторинних проявів. До таких факторів належать: полум'я та іскри; підвищена температура навколишнього середовища; токсичні продукти горіння і термічного розкладу матеріалів, речовин; дим; знижена концентрація кисню.

Вторинними проявами небезпечних факторів пожежі вважаються: уламки, частини зруйнованих апаратів, агрегатів, установок, конструкцій; радіоактивні та токсичні речовини і матеріали, викинуті із зруйнованих апаратів та установок; електричний струм, пов'язаний з переходом напруги на струмопровідні елементи будівельних конструкцій, апаратів, агрегатів внаслідок пошкодження ізоляції під дією високих температур; небезпечні фактори вибухів, пов'язаних з пожежами; вогнегасні речовини.

Попередження утворення горючого середовища може забезпечуватись наступними основними заходами або їх комбінаціями:

- максимально можливе використання негорючих та важкогорючих матеріалів замість горючих, в тому числі заміна легкозаймистих та горючих рідин як миючих засобів на пожежобезпечні;
- максимально можливе за умови технології та будівництва обмеження маси та об'єму горючих речовин, матеріалів та найбільш безпечні способи їх розміщення;
- ізоляція горючого середовища (використання ізольованих відсіків, камер, кабін, тощо);
- підтримання безпечної концентрації середовища відповідно до норм і правил безпеки;
- достатня концентрація флегматизатора в повітрі захищеного об'єму (його складової частини);
- підтримання відповідних значень температур та тиску середовища, за

яких поширення полум'я виключається;

- максимальна механізація та автоматизація технологічних процесів, пов'язаних з обертанням та використанням горючих речовин;

- установка та розміщення пожежо-небезпечного устаткування в ізольованих приміщеннях або на відкритих майданчиках;

- застосування пристроїв захисту устаткування з горючими речовинами від пошкоджень та аварій, встановлення пристроїв, що відключають, відсікають, тощо;

- видалення пожежо-небезпечних відходів виробництва. Найбільш радикальним заходом попередження утворення горючого середовища є заміна горючих речовин і матеріалів, що використовуються, на негорючі та важкогорючі.

Проте горючі речовини, матеріали, вироби з них реально присутні в абсолютній більшості існуючих житлових, громадських, виробничих та інших приміщеннях, будівлях і спорудах, а їх повна заміна практично неможлива.

										Лист
										101
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						

Список літератури:

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія"// Мінрегіонбуд України.- К.:2011.
2. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель./ Мінбуд України.- К.: ДП „Укрархбудінформ”, 2022.- 70 с.
3. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування./ Мінрегіонбуд та ЖКГ України.- К.: ДП „Укрархбудінформ” Мінбуду України, 2012.- 141 с.
4. ДСТУ Б EN 12831:2008. Системи опалення будівель. Метод визначення проектного теплового навантаження.
5. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – Чинні з 01.07.2009. – 286 с.
6. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною та пожежною небезпекою. – Чинні з 01.01.2017. – К.: УкрНДІЦЗ, 2017. – 27 с.
7. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення. Посібник для проєктувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ. – Відень-Київ-Сімферополь: Bello-print (Болгарія), 2010, 200 с. іл.
8. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплотехнічний розрахунок і підбір огорожувальних конструкцій» курсового проєкту / уклад.: Ю.К. Росковшенко, О.П. Любарець, М.П. Сенчук, В.О. Мілейковський, В.О. Любарець. – К.: КНУБА, 2013. – 32 с.
9. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплова потужність систем водяного опалення» курсового та дипломного проєктів 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.
10. Методичні вказівки до виконання розділу «Гідравлічний розрахунок систем водяного опалення» курсового проєкту з дисципліни 085 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.
11. Методичні рекомендації до практичних занять, курсового та дипломного проєктування з курсу "Опалення" на тему: "Тепловий розрахунок опалювальних приладів систем водяного опалення" для студентів спеціальності 7.092108 ."Теплогазопостачання і вентиляції"/Укл. Є.С.Зайченко – К.: КНУБА, 1999. – 36.
12. « Вентиляція громадських будівель. Нвчальний посібник» / уклад: П.Л. Зінич-К: КНУБА, 2002 р.
13. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва/ Мінрегіонбуд та ЖКГ України.- К.: ДП „Укрархбудінформ” Мінбуду України, 2016.- 51 с.

14. Степанов М.В., Вакалюк А.С. Організація будівельно-монтажних робіт: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2011. – 88 с.
15. Організація і планування будівництва. В.М. Майданов, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін. За ред. Г.Д. Малишевського та С.А. Ушацького. – К.: Урожай, 1993. – 432 с.
15. Законодавство України про охорону праці: У 3 т. – К.: Основа, 2008.– Т.1.–368 с., Т.2–352с., Т.3–464с.
16. Вахонєва Т.М. Основи охорони праці в Україні. – Дакор, 2019. – 508 с.

							Лист
							103
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			