

**Міністерство освіти і науки України**  
**Одеський національний технологічний університет**

Інститут Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнології та  
екоенергетики ім. В.С. Мартиновського  
Кафедра Нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики  
Ступінь вищої освіти Бакалавр  
Спеціальність 144 Теплоенергетика  
Освітня програма Енергетичний інжиніринг та енергоаудит



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему:** Проект системи опалення і вентиляції виробничої будівлі в  
Одеському регіоні

Здобувача Коростельова Кирила  
Івановича

4 курсу ТЕ-441 групи  
Керівник доц. Волчок Віктор  
Олександрович

Консультанти: проф. Басюркіна Н.І.  
доц. Кологривов М.М.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від від 10 червня 2026 року  
В.О. завідувача кафедру НТІТ

протокол №12

Олександр ТІТЛОВ

(підпис)

Одеса – 2026 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнології та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського
Кафедра	Нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	144 Теплоенергетика
Освітня програма	Енергетичний інжиніринг та енергоаудит

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри НТІТ  
Тітлов О.С.

02 лютого 2026 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Коростельов Кирило Іванович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): «Проект системи опалення і вентиляції виробничої будівлі в Одеському регіоні».

керівник проекту (роботи): Волчок Віктор Олександрович, кандидат технічних наук (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

наук затверджений наказом вищого навчального закладу від 30.01.2026 р., № 51-03

2. Строк подання студентом проекту (роботи): 02.06.2026

3. Вихідні дані до (роботи): двоповерховий будинок виробничої будівлі в Одеському регіоні; розрахункова температура у виробничих приміщеннях 18°C, в адміністративних 20°C, температура навколишнього середовища для розрахункового періоду – 17°C, температури «прямої» води 50 °C, «зворотної» 40 °C; опалення з тепломережі.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: провести огляд і аналіз класифікації і характеристик систем опалення будівель; теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожень будівлі; розрахунок опалювального навантаження приміщень; тепловий розрахунок і вибір опалювальних пристроїв; гідравлічний розрахунок трубопроводів; аеродинамічний розрахунок повітропроводів і вибір обладнання; техніка безпеки та охорона праці; економічні аспекти проектування і монтажу систем опалення і вентиляції.

5. Перелік графічного матеріалу: а) та б) план приміщень першого і другого поверхів; в) складальне креслення змішувального вузла; г) деталівка.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економіка	Басюркіна Н.І., професор		
Охорона праці	Волчок В.О., доцент		
Н. контроль	Кологривов М.М., доцент		

7. Дата видачі завдання 02.02.2026

Керівник

\_\_\_\_\_ Волчок В.О.  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ Коростельов К.І.  
(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел, методик розрахунків, підготовка структури роботи	01.03-10.03.26	
2	Підготовка теоретичного розділу роботи	11.03-21.03.26	
3	Підготовка проектного розділу роботи	22.03-22.04.26	
4	Підготовка розділу з охорони праці	23.04-30.04.26	
5	Підготовка економічного розділу	01.05-07.05.26	
6	Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	08.05-11.05.26	
7	Підготовка графічної частини роботи	12.05-23.05.26	
8	Підготовка презентації та доповіді	24.05-31.05.26	
9	Відгук керівника, рецензування, підготовка до захисту кваліфікаційної роботи	01.06-08.06.26	

Здобувач-дипломник

\_\_\_\_\_ Коростельов К.І.  
(підпис)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Волчок В.О.  
(підпис)

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник

\_\_\_\_\_ Коростельов Кирило Іванович  
(підпис)

## Реферат

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, шести глав, висновків і переліку посилань з 10 найменувань. Обсяг роботи - 79 сторінок, таблиць - 25, рисунків - 8. Графічна частина складає 4 аркуша формату А1. Мета роботи полягає в проектуванні систем опалення і вентиляції. Надано опис кліматичного району розташування будівлі. Проведено теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін, покрівлі, підлоги, вікон і дверей. Виконано розрахунок опалювального навантаження приміщень, тепловий розрахунок опалювальних приладів, гідравлічний розрахунок трубопроводів і складено аксонометричну схему. Визначено теплоприпливи від обладнання, освітлення, працівників і газовиділення, проведено аеродинамічний розрахунок повітроводів. Розглянуто заходи з охорони праці при монтажі систем опалення і вентиляції. Виконаний техніко-економічний розрахунок.

**Ключові слова:** система опалення, теплотехнічний розрахунок, опалювальний пристрій, тепловтрати, система вентиляції.

## Abstract

Qualifying work consists of an introduction, six chapters, conclusions and a list of references from 10 titles. Volume of work - 79 pages, tables - 25, figures - 8. The graphic part consists of 4 sheets of A1 format. The purpose of the work is to design heating and ventilation systems. A description of the climatic area of the building is given. Thermal calculation of external walls, roof, floor, windows and doors was carried out. The calculation of the heating load of the premises, the thermal calculation of the heating devices, the hydraulic calculation of the pipelines and the axonometric scheme are made. Heat inflows from equipment, lighting, workers and gas emissions were determined, aerodynamic calculation of air ducts was performed. Measures for labor protection during the installation of heating and ventilation systems are considered. Technical and economic calculation performed.

**Key words:** heating system, heat engineering calculation, heater, heat loss, ventilation system.

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ.....	10
1.1 Методологія проектування систем опалення.....	10
1.2 Опис кліматичного району розташування виробничої будівлі.....	13
РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ.....	17
2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін.....	21
2.2 Теплотехнічний розрахунок покрівлі.....	22
2.3 Теплотехнічний розрахунок підлоги.....	24
2.4 Теплотехнічний розрахунок вікон і дверей.....	27
2.5 Додаткові тепловтрати.....	28
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ.....	30
3.1 Розрахунок опалювального навантаження приміщень.....	30
3.2 Тепловий розрахунок опалювальних приладів.....	36
3.3 Гідравлічний розрахунок однокотлової системи опалення.....	38
РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	46
4.1 Розрахункові параметри повітря для приміщень спеціального призначення.....	46
4.1.1 Розрахункові параметри припливного повітря.....	46
4.1.2 Розрахункові параметри повітря, що видається.....	47
4.2 Визначення теплоприпливів від обладнання, освітлення, працівників і газовиділення.....	47

					<b>КРБ.НТІТ.1.51-03.3.1</b>			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Проект системи опалення і вентиляції виробничої будівлі в Одеському регіоні	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Коростельов						
Перевірів		Волчок					4	79
						<b>ОНТУ, ТЕ-441</b>		
Затв.		Тітлов						

4.3	Перевірка відсутності конденсації водяних парів.....	56
4.4	Розрахунок повітрообміну за нормативною кратністю.....	57
4.5	Вибір вентиляційних решіток.....	58
4.6	Аеродинамічний розрахунок повітроводів механічної вентиляції..	59
4.7	Розрахунок і вибір основного вентиляційного обладнання.....	60
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ .....		66
5.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при монтажі та експлуатації систем опалення і вентиляції.....	66
5.2	Заходи з охорони праці при монтажі систем опалення і вентиляції.....	68
5.3	Попередження та ліквідація надзвичайних ситуацій.....	71
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЄКТУВАННЯ І МОНТАЖУ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ БУДІВЛІ.....		74
6.1	Розрахунок витрат на оплату праці персоналу .....	74
6.2	Розрахунок витрат на придбання обладнання.....	75
6.3	Розрахунок річних експлуатаційних витрат.....	76
ВИСНОВКИ.....		78
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....		79

## ВСТУП

Високопродуктивна праця та культура виробництва потребують удосконалення якості будівництва і забезпечення належних умов для повітряного середовища на робочих місцях. Головним завданням спеціалістів у сфері теплопостачання є забезпечення в приміщеннях різного призначення такого мікроклімату, який сприяє оптимальному виконанню технологічних процесів та створює комфортні умови для нормальної життєдіяльності людини [2]. Саме ці умови внутрішнього середовища на виробництві, а також у промислових та цивільних будівлях забезпечуються за допомогою систем опалення, теплопостачання і вентиляції. Ефективність систем та їхні техніко-економічні характеристики значною мірою визначаються не лише узгодженістю застосованих схем, правильністю монтажу, належним налагодженням і коректною експлуатацією, але й обґрунтованістю вибору методів розрахунків та достовірністю виконаних обчислень. У зв'язку з цим питання, пов'язані з розрахунком, проектуванням, будівництвом і експлуатацією систем опалення, теплопостачання та вентиляції повітря, набувають високої актуальності й важливості. Вони мають значний вплив на забезпечення комфортних умов у приміщеннях, сприяючи створенню оптимального технологічного і життєвого середовища.

Мета роботи полягає у проведенні теплотехнічного розрахунку зовнішніх огорожень виробничої будівлі, розрахунку теплової потужності системи опалення, розрахунку системи вентиляції і гідравлічному розрахунку трубопроводів.

Основи раціонального проектування, методології інженерних розрахунків і специфіка ухвалення ключових проектних рішень у сфері теплопостачання, опалення та вентиляції мають велике значення. Це обумовлено тим, що понад третину всього тепла, виробленого в Україні, спрямовують на опалення промислових і житлових будівель [2].

Системи опалення та вентиляції відіграють ключову роль у створенні

та підтримці комфортного теплового середовища в будівлях. Крім традиційних функцій, сучасні технології дозволяють їм управляти параметрами мікроклімату. Такий підхід став особливо актуальним на тлі зростаючих вимог щодо енергозбереження, що робить ці системи одними з найважливіших елементів житлових і промислових приміщень. Сьогоднішні системи опалення суттєво відрізняються від старих методів налаштування, які були орієнтовані на одноразове регулювання перед введенням у експлуатацію та його підтримку у постійному гідравлічному режимі. Натомість сучасні технології впроваджують динамічні теплові та гідравлічні режими, які змінюються у процесі роботи системи. Це вимагає впровадження автоматизації, що дозволяє контролювати кліматичні зміни та оперативно реагувати на них для забезпечення максимальної ефективності та комфорту.

Проектування об'єктів проводиться відповідно до чинного законодавства України на основі вихідних даних. Замовник надає ці вихідні дані для виконання проектних робіт на відповідній стадії до початку проведення проектно-вишукувальних заходів. Проектні та вишукувальні роботи виконуються на основі договорів або контрактів, укладених між замовником та проектувальником.

До складу вихідних даних входить:

- архітектурно-планувальне завдання;
- технічні умови щодо інженерного забезпечення об'єкта;
- завдання на проектування та інші.

Архітектурно-планувальні завдання та технічні умови, що визначають вимоги до інженерного забезпечення об'єкта, передаються замовникові відповідно до порядку, встановленого Постановою Кабінету Міністрів України № 2328 від 20.12.1999 р. При цьому підготовка завдання на проектування є відповідальністю замовника, який може виконати цю роботу самостійно або доручити її проектувальній організації, надаючи необхідні вихідні дані для розробки документації.

Технічні умови мають охоплювати виключно ті роботи та в такому

обсязі, які є необхідними для забезпечення інженерної підтримки проєктованого об'єкта. При цьому вони можуть включати заходи з будівництва додаткових об'єктів, розширення чи реконструкції інженерних мереж населеного пункту, якщо ці роботи є обґрунтовано необхідними для підключення об'єкта до відповідних мереж та комунікацій.

Для виконання проєкту з опалення і вентиляції будівлі необхідна наявність наступних даних:

1. Географічне розташування об'єкта;
2. Функціональне призначення об'єкта;
3. Характеристика будівлі (як архітектурно-будівельної споруди) і його геометрія;
4. Орієнтація будівлі за сторонами світу;
5. Режим роботи;
6. Основні шкідливості, що виділяються в приміщенні;
7. Вид і параметри теплоносія, спосіб теплопостачання.

Розрахунок і проєктування систем опалення та кондиціонування виконується згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування» і змін до ДБН №1, №2 і містить наступні етапи:

- а) теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій;
- б) розрахунок основних і додаткових тепловтрат і теплопостачань;
- в) визначення трасування і узгодження із замовником принципової схеми системи опалення;
- г) гідравлічний розрахунок системи опалення;
- д) підбір обладнання системи опалення (діаметрів труб, запірно-регулюючої арматури);
- е) вибір і розрахунок необхідної кількості нагрівальних приладів.

Замовнику передається наступна технічна документація:

- а) плани поверхів будинків (за потребою - розрізи, фрагменти) з системами опалення;
- б) аксонометрична схема системи опалення;

в) специфікація основного обладнання систем опалення.

Обґрунтований підхід до вибору вихідних даних сам по собі не гарантує успіху проекту, проте значно знижує ймовірність виникнення помилок. Формування чітко структурованого технічного завдання забезпечує виконання тільки тих робіт, які передбачені його змістом. При цьому побажання замовника, що виникають у процесі реалізації, або необхідність перерахунку проекту через зміну вихідних даних (наприклад, корекцію планування чи зміну функціонального призначення приміщень) враховуються окремо.

Робота складається зі вступу, шости глав, висновків і переліку посилань з 10 найменувань. Обсяг роботи - 80 сторінок, таблиць - 25, рисунків - 8. Графічна частина складає 4 аркуша формату А1.

Автор висловлює глибоку вдячність своєму керівникові к.т.н., доц. Волчку В.О. Автор також дякує за цінні зауваження, допомогу і підтримку при написанні роботи д.т.н., проф. Тітлову О.С.

# Розділ 1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ

## 1.1 Методологія проектування систем опалення

Мета теплотехнічного розрахунку полягає в оцінці коефіцієнта теплопередачі різних огорожувальних конструкцій будівель, таких як зовнішні стіни, перекриття горищного чи цокольного типу, вікна, двері тощо. Це дозволяє забезпечити ефективну теплову ізоляцію будівлі. У процесі такого розрахунку, на основі визначення приведенного опору теплопередачі для зовнішніх конструкцій, обчислюють загальний термічний опір. Це допомагає встановити оптимальну товщину шару теплоізоляції для огорожувальних елементів, а також розрахувати їхній підсумковий опір теплопередачі. Такий комплексний підхід дозволяє досягти максимального енергозбереження та комфорту в будівлі.

Сучасний підхід до проектування систем опалення ґрунтується на визначенні теплових балансів будівлі для ключових періодів року. В умовах України такими періодами виступають найхолодніша п'ятиденка, опалювальний сезон і розрахунковий рік. У цьому контексті оптимізація взаємодії будівлі із зовнішнім кліматом шляхом вибору її форми та орієнтації здатна забезпечити такі результати:

- для найбільш холодної п'ятиденки – зниження інсталяційної потужності системи опалення;
- для опалювального періоду – зниження витрат теплоти на опалення;
- для розрахункового року – зниження витрат енергії на опалення та охолодження будівлі.

До зовнішніх огорожувальних конструкцій висувається значний перелік вимог, серед яких: забезпечення високого рівня теплозахисту в холодний період при теплопередачі, близькій до стаціонарного режиму; висока теплостійкість як у теплий, так і в холодний сезони, в умовах теплопередачі, яка наближається до періодичного режиму; мінімальна

енергоємність внутрішніх шарів за умови коливань теплового потоку всередині приміщення; надійна герметичність для запобігання проникненню повітря; низька вологоємність та інші характеристики.

Завдання проектування та розрахунків системи опалення будівлі передбачає визначення двох взаємопов'язаних параметрів: обсяг енергії, необхідної для роботи системи, та спосіб її оптимального розподілу. Основна мета полягає у створенні такої системи управління витратами та розподілом енергії, яка забезпечить її мінімальне споживання. На початковому етапі вирішення цього завдання зосереджено на скороченні часу, необхідного для нагрівання приміщення. Якщо уявити, що приміщення складається із теплоємних огорожувальних конструкцій і внутрішнього обладнання, то процес нагріву передбачає підвищення температури всіх цих елементів. Особливо це стосується елементів із високою теплоаккумуляційною здатністю, які потребують значно більше часу для нагрівання. Відповідно, зменшення часу нагріву приміщення зводиться до скорочення періоду підвищення температури саме цих елементів.

Енергозберігаючі рішення під час проектування систем опалення охоплюють такі заходи:

- теплова ізоляція будівлі (утеплення стін, покриття стель підвалів, заміна вікон, балконних та входних дверей);
- модернізація теплових вводів до будівлі із встановленням приладів для обліку, контролю та регулювання витрат енергоносіїв;
- перехід від систем опалення з постійним гідравлічним режимом до систем із регульованим гідравлічним режимом;
- реконструкція вентиляційних систем із введенням механізмів відбору та повторного використання теплової енергії;
- поліпшення систем гарячого водопостачання через встановлення лічильників води та модернізованої запірної арматури з можливістю диференційованого регулювання.

Таким чином, в якості завдань, які повинні вирішуватися за допомогою систем опалення, можна вказати:

- 1) система опалення повинна відшкодовувати втрати тепла приміщення через всі його огорожувальні конструкції;
- 2) система опалення повинна незалежно від коливань зовнішньої температури підтримувати всередині приміщення встановлену температуру;
- 3) температура внутрішнього повітря має бути якомога більш рівномірною як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках (по горизонталі різниця температур не повинна перевищувати  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , по вертикалі –  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  на 1 метр висоти приміщення);
- 4) внутрішні поверхні повинні мати температуру, що наближається до температури повітря в приміщенні і забезпечувати мінімальний час нагрівання елементів високої теплової акумуляції;
- 5) система опалення повинна забезпечувати досягнення максимального теплоспоживання протягом всього опалювального періоду.

Крім вимог, необхідних для вирішення вказаних завдань, до систем опалення висувається ряд додаткових вимог: санітарно-гігієнічні, техніко-економічні, архітектурно-будівельні, монтажні-експлуатаційні та естетичні.

Основними є санітарно-гігієнічні та монтажні-експлуатаційні вимоги, які забезпечують підтримку заданої температури в приміщеннях під час опалювального сезону. Найкраще для цього підходять повітря та вода: гаряче повітря дозволяє швидко змінювати температуру в приміщенні, а в разі використання води рівномірна температура підтримується через регуляцію подачі теплоносія за допомогою терморегуляторів. Важливо обмежувати температуру нагрівальних приладів до  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , щоб уникнути розкладання органічного пилу. Системи з парою та електроповітряні нагрівачі вважаються найменш сприятливими.

Техніко-економічні вимоги – це простота пристрою системи, найменші затрати матеріалів і трудові витрати при монтажі та експлуатації.

Архітектурно-будівельні та естетичні вимоги зосереджені на тому, щоб елементи опалювальних систем не псували зовнішній вигляд будівлі та її дизайн, гармонійно поєднувалися з інтер'єром і не займали зайве місце.

Водночас слід враховувати теплотехнічні характеристики будівлі, її геометричні особливості. Сучасна система опалення повинна не лише компенсувати тепловтрати, але й оперативно реагувати на додаткове тепло, яке може з'являтися в приміщенні (приміром, присутність однієї дорослої людини еквівалентна теплу, яке виділяє одна секція чавунного радіатора). При цьому зростають вимоги до рівномірного розподілу тепла в просторі, чого можна досягти лише за рахунок скоординованої роботи системи опалення із огорожувальними конструкціями, їх температурним режимом та роботою вентиляційної системи.

## **1.2 Опис кліматичного району розташування виробничої будівлі**

Виробнича будівля розташована в м. Одеса. До 2021 року експлуатувалась як складське неопалювальне приміщення. Проект будівлі був виконаний відповідно до чинних будівельних, санітарних і протипожежних норм і правил, що діють з 2002 р. У зв'язку з розширенням асортименту і приєднанням нових площ у 2025 році було прийнято рішення про підключення приміщень будівлі до системи опалення з метою його експлуатації в холодну пору року.

Місто Одеса лежить у зоні помірно-морського клімату з елементами субтропічного. Зими тут м'які, тривають із грудня по лютий, весна зазвичай відносно тривала, а літо тепле, часто спекотне, розпочинається в травні й триває до вересня. Осінь відзначається довгим і теплим періодом. Відповідно до класифікації Кеппена, клімат Одеси визначається як вологий континентальний (Dfa) і доволі близький до субтропічного (Cfb).

Місто розташувалось на узбережжі Одеської затоки Чорного моря. Основна частина міста разом з історичним центром розміщена на рівнині, висота якої становить 50 м над рівнем моря. Головні фактори, що впливають на клімат міста:

- розташування на березі Чорного моря;
- місто відкрите для всіх вітрів, усіх напрямків.

Середньорічна температура становить  $+10,7$  °С. Найхолоднішим місяцем є січень із середньою температурою  $-0,5$  °С, тоді як найтеплішим вважається липень із показником  $+22,6$  °С. Загальна кількість опадів невелика – приблизно 453 мм на рік. Ясних сонячних днів налічується близько 250-300, тоді як дощових чи з іншими видами опадів – близько 100, а морозних – 63.

Зимовий період триває з листопада по березень, через близькість моря зима м'яка, малосніжна. Середня температура найхолоднішого місяця, січня  $-0,5$  °С, а середньоденна температура повітря за сезон становить  $1$  °С -  $3$  °С. Відкритість міста перед вітрами з півночі і північного сходу іноді приносить сильні морози до  $-14$  °С..– $20$  °С. Як правило, удень малохмарна погода, але сонце також характерно для цієї пори року. У середньому буває 23 дні, коли навіть вдень температура не піднімається вище нуля. Іноді випадає невеликий сніг, який вже через кілька днів тане. За всю зиму сніговий покрив лежить в середньому 37 днів.

Місто Одеса розташоване на широті  $46^0$ . Розрахунковий барометричний тиск 757 мм рт. ст. Середньомісячна відносна вологість найбільш холодного місяця – 82%, найбільш жаркого – 58%.

Режим експлуатації: нормальний.

Середня температура найбільш холодної п'ятиденки:  $-17$  °С.

Тривалість опалювального періоду: 158 діб.

Середня температура найспекотнішого місяця:  $36$  °С.

Середнє місячне значення сумарної сонячної радіації:  $3,55$  кВтг / м<sup>2</sup>.

Весна в Одесі, за винятком березня, тепла. Сезон зазвичай похмурий, туманний через вплив моря, періодично йдуть дощі, але вони мають короткочасний характер. Квітень відносно теплий, середня температура місяця  $9,5$  °С. Травень кліматично є вже літнім місяцем, середня температура  $15,6$  °С, заморозки в цей місяць виключені.

Початок осені в Одесі зазвичай відзначається приємними температурними умовами: погода залишається переважно теплою та

сонячною. Проте поступове охолодження починає відчуватися ближче до жовтня, коли настає перше суттєве зниження температури. У листопаді клімат стає ще прохолоднішим, і середня добова температура зазвичай опускається нижче +9 °С. У цей період кількість опадів значно збільшується, дощі стають частішими, а ранки все частіше проходять у супроводі туманів. Вже наприкінці осені, особливо у листопаді, можливе формування тимчасового снігового покриву.

Будівля запроектована двоповерховою і неопалюваним ізольованим горищем без доступу.

Розмір будівлі у плані 18,0 м × 12,0 м.

Висота приміщень – 3,0 м.

За функціональною пожежною небезпекою будівля відноситься до класу Ф 3.2 за СНиП 21-01-97, що дозволяє мати один евакуаційний вхід з другого поверху.

Перший поверх будівлі включає в себе приміщення, призначені для розміщення складального цеху готової продукції, а також приміщень для контролю якості продукції, розміщення складських приміщень, теплового пункту та побутових приміщень.

Другий поверх будівлі заплановано для реалізації адміністративно-управлінських потреб підприємства, виробничого приміщення і включає в себе приміщення, призначені для розміщення адміністративно-управлінського персоналу та інших працівників, а також зберігання обладнання, необхідного в адміністративно-управлінських цілях.

Об'ємно-планувальні показники:

- площа забудови: 478,00 м<sup>2</sup>;
- загальна площа: 457,00 м<sup>2</sup>;
- будівельний об'єм: 1434,70 м<sup>3</sup>.

Розрахунковими даними для проектування за ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» для II району є:

- нормативне навантаження від ваги снігового покриву: 1170 Па;

- максимальне снігове навантаження: 117 кг/м<sup>2</sup>;
- нормативне значення швидкісного напору повітря: 30 кг/м<sup>2</sup>;
- розрахункова температура зовнішнього повітря у період зими: -17 °С.

За відносну відмітку 0,000 прийнята відмітна чистої підлоги 1-го поверху, що відповідає абсолютній відмітці 51,45 м.

Фундаменти – стрічкові з блоків ФБС.

Зовнішні стіни – зі звичайної глиняної цегли марки 75 на розчині М-50 товщиною 510 мм. Зовні стіни утеплені пеноплексом товщиною 100 мм та облицьовані композитним матеріалом металосайдінгом.

Внутрішні стіни і стовпи з цегли М-75 на розчині М-50.

Перегородки – гіпсокартон; цегла М-75 на розчині М-50.

Плити перекриття – залізобетонні марки ПК.

Покрівля – двосхила з м'якої черепиці. Основною несучою конструкцією покриття є металева кроквяна балка, яка спирається на стіни і проміжну цегляну стійку по ряду «Б» по верхніх поясах кроквяних балок укладаються дерев'яні лати, оброблені вогнезахисним складом.

Для кріплення підшивної стелі і укладання утеплювача – мінплити на синтетичному сполучному за ГОСТ 9573-82 передбачені балки-прогони.

Двері – металопластикові, вхідна група – металопластикові рами та скляна вітрина з подвійним склінням.

Вікна – металопластикові з подвійним склінням індивідуального виготовлення.

## Розділ 2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ

Метою теплотехнічного розрахунку є визначення коефіцієнта теплопередачі окремих огорожувальних конструкцій будівлі (зовнішніх стін, вікон, дверей тощо).

У результаті теплотехнічного розрахунку, знаючи приведений опір теплопередачі зовнішніх огороджень, визначають загальний термічний опір теплопередачі і необхідну товщину теплоізоляційного шару зовнішніх огороджень та їхній кінцевий опір.

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівлі виконується відповідно до [1].

Теплотехнічний розрахунок полягає у визначенні товщини шару, що утеплює огорожі і коефіцієнта теплопередачі огорожі, що задовольняє санітарно-гігієнічні і комфортні умови, а також умови енергозбереження.

Приведений опір теплопередачі  $R_0$  має бути не менше необхідних значень:

$$R_0 \geq R^{TP}, \quad (2.1)$$

де  $R_0$  – приведений опір теплопередачі;

$R^{TP}$  – необхідний опір теплопередачі за санітарно-гігієнічними умовами або за умовами енергозбереження (найбільше з названих) [1, табл. 1 «а», 1 «б»].

Розрахунку підлягають зовнішні стіни, оричне перекриття, перекриття над неопалюваним підвалом, вікна та вхідні зовнішні двері.

Огородження розраховуються в наступній послідовності.

Визначається необхідний опір теплопередачі огорожувальних конструкцій за санітарно-гігієнічними умовами, за винятком світлових прорізів (вікон, балконних дверей і ліхтарів) за формулою:

$$R^{TP} = \frac{n \cdot (t_B - t_H)}{\alpha_R \cdot \Delta t^H}, \quad (2.2)$$

де  $t_B$  – розрахункова температура внутрішнього повітря;

$t_H$  – розрахункова температура навколишнього повітря, що дорівнює середній температурі найбільш холодної п’ятиденки, забезпеченістю 0,92;

$n$  – поправний коефіцієнт до розрахункової різниці температур, що залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до навколишнього повітря [1, табл. 3];

$\alpha_B$  – коефіцієнт тепловіддачі [1, табл. 4];

$\Delta t^H$  – нормований температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, що приймається за [1, табл. 2].

Нормовані значення коефіцієнтів тепловіддачі від внутрішнього повітря до захисної конструкції і від захисної конструкції до зовнішнього повітря, Вт/(м<sup>2</sup>·К), приймаються за табл. 2.1, 2.2.

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha_B$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К) [1]

Внутрішня поверхня огорожі	Коефіцієнт тепловіддачі $\alpha_B$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Стін, стель, гладких стель, стель із виступаючими ребрами при відношенні висоти $h$ ребер до відстані $a$ між гранями сусідніх ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
Стель із виступаючими ребрами при відношенні $h/a > 0,3$	7,6
Вікон	8,0

За [1, табл. 1 «а», 1 «б»] знаходять питомий опір передачі огорожі за умовами енергозбереження  $R^{TP}$ , визначаючи градусодобу опалювального періоду (ГДОП) за формулою:

$$ГДОП = (t_B - t_{OT}) \cdot Z, \quad (2.3)$$

де  $t_{OT}$  – середня температура опалювального періоду (1,7 °С);

$Z$  – тривалість опалювального періоду (158 діб).

Обирають розрахункове значення  $R_0$ , найбільше із величин  $R^{TP}$ .

Розраховується мінімальна товщина основного шару зовнішніх стін, а також товщина утеплювача для горіщних перекриттів і підлоги першого поверху.

Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій визначається за формулою:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_H} = R^{TP}, \quad (2.4)$$

де  $\alpha_B$  – коефіцієнт теплопередачі [1, табл. 4];

$\alpha_H$  – коефіцієнт теплопередачі для зимових умов зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, що приймається за [1, табл. 6];

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha_H$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), для умов холодного періоду [1]

Зовнішня поверхня огорожувальних конструкцій	Коефіцієнт тепловіддачі, $\alpha_H$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Зовнішніх стін, покриттів, перекриттів над проїздами	23
Перекриття горищних і над неопалювальними підвалами із світловими прорізами в стінах, а також зовнішніх стін з повітряним прошарком, що вентилується зовнішнім повітрям	12
Перекриття над неопалювальними підвалами без світлових прорізів у стінах, що розташовані вище рівня землі, і над неопалювальними технічними підпіллями, що розташовані нижче рівня землі	6

$R_K$  – сумарний термічний опір шарів огорожувальної конструкції, що визначається для багатошарової конструкції із послідовно розташованими однорідними шарами за формулою:

$$R_K = R_1 + R_2 + \dots R_n, \quad (2.5)$$

де  $R_1, \dots, R_n$  – термічний опір окремих шарів огорожувальної конструкції.

Величина одного шару багатошарової огорожувальної конструкції визначається за формулою:

$$R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n}, \quad (2.6)$$

де  $\delta_n$  – товщина n-го шару;

$\lambda_n$  – коефіцієнт теплопровідності n-го шару, що приймається за [1, додаток 3] з урахуванням умов експлуатації огорожувальної конструкції.

Умови експлуатації огорожувальних конструкцій визначаються за [1, додаток 2] в залежності від вологісного режиму приміщення і зони вологості забудови [1, додаток 1].

Визначається товщина шуканого шару з рівняння:

$$\delta_{VT} = \left( R^{TP} - \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \right) \cdot \lambda_{VT}. \quad (2.7)$$

Знайдену товщину шуканої огорожі необхідно округлити до стандартних значень.

Товщина цегляної кладки приймається кратною розміру половини цегли (в кладці), але не менше 510 мм. Товщина бетонних блоків або панелі для стін приймається кратною 50 мм. Товщина теплоізоляційного шару приймається кратною 10 мм.

Визначається фактичне значення опору теплопередачі огороження:

$$R^{\Phi} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_{VT}}{\lambda_{VT}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n}. \quad (2.8)$$

Необхідні опори теплопередачі вікон і балконних дверей приймаються за [1, табл. 9] в залежності від перепаду температур ( $t_B - t_H$ ).

Потім, за [1, табл. 6] вибирається конструкція вікон з урахуванням, що  $R_{\Phi} \geq R_{TR}$ .

Фактичний опір теплопередачі зовнішніх дверей може бути знайдений з умови, що  $R_{\Phi} \geq 0,6 \times R_{TR}$  зовнішньої стіни.

Розрахунок закінчується визначенням коефіцієнтів теплопередачі для зовнішніх стін, перекриттів, вікон і дверей:

$$K = \frac{1}{R^{\Phi}}. \quad (2.9)$$

Результати теплотехнічного розрахунку слугують основою для визначення втрат теплоти огорожувальними конструкціями приміщень будівлі, які необхідно оцінити для визначення потужності системи опалення.

## 2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін

Загальний термічний опір теплопередачі однорідного зовнішнього огороження (або неоднорідного в характерному перетині, без теплопровідних включень)  $R_o$ ,  $m^2 \cdot K / W$  і шару конструкції  $R_i$  визначають, користуючись формулами [5].

Конструкція зовнішніх стін показана на рис. 2.1, а в табл. 2.3 представлені теплотехнічні характеристики шарів стін.

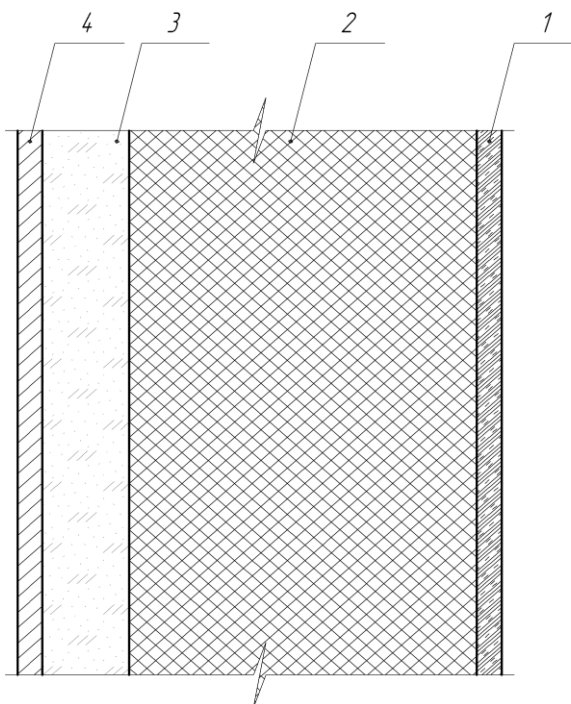


Рис. 2.1 – Конструкція зовнішніх стін

1 – декоративна штукатурка; 2 – цегла; 3 – утеплювач; 4 – металосайдинг

Таблиця 2.3 – Теплотехнічні характеристики шарів стін

№ п/п	Назва шару	Товщина $\delta$ , м	Густина $\rho$ , $kg/m^3$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda$ , $W/(m \cdot K)$	Коефіцієнт теплосвоєння $S$ , $W/(m^2 \cdot K)$	Коефіцієнт паропроникності $\mu$ , $mg/(m \cdot ч \cdot Па)$
1	Декоративна штукатурка	0,020	1700	0,700	8,95	0,098
2	Цегла М-75	0,510	1800	0,700	9,20	0,110
3	Пеноплекс	0,100	100	0,041	0,65	0,050
4	Металосайдинг	0,003	7850	58,000	126,50	0,000

$$ГДОП = (20 + 1,7) \cdot 158 = 3428,6$$

Необхідний опір теплопередачі за розрахунком:

КРБ.НТІТ.1.51-03.3.1

Арк.

21

$$R^{TP} = \frac{1 \cdot (20 + 17)}{8,7 \cdot 4,5} = 0,95 \text{ (м}^2 \times \text{К)}/\text{Вт}$$

Необхідний опір теплопередачі за санітарно-гігієнічними умовами [1, табл. 1 «а»]:

$$R^{TP} = 1,8 + (2,2 - 1,8) \cdot \frac{6082 - 6000}{2000} = 1,81 \text{ (м}^2 \times \text{К)}/\text{Вт.}$$

Необхідний опір теплопередачі за умовами енергозбереження [1, табл. 1 «б»]:

$$R^{TP} = 3,0 + (3,6 - 3,0) \cdot \frac{6082 - 6000}{2000} = 3,03 \text{ (м}^2 \times \text{К)}/\text{Вт.}$$

Приймається для подальшого розрахунку  $R^{TP} = 3,03$ .

Товщина утеплювального шару:

$$\begin{aligned} \delta_{yT} &= \left( 3,03 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{0,700} + \frac{0,510}{0,700} + \frac{0,003}{58,000} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,041 = \\ &= (3,03 - (0,12 + 0,03 + 0,73 + 0,00005 + 0,04)) \cdot 0,041 = 0,087 \text{ м} \end{aligned}$$

Фактична товщина утеплювального шару  $\delta_{yT} = 0,100$  м.

Фактичний опір теплопередачі:

$$\begin{aligned} R^{\Phi} &= \frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{0,700} + \frac{0,510}{0,700} + \frac{0,100}{0,041} + \frac{0,003}{58,000} + \frac{1}{23} = \\ &= 0,12 + 0,03 + 0,73 + 2,44 + 0,00005 + 0,04 = 3,36 \text{ (м}^2 \text{ К)}/\text{Вт} \end{aligned}$$

$R^{\Phi} > R^{TP}$  – умову виконано.

Коефіцієнт теплопередачі стін:

$$K = \frac{1}{3,36} = 0,30 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}).$$

## 2.2 Теплотехнічний розрахунок покрівлі

Конструкція покрівлі показана на рис. 2.2, а в табл. 2.4 – представлені теплотехнічні характеристики шарів.

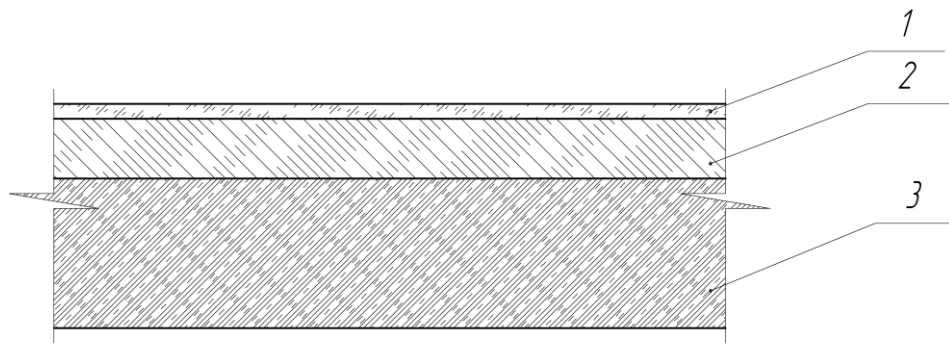


Рис. 2.2 – Конструкція покрівлі  
 1 – пароізоляція; 2 – залізобетонна плита;  
 3 – підшивна покрівля на пінополістиролі

Таблиця 2.4 – Теплотехнічні характеристики шарів покрівлі

№ п/п	Назва шару	Товщина $\delta$ , м	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda$ , Вт/(м×К)	Коефіцієнт теплосвоєння $S$ , Вт/(м <sup>2</sup> ×К)	Коефіцієнт паропроникності $\mu$ , мг/(м×ч×Па)
1	Пароізоляція з бітумного килиму	0,003	1000	0,170	4,56	0,008
2	Залізобетонна плита	0,200	2500	1,920	17,98	0,030
3	Пенополістирол	0,200	100	0,041	0,65	0,050

$$ГДОП = (20 + 1,7) \cdot 158 = 3428,6$$

Необхідний опір теплопередачі за розрахунком:

$$R^{TP} = \frac{1 \cdot (20 + 17)}{8,7 \cdot 4,0} = 1,06 \text{ (м}^2 \times \text{К)/Вт}$$

Необхідний опір теплопередачі за санітарно-гігієнічними умовами [1, табл. 1 «а»]:

$$R^{TP} = 2,6 + (3,2 - 2,6) \cdot \frac{6082 - 6000}{2000} = 2,63 \text{ (м}^2 \times \text{К)/Вт.}$$

Необхідний опір теплопередачі за умовами енергозбереження [1, табл. 1 «б»]:

$$R^{TP} = 3,4 + (4,1 - 3,4) \cdot \frac{6082 - 6000}{2000} = 3,43 \text{ (м}^2 \times \text{К)/Вт.}$$

Приймається для подальшого розрахунку  $R^{TP} = 3,43$ .

Товщина утеплювального шару:

$$\begin{aligned}\delta_{\text{ут}} &= \left( 3,43 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,003}{0,170} + \frac{0,200}{1,920} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,041 = \\ &= (3,43 - (0,12 + 0,02 + 0,10 + 0,04)) \cdot 0,041 = 0,130 \text{ м}\end{aligned}$$

Фактична (запроектвана у вихідних даних по підприємству) товщина утеплювального шару  $\delta_{\text{ут}} = 0,200$  м.

Фактичний опір теплопередачі:

$$\begin{aligned}R^{\Phi} &= \frac{1}{8,7} + \frac{0,003}{0,170} + \frac{0,200}{1,920} + \frac{0,200}{0,041} + \frac{1}{23} = \\ &= 0,12 + 0,02 + 0,10 + 4,88 + 0,04 = 5,16 (\text{м}^2 \times \text{К}) / \text{Вт}\end{aligned}$$

$R^{\Phi} > R^{\text{TP}}$  – умову виконано.

Коефіцієнт теплопередачі горищного перекриття:

$$K = \frac{1}{5,16} = 0,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$$

### 2.3 Теплотехнічний розрахунок підлоги

Конструкція підлог показана на рис. 2.3, а в табл. 2.5 представлені теплотехнічні характеристики шарів підлоги.

$$ГДОП = (20 + 1,7) \cdot 158 = 3428,6.$$

Необхідний опір теплопередачі за розрахунком:

$$R^{\text{TP}} = \frac{1 \cdot (20 + 17)}{8,7 \cdot 2,5} = 1,70 (\text{м}^2 \times \text{К}) / \text{Вт}$$

Необхідний опір теплопередачі за санітарно-гігієнічними умовами [1, табл. 1 «а»]:

$$R^{\text{TP}} = 2,6 + (3,2 - 2,6) \cdot \frac{6082 - 6000}{2000} = 2,63 (\text{м}^2 \times \text{К}) / \text{Вт}$$

Необхідний опір теплопередачі за умовами енергозбереження [1, табл. 1 «б»]:

$$R^{\text{TP}} = 3,4 + (4,1 - 3,4) \cdot \frac{6082 - 6000}{2000} = 3,43 (\text{м}^2 \times \text{К}) / \text{Вт}.$$

Таблиця 2.5 – Теплотехнічні характеристики шарів підлоги

№ п/п	Назва шару	Товщина $\delta$ , м	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda$ , Вт/(м×К)	Коефіцієнт теплосвоєння $S$ , Вт/(м <sup>2</sup> ×К)	Коефіцієнт паропроникнення $\mu$ , мг/(м×ч×Па)
1	Декоративна гранитна плитка	0,010	2800	3,490	25,04	0,008
2	Мастика бітумна	0,010	1400	0,270	6,80	0,008
3	Цементно-пісчана стяжка	0,050	1800	0,760	9,60	0,090
4	Пенополістирол	0,100	100	0,041	0,65	0,050
5	Залізо-бетонная плита	0,200	2500	1,920	17,98	0,030

$$R^{TP} = 3,4 + (4,1 - 3,4) \cdot \frac{6082 - 6000}{2000} = 3,43 \text{ (м}^2 \times \text{К) / Вт.}$$

Приймається для подальшого розрахунку  $R^{TP} = 3,43 \text{ (м}^2 \times \text{К) / Вт.}$

Товщина утеплювального шару:

- у складальному і виробничому приміщеннях:

$$\begin{aligned} \delta_{VT} &= \left( 3,43 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{3,49} + \frac{0,01}{0,27} + \frac{0,05}{0,76} + \frac{0,20}{1,92} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,041 = \\ &= (3,43 - (0,12 + 0,01 + 0,04 + 0,07 + 0,10 + 0,04)) \cdot 0,041 = 0,125 \text{ м} \end{aligned}$$

Приймається товщина утеплювального шару  $\delta_{VT} = 0,125 \text{ м.}$

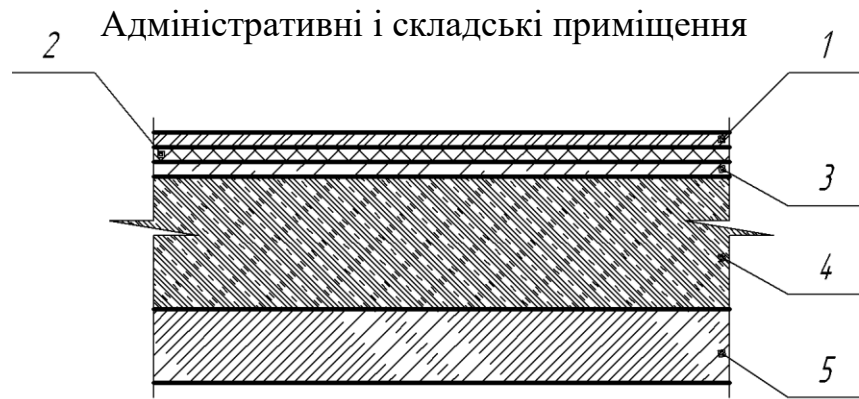
Фактичний опір теплопередачі:

$$\begin{aligned} R^{\Phi} &= \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{3,49} + \frac{0,01}{0,27} + \frac{0,05}{0,76} + \frac{0,125}{0,041} + \frac{0,020}{1,92} + \frac{1}{23} = \\ &= 0,12 + 0,01 + 0,04 + 0,07 + 3,05 + 0,10 + 0,04 = 3,43 \text{ (м}^2 \times \text{К) / Вт} \end{aligned}$$

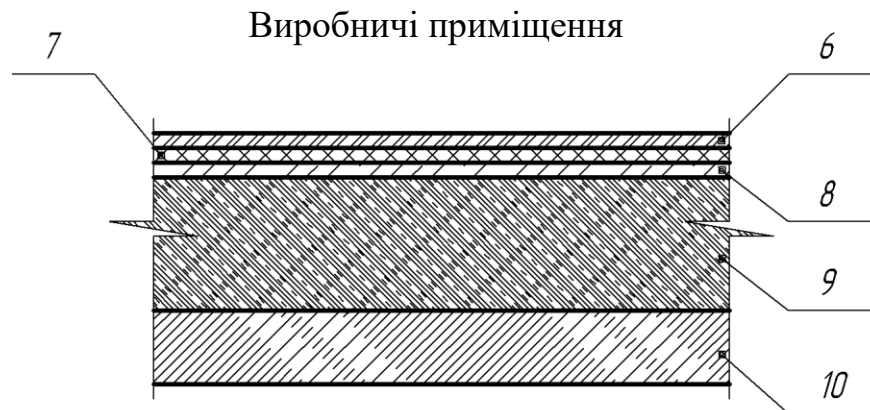
$R^{\Phi} = R^{TP}$  – умову виконано.

Коефіцієнт теплопередачі підлог приміщень для працівників:

$$K = \frac{1}{3,43} = 0,29 \text{ Вт / (м}^2 \times \text{К).}$$



- 1- керамічна плитка
- 2- клеючий шар
- 3- цементно-пісчана стяжка
- 4- утеплювач
- 5 - залізобетонна плита



- 6 - декоративна плитка
- 7 - клеючий шар
- 8 - цементно-пісчана стяжка
- 9 - утеплювач
- 10 - залізобетонна плита

Рис. 2.3 – Конструкція підлоги

- у виробничих приміщеннях:

$$\delta_{\text{ут}} = \left( 3,43 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{3,49} + \frac{0,01}{0,27} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,20}{2,04} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,052 =$$

$$= (3,43 - (0,12 + 0,01 + 0,04 + 0,05 + 0,09 + 0,04)) \cdot 0,052 = 0,160 \text{ м}$$

Приймається товщина утеплювального шару  $\delta_{\text{УТ}} = 0,175$  м.

Фактичний опір теплопередачі:

$$R^{\Phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{3,49} + \frac{0,01}{0,27} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,175}{0,052} + \frac{0,20}{2,04} + \frac{1}{23} =$$
$$= 0,12 + 0,01 + 0,04 + 0,05 + 3,37 + 0,09 + 0,04 = 3,72 (\text{м}^2 \times \text{К}) / \text{Вт}$$

$R^{\Phi} > R^{\text{ТР}}$  – умову виконано.

Коефіцієнт теплопередачі підлоги виробничих приміщень:

$$K = \frac{1}{3,72} = 0,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$$

#### 2.4 Теплотехнічний розрахунок вікон і дверей

У практиці будівництва житлових і громадських будівель застосовується одинарне, подвійне і потрійне скління в дерев'яних, пластмасових та металевих рамах, спарене або роздільне.

Фактичний опір теплопередачі зовнішніх дверей:

$$R^{\Phi} = 0,6 \cdot \frac{1(18+17)}{0,6} = 0,6 (\text{м}^2 \times \text{К}) / \text{Вт}.$$

Площа дверей:  $F=0,9 \cdot 2,5 = 2,25 \text{ м}^2$

Тепловтрати через двері:  $Q = \frac{18+17}{0,6} \cdot 1 \cdot 2,25 \cdot 1 = 131,2 \text{ Вт}$

Площа входної групи:  $F=3 \cdot 6 = 18 \text{ м}^2$

Тепловтрати через входну групу:  $Q = \frac{18+17}{0,6} \cdot 1 \cdot 18 \cdot 1 = 1050 \text{ Вт}$

У будівлі використовується подвійне скління в ПВХ переплетах –  $R^{\Phi} = 0,50$ .

$$K = \frac{1}{0,50} = 2,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}).$$

Визначаємо ГДОП:  $\text{ГДОП} = (18 + 1,7) \cdot 158 = 3112,6 \text{ }^{\circ}\text{С} \cdot \text{доб}$

Знаходимо для вікон  $R_{\text{о}}^{\text{ТР}} = 0,45 \text{ м}^2 \text{ К}/ \text{Вт}$ ,  $R_0 = 0,4 \text{ м}^2 \text{ К}/ \text{Вт}$ .

Виконується умова  $R_{\text{о}}^{\text{ТР}} > R_0$ , тому приймаємо до встановлення однокамерний пакет у ПВХ виконанні з  $R^{\Phi} = 0,50 \text{ м}^2 \text{ К}/ \text{Вт}$ .

Площа вікна:  $F = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96 \text{ м}^2$

$$\text{Тепловтрати через вікно: } Q = \frac{18+17}{0,5} \cdot 1 \cdot 1,96 \cdot 1 = 137,2 \text{ Вт}$$

## 2.5 Додаткові тепловтрати

Основні тепловтрати через зовнішні огороження, зумовлені різницею температур між внутрішнім і зовнішнім повітрям, насправді виявляються меншими за реальні втрати тепла. Це пов'язано з тим, що при розрахунках не враховуються деякі додаткові чинники, які спричиняють додаткові втрати тепла, обчислювані як частка від основних. До таких чинників належать: орієнтація приміщень відносно сторін світу та проникнення зовнішнього повітря через нещільності у будівельних конструкціях [2, 6].

У приміщеннях будь-якого призначення поправка на орієнтацію за сторонами світу приймається у відповідності зі схемою (рис. 2.4):

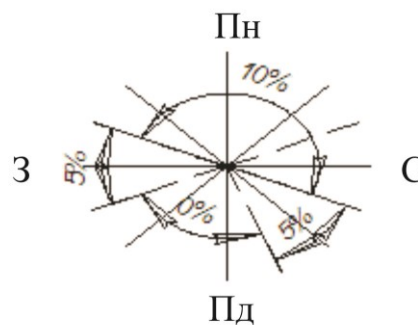


Рис. 2.4. Поправка на орієнтацію по відношенню до сторін світу

При цьому додаткові тепловтрати, які визначаються орієнтацією огорожень по сторонах світу (в частках від основних тепловтрат), розраховуються за формулою [6]:

$$Q_{д.ор} = Q_0 \cdot \beta_{ор}, \quad (2.10)$$

де  $Q_0$  – основні тепловтрати через дану огорожу, Вт;  $\beta_{ор}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію у відносних величинах (рис. 2.4).

Через зовнішні двері, не обладнані повітряними або повітряно-тепловими завісами, при висоті будівель  $H$ , м, від середньої планувальної відмітки землі до верху карниза, центру витяжних отворів ліхтаря або гирла шахти додаткові втрати для одинарних дверей визначаються [6, 18]:

$$Q_{д.нд} = Q_{о.лк} \cdot (0,22H)$$

Додаткові тепловтрати через огорожувальні конструкції у випадках, коли в приміщенні є дві чи більше зовнішніх стін, враховуються для громадських будівель та допоміжних приміщень виробничих споруд у розмірі 5% від основних втрат тепла. У кутових приміщеннях житлових будинків замість внесення цієї поправки підвищують розрахункову температуру внутрішнього повітря на 2 °С, без додаткових коригувань [2, 7, 10].

Основними чинниками, що спричиняють інфільтрацію повітря крізь огорожувальні конструкції будівель, є тепловий і вітровий тиск. Тепловий тиск виникає через різницю густини повітря: холодне зовнішнє повітря є щільнішим порівняно з теплим внутрішнім, що створює перепад тиску між зовнішнім середовищем і внутрішніми приміщеннями. У свою чергу, вітровий тиск формується внаслідок перетворення динамічного тиску вітру в статичний, що відбувається поблизу стін будівлі. Ці процеси призводять до проникнення повітря через різні конструктивні елементи об'єкта, такі як вікна, балконні двері, світлові ліхтарі, зовнішні та внутрішні двері, ворота, а також через відкриті отвори, щілини у стиках та місця сполучення стінових панелей [2, 7, 10].

### Розділ 3. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

В опалюваних будівлях за наявності різниці значень температури між внутрішнім і зовнішнім повітрям постійно відбуваються втрати тепла через огорожувальні конструкції: зовнішні стіни (ЗС), підлогу (ПЛ), вікна (В), зовнішні двері (ЗД), горищне перекриття (ГП).

Системи опалення повинні заповнювати ці втрати, підтримуючи в приміщеннях внутрішню температуру, встановлену санітарними нормами.

Основні теплові втрати через зовнішні огороження,  $Q_{от}$ , визначаються за формулою [6]:

$$Q_{очн} = \frac{F}{R_o^{\phi}} \cdot (t_{в} - t_{н}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, \quad (3.1)$$

де  $R_o^{\phi}$  – фактичний загальний опір теплопередачі огорожувальної конструкції,  $m^2K / Wt$ ;

$F$  – розрахункова площа огорожувальної конструкції,  $m^2$ ;

$\beta$  – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати тепла.

#### 3.1 Розрахунок опалювального навантаження приміщень

Опалювальне навантаження приміщень визначається виходячи з теплового балансу, складеного окремо для кожного приміщення.

Опалювальна система повинна компенсувати втрати теплоти огорожами, на нагрівання інфільтраційного повітря, а також нагрівання внесених холодних матеріалів (у промислових будівлях) з урахуванням постійних тепловиділень в приміщеннях.

Розрахунок тепловтрат через огорожуючі конструкції представлено в таблиці 3.1.

Опалювальне навантаження житлових і ряда громадських будівель  $Q_{от}$  розраховують за формулою (3.2):

$$Q_{от} = Q_{огр} + Q_{инф} - Q_{бит}, \quad (3.2)$$

де  $Q_{огр}$  – сумарні тепловтрати огорожувальних конструкцій приміщення;

Таблиця 3.1 - Розрахунок тепловтрат через огорожуючі конструкції

Номер приміщення	Найменування приміщення і температура повітря $t_{в}$ , $^{\circ}\text{C}$	Характеристика огороження					Розрахункова різниця температур, $^{\circ}\text{C}$	Коефіцієнт $n$	Основні тепловтрати, Вт	Добавки		Коефіцієнт урах. добавок $\rho$	Загальні тепловтрати	
		Позначення	Орієнтація по сторонах світу	Кількість та лінійні розміри, м	Площа поверхні огороження, $\text{m}^2$	Коефіцієнт теплопередачі $k$ , $\text{Вт}/(\text{m}^2\text{K})$				На орієнтацію по сторонах світу	На двері, вугли, вікна та інші		Огороження $Q_{огр}$ , Вт	Приміщення, Вт
1 поверх														
101	Складальний цех, $18^{\circ}\text{C}$	ВР	З	6,0×3,0	18,0	1,50	35	1,0	945,0	0,05	0,30	1,20	1134,0	3162,0
		ЗС	ПН	18,0×3,0	54,0	0,30	35	1,0	567,0	0,10	0,15	1,25	708,8	
		ЗС	С	3,0×3,0	9,0	0,30	35	1,0	94,5	0,05	0,15	1,00	94,5	
		ПЛ		6,0×18,0	108,0	0,27	35	1,0	1020,6			1,20	1224,7	
102	Тепловий пункт, $18^{\circ}\text{C}$	ЗС	ПН	2,85×3,0	8,5	0,30	35	1,0	89,2	0,10	0,15	1,25	111,5	734,2
		ЗС	С	3,0×3,7	11,0	0,30	35	1,0	115,5	0,10	0,15	1,00	115,5	
		ЗС	ПД	2,85×3,0	8,5	0,30	35	1,0	89,2	0,10	0,15	1,25	111,5	
		ПЛ		2,85×3,7	10,5	0,27	20	0,4	56,7			1,00	56,7	
		В	ПД	1,4×1,4	2	1,50	35	1,0	105,0	0,10	0,15	1,10	126,0	
		Д	С	0,9×2,0	1,8	1,50	35	1,0	94,5	0,10	0,30	1,20	104,0	
		ГП		2,85×3,7	10,5	0,27	35	1,0	99,2	0,10	0,15	1,10	109,0	
103	Коридор, $16^{\circ}\text{C}$	ЗС	З	1,5×3,0	4,5	0,30	33	1,0	47,2	0,10	0,15	1,00	47,2	479,2
		ЗС	С	3,0×6,0	18,0	0,30	33	1,0	189,0	0,10	0,15	1,00	189,0	
		ПЛ		1,5×18,0	37,5	0,27	20	0,4	202,5			1,20	243,0	

Продовження табл. 3.1

104	Приміщення контролю якості, 16 °С	ЗС	ПД	2,7×3,0	8,1	0,30	33	1,0	85,0	0,10	0,15	1,00	85,0	557,6
		ЗС	З	3,0×6,0	18,0	0,30	33	1,0	189,0	0,10	0,15	1,00	189,0	
		ПЛ		2,7×4,0	10,8	0,27	20	0,4	58,3	0,10		1,20	58,3	
		В	З	2×1,4×1,4	3,9	1,50	35	1,0	204,8	0,10	0,15	1,10	225,3	
105	Склад запчастин, 18 °С	ЗС	ПД	3,3×3,0	9,9	0,30	35	1,0	104,0	0,10	0,15	1,00	104,0	311,8
		ПЛ		3,3×4,0	13,2	0,27	20	0,4	71,2	0,10	0,15	1,15	81,8	
		В	ПД	1,4×1,4	2,0	1,5	35	1,0	105,0	0,10	0,15	1,20	126	
106	Складське приміщення, 18 °С	ЗС	ПД	5,8×3,0	17,4	0,30	35	1,0	182,7	0,00	0,15	1,00	136,1	544,6
		ПЛ		5,8×4,0	23,2	0,27	20	1,0	125,2	0,00		1,00	183,2	
		В	ПД	2×1,4×1,4	3,9	1,50	35	1,0	204,8	0,10	0,15	1,10	225,3	
107	Санвузол, 16 °С	ЗС	ПД	2,5×3,0	7,5	0,30	33	1,0	78,8	0,00	0,10	1,10	86,6	281,6
		ПЛ		2,5×4,0	10,0	0,30	20	0,4	60,0	0,05	0,10	1,15	69,0	
		В	ПД	1,4×1,4	2,0	1,5	33	1,0	105,0	0,10	0,15	1,20	126	
2 поверх														
203	Коридор, 16 °С	ЗС	З	1,5×3,0	4,5	0,30	33	1,0	47,2	0,10	0,15	1,00	47,2	512,8
		ЗС	С	3,0×6,0	18,0	0,30	33	1,0	189,0	0,10	0,15	1,00	189,0	
		ГП		1,5×18,0	37,5	0,19	6	0,9	42,8	0,10	0,15	1,20	51,3	
		В	З, С	2×1,4×1,4	3,9	1,50	35	1,0	204,8	0,10	0,15	1,10	225,3	
207	Санвузол, 16 °С	ЗС	ПД	2,5×3,0	7,5	0,30	33	1,0	78,8	0,00	0,10	1,10	86,6	226,2
		ГП		2,5×4,0	10,0	0,19	6	0,4	11,4	0,05	0,10	1,20	13,6	
		В	ПД	1,4×1,4	2,0	1,5	33	1,0	105,0	0,10	0,15	1,20	126	
208	Виробниче приміщення, 20 °С	ЗС	ПН	3,0×12,0	36,0	0,30	37	1,0	399,6	0,10	0,10	1,00	399,6	1549,4
		ЗС	З	3,0×6,0	18,0	0,30	37	1,0	199,8	0,10	0,10	1,00	199,8	
		ГП		6,0×12,0	72,0	0,19	10	0,4	136,8	0,10	0,15	1,20	164,2	
		В	ПН	6×1,4×1,4	11,8	1,5	37	1,0	654,9	0,10	0,15	1,20	785,8	
209	Пункт контролю, 18 °С	ЗС	ПН	3,0×6,0	18,0	0,30	37	1,0	199,8	0,10	0,10	1,00	199,8	1001,1
		ЗС	С	3,0×6,0	18,0	0,30	37	1,0	199,8	0,10	0,10	1,00	199,8	
		ГП		6,0×6,0	36,0	0,19	10	0,4	68,4	0,10	0,15	1,20	82,1	
		В	ПН	4×1,4×1,4	7,8	1,5	37	1,0	432,9	0,10	0,15	1,20	519,4	

Продовження табл. 3.1

210	Кабінет директора, 20 °С	ЗС	ПД	4,0×3,0	12,0	0,30	37	1,0	133,2	0,10	0,15	1,00	133,2	486,6
		ЗС	З	3,0×2,7	8,1	0,30	37	1,0	90,0	0,10	0,15	1,00	90,0	
		ГП		2,7×4,0	11,0	0,19	10	0,4	21,0	0,10	0,15	1,20	25,2	
		В	З	2×1,4×1,4	3,9	1,50	37	1,0	216,5	0,10	0,15	1,20	238,2	
211	Кімната відпочинку, 20 °С	ЗС	ПД	3,3×3,0	9,9	0,30	37	1,0	110,0	0,10	0,15	1,00	110,0	273,3
		ГП		3,3×4,0	13,2	0,19	10	0,4	25,1	0,10	0,15	1,20	30,1	
		В	ПД	1,4×1,4	2,0	1,5	37	1,0	111,0	0,10	0,15	1,20	133,2	
212	Бухгалтерія, 20 °С	ЗС	ПД	2,5×3,0	7,5	0,30	37	1,0	83,2	0,00	0,15	1,00	83,2	239,2
		ГП		2,5×4,0	10,0	0,19	10	1,0	19,0	0,00	0,15	1,20	22,8	
		В	ПД	1,4×1,4	2,0	1,50	37	1,0	111,0	0,10	0,15	1,20	133,2	
213	Службове приміщення, 18 °С	ЗС	ПД	3,3×3,0	9,9	0,30	37	1,0	110,0	0,00	0,10	1,00	110,0	273,3
		ГП		3,3×4,0	13,2	0,19	10	0,4	25,1	0,05	0,10	1,20	30,1	
		В	ПД	1,4×1,4	2,0	1,5	37	1,0	111,0	0,10	0,15	1,20	133,2	
Загальні тепловтрати через огороджуючі конструкції													10632,9	

$Q_{\text{инф}}$  – кількість теплоти, необхідна для нагріву повітря, що інфільтрується;

$Q_{\text{бит}}$  – побутові тепловиділення.

Витрата теплоти на нагрівання повітря, що інфільтрується, за природної витяжної вентиляції, та що не компенсується підігрітим припливним повітрям, визначають за формулою:

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho \cdot c \cdot (t_B - t_H) \cdot k, \quad (3.3)$$

де  $L_n$  – витрати видаляемого повітря, що не компенсується підігрітим припливним повітрям; для житлових будівель питомі нормативні втрати 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> житлових приміщень;

$\rho$  – густина повітря у приміщенні;

$c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1 кДж/(кг×К);

$k$  – коефіцієнт урахування впливу зустрічного теплового потоку в конструкціях (що дорівнює:

- 0,7 – для стиків панелей стін та вікон з потрійними переплетами;

- 0,8 – для вікон и балконних дверей з роздільними переплетами;

- 1,0 – для одинарних вікон, вікон і балконних дверей зі спареними переплетами і відкритих прорізів).

Побутові тепловиділення визначають за [3, п. 3.1] у кількості від 10 Вт до 21 Вт на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги:

$$Q_{\text{бит}} \geq 10 \cdot F_{\text{пл}}, \quad (3.4)$$

де  $F_{\text{пл}}$  – площа підлоги.

Після визначення опалювального навантаження приміщень знаходять питому теплову характеристику будівлі:

$$q_0 = \frac{\sum Q_{\text{от}}}{V \cdot (t_B - t_H) \cdot a}, \quad (3.5)$$

де  $\sum Q_{\text{от}}$  - сума опалювального навантаження приміщень усієї будівлі;

$V$  – об'єм будівлі за зовнішнім обміром;

$a$  – поправочний коефіцієнт [3, с. 41]:

$$a = 0,58 + \frac{24}{t_B - t_H} \quad (3.6)$$

Отримане значення  $q_0$  порівнюють із табличним значенням (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Значення питомих теплових характеристик будівель

V, тис. м <sup>3</sup>	До 5	10	15	Понад 15
$q_0, \text{Вт}/(\text{м}^3 \times \text{К})$	0,65-0,41	0,52-0,35	0,49-0,31	0,46-0,21

Розрахунок опалювального навантаження зводимо до табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Розрахунок опалювального навантаження

Номер приміщення	Q <sub>огр</sub> , Вт	Q <sub>інф</sub> , Вт	Q <sub>бит</sub> , Вт	Q <sub>оп</sub> , Вт
1 поверх				
101	3162,0	118,1	158,6	3121,5
102	734,2	78,4	105,3	707,3
103	479,2	139,4	187,2	431,4
104	557,6	125,9	169,0	514,5
105	311,8	213,9	287,3	238,4
106	544,6	390,1	523,9	410,8
107	281,6	113,3	152,1	242,8
2 поверх				
203	512,8	151,0	202,8	461,0
207	226,2	48,4	65,0	209,6
208	1549,4	80,4	107,9	1521,9
209	1001,1	49,3	98,1	952,3
210	486,6	243,3	78,1	651,8
211	273,3	105,5	141,7	237,1
212	239,2	95,6	118,7	216,1
213	273,3	98,7	114,2	257,8
Всього	10632,9	2051,3	2509,9	10174,3

Після визначення опалювального навантаження приміщень і будівлі в цілому можна починати обґрунтування і вибір системи опалення та її конструювання.

$$a = 0,58 + \frac{24}{20 + 17} = 1,22.$$

$$q_0 = \frac{10174,3}{1296 \cdot (20 + 17) \cdot 1,22} = 0,17.$$

Таким чином, питома тепла характеристика будівлі суттєво нижче межі діапазону для будівель з опалювальним об'ємом до 5 тис. м<sup>3</sup>.

### 3.2 Тепловий розрахунок опалювальних приладів

Тепловий розрахунок опалювальних приладів полягає у визначенні зовнішньої поверхні приладу, що забезпечує необхідний тепловий потік в приміщенні.

Підбір приладів можна здійснювати за умовним номінальним тепловим потоком або площею поверхні.

Послідовність теплового розрахунку опалювальних приладів.

1. Знаходять температуру води, що надходить до першого по ходу руху води приладу стояка однотрубної системи опалення (3.7):

$$t_{\Gamma} = t_{\Gamma(\text{РОЗР})} - \Delta t_{\text{M}}, \quad (3.7)$$

де  $t_{\Gamma(\text{РОЗР})}$  – температура води в подавальній магістралі на введенні;

$\Delta t_{\text{M}}$  – пониження температури води в подавальній магістралі до розрахункового стояка (приймається у відповідності з рекомендаціями в [4, с. 45]).

2. Для однотрубної системи визначають температуру води, що надходить до приладу кожного поверху (3.8):

$$t_{\Gamma,n} = t_{\Gamma} - \frac{\sum Q_{\text{ПР}}}{Q_{\text{СТ}}} \cdot (t_{\Gamma} - t_0), \quad (3.8)$$

де  $Q_{\text{СТ}}$  – теплове навантаження усіх приладів стояка;

$\sum Q_{\text{ПР}}$  – теплове навантаження приладів вище розрахункового по ходу руху води.

3. Розраховують середню температуру теплоносія в приладі – для однотрубної системи:

$$t_{\text{CP},\Gamma} = \frac{t_{\Gamma,n} + t_{\Gamma,n+1}}{2} \quad (3.9)$$

4. Визначають температурний натиск приладу:

$$\Delta t_{\text{CP}} = t_{\text{CP},\Gamma} - t_{\text{B}}. \quad (3.10)$$

5. Для однотрубної системи опалення визначають витрати води в стояці  $G_{СТ}$  і фактичні витрати води в опалювальному приладі  $G_{ПР}$  за формулами:

$$G_{СТ} = \frac{Q_{СТ} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{1,16 \cdot (t_{Г} - t_0)}, \quad (3.11)$$

де  $\beta_1$  – поправочний коефіцієнт, що залежить від виду приладу та визначається за [4, табл. 9.4];

$\beta_2$  – коефіцієнт, що враховує спосіб установки приладу і визначається за [4, табл. 9.5].

$$G_{ПР} = \alpha \cdot G_{СТ}, \quad (3.12)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт затікання води в прилад, визначається за [4, табл. 9.3].

6. Визначають теплове навантаження приладу:

$$Q_{ПР} = Q_{ОГ} - 0,9 \cdot Q_{ТР} - 60, \quad (3.13)$$

де  $Q_{ТР}$  – тепловіддача відкрито прокладених у приміщенні труб:

$$Q_{ТР} = q_B \cdot l_B + q_{Г} \cdot l_{Г}, \quad (3.14)$$

де  $q_B$ ,  $q_{Г}$  – тепловіддача 1 м.п. відкрито прокладених вертикальних і горизонтальних труб, що визначається за [8, табл. II.22];

$l_B$ ,  $l_{Г}$  – довжина вертикальних и горизонтальних труб у приміщенні.

Тепловий потік приладу не повинен зменшитись більше, ніж на 5% (при  $Q_{ПР} = 1200$  Вт) або на 60 Вт (при  $Q_{ПР} > 1200$  Вт) у порівнянні з  $Q_{ТР}$ .

7. Знаходять необхідний номінальний тепловий потік приладу, за ним обирають прилад за [4, табл. X.1]:

$$Q_{н.г} = \frac{Q_{ПР}}{\varphi_K}, \quad (3.15)$$

де  $\varphi_K$  – комплексний коефіцієнт приведення  $Q_{н.г}$  до розрахункових умов:

$$\varphi_K = \left( \frac{\Delta t_{CP}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G_{ПР}}{360} \right)^p \cdot b \cdot \psi \cdot c, \quad (3.16)$$

де  $b$  – коефіцієнт урахування атмосферного тиску, що визначається за [4, табл. 9.1];

$\psi$  – коефіцієнт урахування напрямку руху води (якщо зверху вниз –  $\psi = 1$ , якщо знизу вгору то за [4, табл. 9.11]);

$n$ ,  $p$ ,  $c$  – експериментальні числові показники, що визначаються за [4, табл. X.1].

8. За величиною  $Q_{н.т}$  за [4, табл. X.1] підбирають типорозмір приладу й виписують його характеристику і фактичне значення  $Q_{н.у}$ .

Тепловий розрахунок опалювальних приладів зводимо до табл. 3.4.

### **3.3 Гідравлічний розрахунок однотрубною системи опалення**

Завдання гідравлічного розрахунку полягає в обгрунтованому виборі економічних діаметрів труб з урахуванням наявного циркуляційного тиску і необхідних витрат теплоносія на всіх ділянках мережі, що забезпечують розрахункові теплові навантаження опалювальних приладів.

Висока гідравлічна стійкість є однією з ключових переваг однотрубних систем опалення. До того ж, у порівнянні з двотрубними системами, вони значно простіші в монтажі, легші у гідравлічному налаштуванні та менш вразливі до несанкціонованих змін під час експлуатації.

У зв'язку з цим був виконаний гідравлічний розрахунок однотрубною системи опалення двоповерхової будівлі при централізованому теплопостачанні від теплових мереж за залежною схемою приєднання системи опалення до них.

До гідравлічного розрахунку теплопроводів виконують аксонометричну схему системи опалення з усією запірною-регулюючою арматурою. До складання такої схеми приступають після того як: порахована теплова потужність системи опалення будівлі; обрано тип опалювальних приладів і визначено їхню кількість для кожного приміщення; розміщені на планах поверхів будівлі опалювальні прилади, гарячі і зворотні стояки.

Теплові навантаження, довжина розрахункових ділянок та інші дані показані на рис. 3.1 у вигляді аксонометричної схеми.

Гідравлічний розрахунок починається з основного циркуляційного кільця, яке знаходиться в найбільш несприятливих умовах (в однотрубних вертикальних системах з попутним рухом води в магістралях - через найбільш навантажений стояк).

Основне циркуляційне кільце проходить через нижній опалювальний прилад найбільш навантаженого середнього стояка 3, оскільки система опалення – з попутним рухом води.

Основне циркуляційне кільце розбивають на розрахункові ділянки по ходу руху теплоносія. Розрахунковий циркуляційний тиск  $\Delta P_p$  для головного циркуляційного кільця визначаємо з урахуванням коефіцієнта змішання. За обчисленими витратами води і прийнятими діаметрами труб визначають втрати тиску на кожній розрахунковій ділянці і сумарну втрату тиску на циркуляційному кільці. Порівнюють величину сумарної втрати тиску з наявним тиском. У системі необхідний запас на невраховані втрати 10%, тобто:

$$\sum(\Delta P_{\text{пот}}) = 0,9 \cdot \Delta P_p, \quad (3.17)$$

де  $\Delta P_{\text{пот}}$  – сумарні втрати на циркуляційному кільці;

$\Delta P_p$  – наявний тиск.

$$\Delta P_p = P_H + B \cdot P_E, \quad (3.18)$$

де  $P_H$  – тиск, що розвивається насосом;  $\Delta P_E$  – гравітаційний тиск;

$B$  – поправочний коефіцієнт, що враховує те, що система протягом опалювального періоду довгий час може працювати за зменшеної величини природного тиску (для горизонтальних однотрубних систем  $B = 0,4$  [5]).

$$\Delta P_E = \Delta P_{E,TP} + \Delta P_{E,ПР}, \quad (3.19)$$

де  $\Delta P_{E, TP}$  – природний циркуляційний тиск, що виникає внаслідок охолодження води в трубопроводах системи опалення;

$\Delta P_{E, ПР}$  – природний циркуляційний тиск, що виникає внаслідок охолодження води в опалювальних приладах (для вертикальної однотрубної

системи визначається за формулою):

Таблиця 3.4 - Тепловий розрахунок опалювальних приладів

Номер приміщення	Опалювальне навантаження $Q_{от}$ , Вт	Температура води, що потрапляє у прилад $t_{г,в}$ , °C	Середня температура теплоносія в приладі $t_{ср,т}$ , °C	Температурний напір $\Delta t_{ср}$ , °C	Тепло-віддача відкрито прокладених труб $Q_{тр}$ , Вт	Теплове навантаження приладу $Q_{пр}$ , Вт	$\psi_k$	Необхідний номінальний тепловий потік прилада $Q_{н,т}$ , Вт	Фактичний номінальний умовний тепловий потік $Q_{н,у}$ , Вт	Тип приладу
1 поверх										
101	3121,5	49,18	49,05	44,05	495,60	2615,46	1,00	2615,46	3031	7×PCBI-1п
102	707,3	50,00	49,73	45,73	88,80	567,38	1,00	567,38	581	PCB-2п
103	431,4	48,87	47,93	44,83	129,80	254,58	1,00	254,58	433	PCBI-1п
104	514,5	45,16	44,58	40,58	88,50	374,85	1,00	374,85	866	2×PCBI-1п
105	238,4	46,66	45,83	42,83	154,00	39,80	1,00	39,80	433	PCBI-1п
106	410,8	47,71	46,85	42,85	95,60	264,76	1,00	264,76	433	PCBI-1п
107	242,8	48,55	48,28	43,28	98,80	93,88	1,00	93,88	433	PCBI-1п
2 поверх										
203	461,0	92,69	81,35	65,35	123,90	505,75	1,00	505,75	581	PCB-2п
207	209,6	93,16	81,58	61,58	76,70	393,84	1,00	393,84	433	PCBI-1п
208	1521,9	94,47	82,24	62,24	23,60	12,30	1,00	12,30	433	PCBI-1п
209	952,3	90,70	80,35	62,35	129,80	725,61	1,00	725,61	866	2×PCBI-1п
210	651,8	94,07	82,04	72,04	17,70	49,64	1,00	49,64	433	PCBI-1п
211	237,1	92,34	81,17	63,17	100,30	373,72	1,00	373,72	433	PCBI-1п
212	216,1	93,48	81,74	63,74	47,20	159,62	1,00	159,62	433	PCBI-1п
213	257,8	80,13	75,06	65,06	72,60	132,46	1,00	132,46	433	PCBI-1п

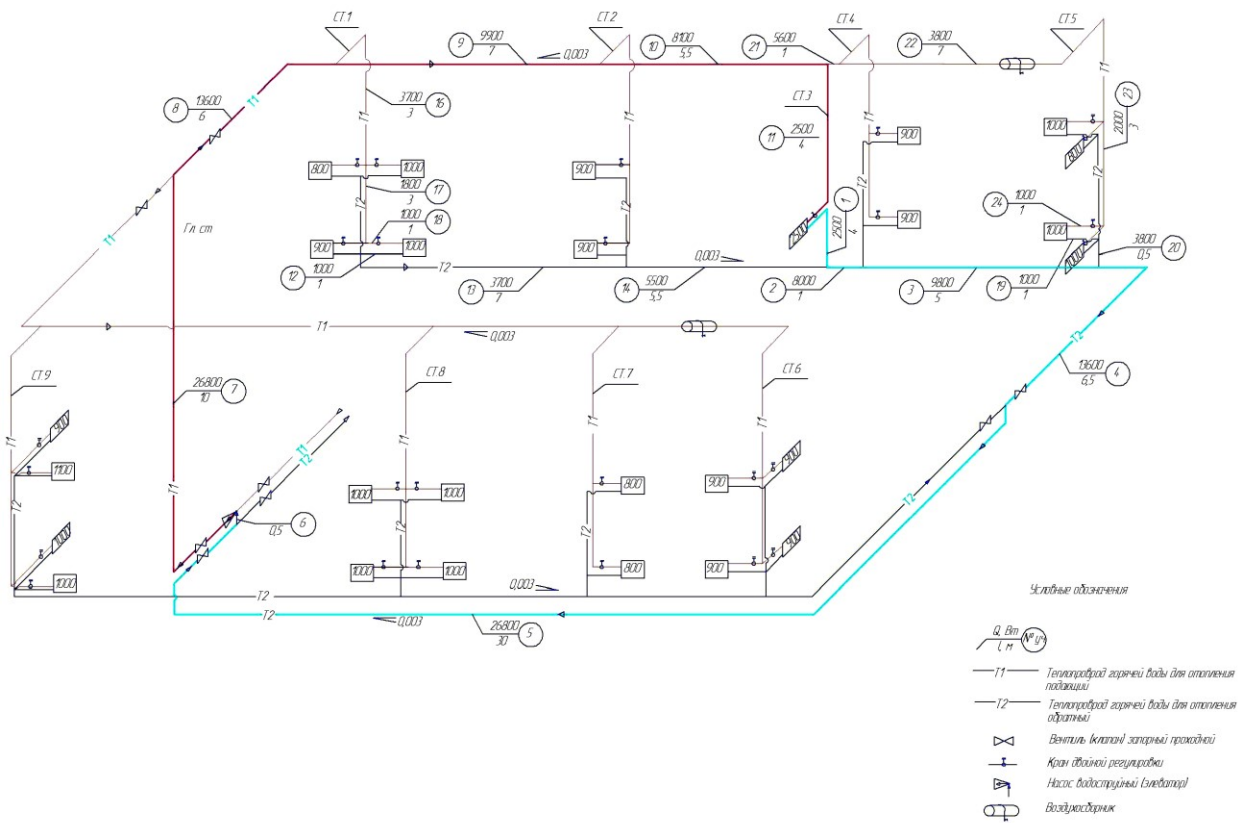


Рис. 3.1. Аксонометрична схема

$$\Delta P_{E,PP} = \frac{\beta \cdot g}{Q_{CT}} \cdot (t_G - t_O) \cdot \sum (Q_i \cdot h_i), \quad (3.20)$$

де  $\beta$  – середній приріст густини при зниженні температури на  $1^\circ\text{C}$  (приймається за [5, табл. 71.]);

$t_G$  – розрахункова температура гарячої води;

$t_O$  – розрахункова температура охолодженої води;

$Q_{CT}$  – опалювальне навантаження усіх приладів стояка;

$Q_i$  – опалювальне навантаження приладу  $i$ -го поверху;

$h_i$  – вертикальна відстань між центром охолодження приладу  $i$ -го поверху і центром нагріву.

Наявний тиск при переміщенні теплоносія по трубах може бути вичерпано на подолання опору тертя середовища о стінки трубопроводу  $\Delta P_{TP}$  і місцевих опорів  $Z$ :

$$\Delta P_{BTP} = \Delta P_{TP} + Z, \quad (3.21)$$

де  $\Delta P_{\text{втр}}$  – сумарні втрати тиску на ділянці мережі.

Втрати тиску на подолання опору тертя на ділянці трубопровода визначають за формулою:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho, \quad (3.22)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного опору, що залежить від режиму руху води і шорсткості стін труб;

$l$  – довжина ділянки трубопровода;

$d$  – внутрішній діаметр труби;

$v$  – швидкість потоку;

$\rho$  – густина теплоносія.

Втрати тиску у місцевих опорах визначають, користуючись рівнянням :

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho, \quad (3.23)$$

де  $\sum \left( \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \right)$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці.

Загальні втрати тиску на ділянці складають:

$$\Delta P_{\text{пот}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho + \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho, \quad (3.24)$$

В опалювальній техніці використовують різні методи гідравлічного розрахунку трубопроводів, що забезпечують різну точність отриманих результатів.

Для розрахунку однотрубних систем опалення застосовують, в основному, метод характеристик опору.

Втрати тиску на тертя і місцеві опори на ділянці за цим методом знаходять за формулою:

$$\Delta P_{\text{втр}} = \left( \frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right) \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = A \cdot \left( \frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right) \cdot G^2 = S \cdot G^2, \quad (3.29)$$

де  $G$  – витрати води;

$v$  – швидкість на ділянці трубопровода, що визначається за залежністю:

$$v = \frac{G}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 3600 \cdot \rho}, \quad (3.30)$$

$A$  – величина питомого динамічного тиску на ділянці, що виникає при витраті води 1 кг/год:

$$A = \frac{16}{3600^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot d}, \quad (3.31)$$

$S$  – характеристика опору ділянки, що дорівнює витраті тиску на ділянці за втрати води 1 кг/год:

$$S = A \cdot \left( \frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right). \quad (3.32)$$

Для послідовно з'єднаних ділянок характеристика опору:

$$S_{з\lambda\Gamma} = \sum S_i. \quad (3.33)$$

Для паралельно з'єднаних ділянок (вузла):

$$S = \frac{1}{\left( \frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}} \right)}. \quad (3.34)$$

Гідравлічний розрахунок найбільш навантаженого стояка проводиться за методом характеристик опору. Решти ділянок трубопровода – за методом питомих втрат тиску на тертя (табл. 3.5-3.6).

Таблиця 3.5 – Гідравлічний розрахунок найбільш навантаженого циркуляційного стояка

Номер ділянки	Q, Вт	G, кг/Г	l, м	d, мм	$\frac{\lambda}{d}$	$\frac{\lambda}{d} \cdot l$	$A \times 10^4$ , Па/(кг/Г) <sup>2</sup>	$S \times 10^4$ , Па/(кг/Г) <sup>2</sup>	$\Delta P = S \times G^2$ , Па
1	7767	278	12,4	25,0	2,7	67,5	0,000087	0,0072	557
2	2609	93	9,6	18,0	2,7	48,6	0,000121	0,0068	59
3	1257	45	1,8	14,0	2,7	37,8	0,000156	0,0068	14
4	581	21	4,8	14,0	2,7	37,8	0,000156	0,0068	3
5	581	21	4,8	14,0	2,7	37,8	0,000156	0,0068	3
6	1257	45	1,8	14,0	2,7	37,8	0,000156	0,0068	14
7	1352	48	4,8	14,0	2,7	37,8	0,000156	0,0070	16
8	676	24	9,4	14,0	2,7	37,8	0,000156	0,0068	4
9	676	24	9,4	14,0	2,7	37,8	0,000156	0,0068	4
10	1352	48	1,8	14,0	2,7	37,8	0,000156	0,0070	16
11	2609	93	9,6	18,0	2,7	48,6	0,000121	0,0068	59



Таблиця 3.6 – Гідрравлічний розрахунок решти ділянок трубопровода

Номер ділянки	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	dy, мм	v, м/с	R, Па/м	R×l, Па	$\sum \xi$	Z, Па	R×l+Z, Па
13	1951	70	6,0	16,0	0,11	69,92	419,55	5,6	0,029	420
14	866	31	3,5	14,0	0,06	23,50	82,26	7,1	0,012	82
15	433	16	3,8	14,0	0,03	5,88	22,33	7,1	0,003	22
16	433	16	3,8	14,0	0,03	5,88	22,33	7,1	0,003	22
17	866	31	3,5	14,0	0,06	23,50	82,26	7,1	0,012	82
18	1085	39	3,5	14,0	0,08	36,89	129,13	7,1	0,019	129
19	581	21	3,0	14,0	0,04	10,58	31,74	7,1	0,006	32
20	581	21	3,0	14,0	0,04	10,58	31,74	7,1	0,006	32
21	1085	39	3,5	14,0	0,08	36,89	129,13	7,1	0,019	129
22	1951	70	6,0	16,0	0,11	69,92	419,55	5,6	0,029	420
23	1299	47	6,8	16,0	0,07	31,00	210,79	5,6	0,013	211
24	866	31	3,0	14,0	0,06	23,50	70,51	6,4	0,011	71
25	433	16	3,2	14,0	0,03	5,88	18,80	6,4	0,003	19
26	433	16	3,2	14,0	0,03	5,88	18,80	6,4	0,003	19
27	866	31	3,0	14,0	0,06	23,50	70,51	6,4	0,011	71
28	433	16	3,6	14,0	0,03	5,88	21,15	6,4	0,003	21
29	433	16	3,6	14,0	0,03	5,88	21,15	6,4	0,003	21
30	1299	47	6,0	16,0	0,07	31,00	185,99	5,6	0,013	186
31	1908	68	11,2	16,0	0,10	66,88	749,02	5,6	0,028	749
32	731	26	1,0	14,0	0,05	16,75	16,75	6,1	0,008	17
33	731	26	1,0	14,0	0,05	16,75	16,75	6,1	0,008	17
34	1177	42	1,5	14,0	0,08	43,41	65,12	6,1	0,020	65
35	1177	42	1,5	14,0	0,08	43,41	65,12	6,1	0,020	65
36	1908	68	11,2	16,0	0,10	66,88	749,02	5,6	0,028	749
37	5642	202	7,6	18,0	0,25	73,01	554,90	5,6	0,151	555
38	3493	125	3,0	16,0	0,19	44,83	134,48	5,6	0,093	135
39	433	16	3,0	14,0	0,03	1,18	3,53	4,1	0,002	4
40	433	16	3,0	14,0	0,03	1,18	3,53	4,1	0,002	4
41	3060	110	3,0	14,0	0,22	58,69	176,07	6,1	0,133	176
42	1530	55	4,1	14,0	0,11	14,67	60,16	6,1	0,033	60
43	1530	55	4,1	14,0	0,11	14,67	60,16	5,6	0,030	60
44	3060	110	3,0	14,0	0,22	58,69	176,07	5,6	0,122	176
45	3493	125	7,6	16,0	0,19	44,83	340,69	4,1	0,068	341
46	433	16	7,6	14,0	0,03	1,18	8,93	6,1	0,003	9
47	433	16	7,6	14,0	0,03	1,18	8,93	4,1	0,002	9
48	1716	61	6,9	16,0	0,09	10,82	74,65	5,6	0,022	75
49	850	30	3,4	14,0	0,06	4,53	15,40	4,1	0,007	15
50	850	30	3,4	14,0	0,06	4,53	15,40	4,1	0,007	15
51	1283	46	2,4	14,0	0,09	10,32	24,76	4,1	0,016	25
Разом										5310

Найбільш навантажений стояк складається з послідовно поєднаних ділянок 1-12 та розгалужених приладових вузлів між ними.

У тепловому пункті як змішувач запроєктований триходовий регулюючий клапан Герц 14037 (рис. 3.2, а) із сервоприводом Герц 17712 (рис. 3.2, б) та електронним регулятором Герц 17793 (рис. 3.2, в).



Рис. 3.2 – Складові змішувача теплового пункту:

- а) триходовий регулюючий клапан Герц 14037;
- б) сервопривід Герц 17712; в) електронний регулятор Герц 17793

Триходовий регулюючий клапан Герц 14037 призначається для постійного регулювання (змішування і розподілу) теплоносія, холодоносія або повітря. Використання змішувального клапана 4037 дає перевагу перед традиційними змішувачами, оскільки немає ущільнювальних країв, тому вони не можуть зношуватися та протікати. Використовується з електроприводом.

На рис. 3.3 представлено схеми приєднання радіаторів до однотрубною системи опалення.

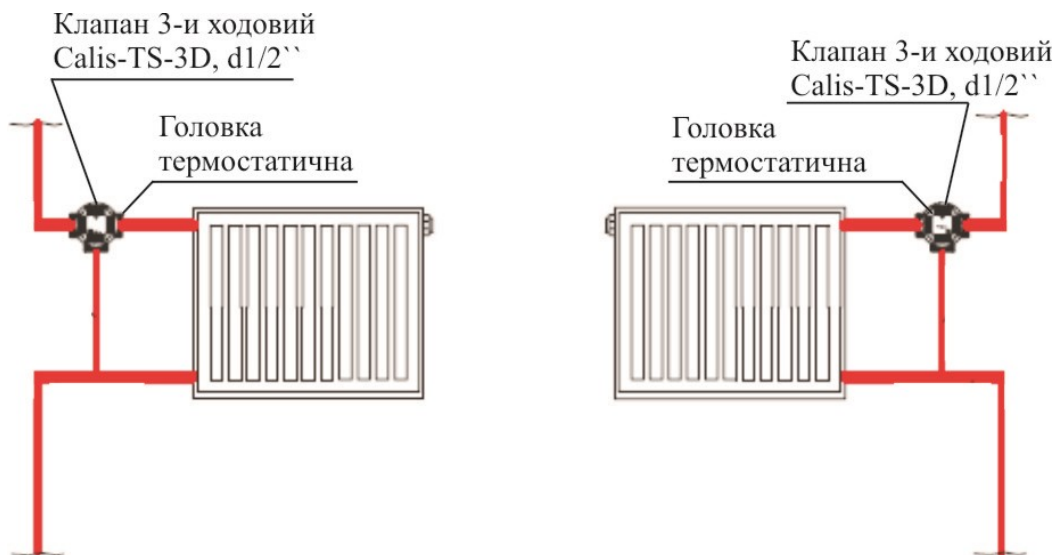


Рис. 3.3 – Схеми приєднання радіаторів до однотрубною системи опалення

## Розділ 4. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

### 4.1 Розрахункові параметри повітря для приміщень спеціального призначення

Розрахункові параметри повітря приймаються відповідно до пункту 5.10 ДБН В.2.6 -31:2016 і табл. 1 ДБН В.2.5-67:2013:

- параметри А для теплої пори року;
- параметри Б для холодної пори року.

Таблиця 4.1 - Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Період року	Параметри	Температура $t_H$ , °C	Питома ентальпія $J_H$ , кДж/кг	Температура $t_B$ , °C	Температура $t_P$ , °C	Температура $t_y$ , °C
Теплий	А	25,0	59,1	28,0	23,5	28,2
Перехідний	-	10,0	26,5	22,0	11,0	22,8
Холодний	Б	-17	-16,3	20,0	16,0	20,8

Таблиця 4.2 - Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Найменування	Період року	Швидкість повітря, м/с	Параметри повітря				
			$t_B$ , °C	$J_B$ , кДж/кг	$d_B$ , г/кг	$t_P$ , °C	$t_y$ , °C
Приміщення	Теплий	0,3	25,8	-	-	23,5	41,5
	Перехідний	0,3	17,0	-	-	12,0	32,0
	Холодний	0,3	17,0	-	-	12,0	32,0

#### 4.1.1 Розрахункові параметри припливного повітря

##### 1. Приплив.

- теплий період:

$$t_{II} = t_H + (0,5 - 2), \quad (4.1)$$

де:  $t_H$  – температура зовнішнього повітря;

$$t_{II} = 25 + (0,5 - 2) = 23,5 \text{ °C}$$

$$t_B = t_{II} + 3 = 25 + 3 = 28 \text{ °C} \quad (4.2)$$

- холодний період (2.47):

$$t_{II} = t_B - \Delta t_{II}, \quad (4.3)$$

де  $t_B$  – температура повітря в робочій зоні, °C (при середній важкості роботи (категорія II а) -  $t_B = 17 \text{ °C}$ ):

$\Delta t_{II}$  – допустима різниця температур, для приміщень висотою до 10 м. приймається рівною  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .  $t_{II} = 17 - 5 = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$

#### 4.1.2 Визначення тепло припливів від обладнання, освітлення, гарячої їжі, відвідувачів і газовиділення

- теплий період:

$$t_y = t_{II} + \frac{t_B - t_{II}}{m}, \quad (4.4)$$

де:  $m$  – експериментальний коефіцієнт, який враховує долю надлишкових тепловиділень, потрапляючих до робочої зони спеціалізованих приміщень -  $m = 0,25$ .

У якості спеціалізованих приміщень прийняті:

- пункт контролю;
- виробниче приміщення;
- складальний цех;
- приміщення контролю якості продукції;
- склад запчастин;
- складське приміщення.

$$t_y = 21,3 + \frac{25,8 - 21,3}{0,25} = 39,3\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

- холодний період:  $t_y = 12 + \frac{17 - 12}{0,25} = 32\text{ }^{\circ}\text{C}.$

#### 4.2 Визначення повітрообміну за розрахунком

1. Теплові втрати крізь огорожуючі конструкції будівлі:

$$Q_{OGR} = q \cdot a \cdot V_H \cdot (t_B - t_H), \quad (4.5)$$

де  $q$  – питома теплова характеристика будівлі, яка відповідає різниці температур;

$a$  - коефіцієнт, враховуючий відхилення значення питомої теплової характеристики від еталонної при фактичній різниці температур:

$$a = 0,54 + \frac{22}{t_B - t_H},$$

4.6)

$V_H$  – об'єм приміщення за наружним обміром;

$$a = 0,54 + \frac{22}{17 + 22,8} = 1,09.$$

$$V_H^{ГЦ} = 14,6 \cdot 3,0 = 43,8 \text{ м}^3.$$

$$V_H^{СкМ} = 7,4 \cdot 3,0 = 22,2 \text{ м}^3.$$

$$V_H^{O3} = 45,3 \cdot 3,0 = 135,9 \text{ м}^3.$$

$$V_H^{MOT} = 2,5 \cdot 3,0 = 7,5 \text{ м}^3.$$

$$V_H^{MuCM} = 2,5 \cdot 3,0 = 7,5 \text{ м}^3.$$

$$V_H^{ЦПК} = 13,3 \cdot 3,0 = 39,9 \text{ м}^3.$$

Теплові втрати через огороджуючі конструкції у холодний період:

$$Q_{OГP}^{ГЦ} = 0,46 \cdot 1,09 \cdot 43,8 \cdot (17 + 22,8) = 874 \text{ Вт.}$$

$$Q_{OГP}^{СкМ} = 0,46 \cdot 1,09 \cdot 22,2 \cdot (17 + 22,8) = 443 \text{ Вт.}$$

$$Q_{OГP}^{O3} = 0,46 \cdot 1,09 \cdot 135,9 \cdot (17 + 22,8) = 2712 \text{ Вт.}$$

$$Q_{OГP}^{MOT} = 0,46 \cdot 1,09 \cdot 7,5 \cdot (17 + 22,8) = 150 \text{ Вт.}$$

$$Q_{OГP}^{MuCM} = 0,46 \cdot 1,09 \cdot 7,5 \cdot (17 + 22,8) = 150 \text{ Вт.}$$

$$Q_{OГP}^{ЦПК} = 0,46 \cdot 1,09 \cdot 39,9 \cdot (17 + 22,8) = 796 \text{ Вт.}$$

2. Витрати теплоти на нагрів інфільтрованого наружного повітря:

$$Q_{ИФ} = 0,1 \cdot Q_{OГP}. \quad (4.7)$$

Витрати теплоти на нагрів інфільтрованого наружного повітря у холодний період:

$$Q_{ИФ}^{ГЦ} = 0,1 \cdot 874 = 87,4 \text{ Вт.}$$

$$Q_{ИФ}^{СкМ} = 0,1 \cdot 443 = 44,3 \text{ Вт.}$$

$$Q_{ИФ}^{O3} = 0,1 \cdot 2712 = 271,2 \text{ Вт.}$$

$$Q_{ИФ}^{MOT} = 0,1 \cdot 150 = 15,0 \text{ Вт.}$$

$$Q_{ИФ}^{MuCM} = 0,1 \cdot 150 = 15,0 \text{ Вт.}$$

$$Q_{ИФ}^{ЦПК} = 0,1 \cdot 796 = 79,6 \text{ Вт.}$$

### 3. Теплові втрати через огорджуючі конструкції і з інфільтрованим

$$Q_{ПЕР} = Q_{ХОЛ} \cdot \frac{t_B - 10}{t_B - t_H}, \quad (4.8)$$

повітрям у перехідний період:

де  $Q_{ХОЛ}$  – теплові втрати у холодний період.

$$Q_{ПЕР}^{ГЦ} = (874 + 87,4) \cdot \frac{17 - 10}{17 + 22,8} = 173 \text{ Вт.}$$

$$Q_{ПЕР}^{СкМ} = (443 + 44,3) \cdot \frac{17 - 10}{17 + 22,8} = 88 \text{ Вт.}$$

$$Q_{ПЕР}^{ОЗ} = (2712 + 217,2) \cdot \frac{17 - 10}{17 + 22,8} = 528 \text{ Вт.}$$

$$Q_{ПЕР}^{МОТ} = (150 + 15,0) \cdot \frac{17 - 10}{17 + 22,8} = 30 \text{ Вт.}$$

$$Q_{ПЕР}^{МіСМ} = (150 + 15,0) \cdot \frac{17 - 10}{17 + 22,8} = 30 \text{ Вт.}$$

$$Q_{ПЕР}^{ЦПК} = (796 + 79,6) \cdot \frac{17 - 10}{17 + 22,8} = 158 \text{ Вт.}$$

### 4. Теплові втрати на технічні потреби у перехідний період:

$$Q_{ТЕХПЕР} = Q_{ТР} + Q_{МАТ}, \quad (4.9)$$

де  $Q_{ТР}$  – втрати тепла на нагрів транспортних засобів (оскільки у приміщеннях транспорт не зберігається, тому  $Q_{ТР} = 0$  Вт);

$Q_{МАТ}$  – втрати тепла на нагрів матеріалів.

$$Q_{МАТ} = \frac{G_{МАТ} \cdot c \cdot B \cdot (t_B - t_{МАТ})}{z_T}, \quad (4.10)$$

де  $G_{МАТ}$  – кількість матеріалів, що нагріваються;

$c$  – середня за температурою теплоємність матеріалу;

$t_{МАТ}$  – температура матеріалів;

$z_T$  – проміжок часу, протягом якого розраховується зниження температури матеріалу.

Втрати тепла на нагрівання холодних матеріалів:

- в холодний період:  $Q_{MAT} = \frac{1500 \cdot 0,75 \cdot 0,5 \cdot (17 + 34)}{3,6} = 7969 \text{ Вт};$

- в перехідний період:  $Q_{MAT} = \frac{1500 \cdot 0,75 \cdot 0,5 \cdot (17 - 10)}{3,6} = 1094 \text{ Вт}.$

5. Тепловиділення від технологічного обладнання за проектом -  $Q_{ТЕПЛ}$ :

- склад запчастин (духова шафа потужністю 10,4 кВт):

$Q_{ТЕПЛ} = 10,4 \text{ кВт};$

- контроль якості (нагрівач потужністю  $Q_{ТЕПЛ} = 4 \text{ кВт};$ )

- пункт контролю (духова шафа потужністю  $Q_{ТЕПЛ} = 10,8 \text{ кВт};$ )

- складське приміщення (нагрівач потужністю 4 кВт

$Q_{ТЕПЛ} = 4 \text{ кВт}).$

6. Тепловиділення від штучного освітлення:

$$Q_{OCB} = E \cdot F \cdot g_{OCB} \cdot \eta_{OCB}, \quad (4.11)$$

де:  $E$  – освітленість;

$F$  – площа приміщення;

$g_{OCB}$  – питомий тепловий потік;

$\eta_{OCB}$  – доля теплової енергії, яка потрапляє у приміщення, для ламп

розжарювання.

$$Q_{OCB}^{ГЛ} = 150 \cdot 14,6 \cdot 0,074 \cdot 0,15 = 24 \text{ Вт}.$$

$$Q_{OCB}^{СкМ} = 150 \cdot 7,4 \cdot 0,074 \cdot 0,15 = 12 \text{ Вт}.$$

$$Q_{OCB}^{OЗ} = 150 \cdot 45,3 \cdot 0,074 \cdot 0,15 = 75 \text{ Вт}.$$

$$Q_{OCB}^{MOT} = 150 \cdot 2,5 \cdot 0,074 \cdot 0,15 = 4 \text{ Вт}.$$

$$Q_{OCB}^{MiCM} = 150 \cdot 2,5 \cdot 0,074 \cdot 0,15 = 4 \text{ Вт}.$$

$$Q_{OCB}^{ЦПК} = 150 \cdot 13,3 \cdot 0,074 \cdot 0,15 = 22 \text{ Вт}.$$

7. Теплоприплив від сонячної радіації:

$$Q_{CP} = Q_{OCT} + Q_{ПОР}, \quad (4.12)$$

де:  $Q_{ост}$  – теплоприплив від вікон;

$Q_{покр}$  – теплоприплив від покриттів;

Теплоприплив від вікон:

$$Q_{ост} = F_{ост} \cdot g_{ост} \cdot A_{ост}, \quad (4.13)$$

де:  $F_{ост}$  – площа вікна;

$g_{ост}$  – значення;

$A_{ост}$  – табличне значення для подвійного скління.

Теплоприплив через одно вікно:  $Q_{ост} = (1,2 \cdot 3,0) \cdot 512 \cdot 1,45 = 2673$  Вт.

- склад запчастин (1 вікно –  $Q_{ср} = 2673$  Вт);

- приміщення контролю якості продукції (1 вікно –  $Q_{ср} = 2673$  Вт);

- складальний цех (5 вікон виходять на північ, тому тепло приплив можна не враховувати);

- складське приміщення (2 вікна –  $Q_{ср} = 2673 \times 2 = 5346$  Вт);

- виробниче приміщення (2 вікна –  $Q_{ср} = 2673 \times 2 = 5346$  Вт);

- пункт контролю (2 вікна –  $Q_{ср} = 2673 \times 2 = 5346$  Вт).

Теплопоприплив від сонячної радіації у приміщеннях першого поверху чердачного двоетажного будинку можна прийняти рівним нулю.

8. Теплоприплив від нагрітих деталей:

$$Q_{гп} = 0,278 \cdot g_n \cdot C_n \cdot (t_{нп} - t_{кп}) \cdot \frac{n}{\tau}, \quad (4.14)$$

де  $g_n$  – середня вага всіх деталей, із розрахунку на 1 елемент ( $g_n = 0,85$  кг);

$C_n$  – умовна теплоємність деталей, які входять до складу виробу ( $C_n = 3,3$  кДж/кг×К);

$t_{нп}$ ,  $t_{кп}$  – початкова і кінцева температури деталі, ( $t_{нп} = 70$  °С,  $t_{кп} = 40$  °С);

$n$  – кількість робочих місць ( $n = 50$ ),

$\tau$  - тривалість зборки 1 елемента ( $\tau = 0,25$  час).

$$Q_{гп} = 0,278 \cdot 0,85 \cdot 3,3 \cdot (70 - 40) \cdot \frac{50}{0,25} = 4679 \text{ кДж} = 1352 \text{ Вт.}$$

9. Тепло- і вологовиділення від людей визначаємо за табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Явні тепло- і вологовиділення від однієї людини

Вид роботи	Температура, °С			
	15	20	25	30
Стан спокою	100/40	70/45	50/50	30/80
Фізична робота:				
- легка	100/55	70/70	60/125	30/140
- середня	110/110	80/160	70/180	35/230
- важка	110/185	80/200	80/300	35/380

Теплоприпливи:

- склад запчастин (70 ккал × 2 чел. = 140 ккал = 162,7 Вт);
- складальний цех (70 ккал × 50 чел. = 3500 ккал = 4068 Вт);
- приміщення контролю якості продукції (70 ккал × 1 чел. = 81 Вт);
- складське приміщення (70 ккал × 1 чел. = 70 ккал = 81 Вт);
- виробниче приміщення (70 ккал × 25 чел. = 1750 ккал = 2034 Вт);
- пункт контролю (70 ккал × 2 чел. = 140 ккал = 162,7 Вт).

Вологовиділення:

- склад запчастин (70 г/г × 2 люд. = 140 г/г);
- складальний цех (45 г/г × 50 люд. = 2250 г/г);
- приміщення контролю якості продукції (70 г/г × 1 люд. = 70 г/г);
- складське приміщення (70 г/г × 1 люд. = 70 г/г);
- виробниче приміщення (45 г/г × 25 люд. = 1125 г/г);
- пункт контролю (70 г/г × 2 люд. = 140 г/г).

10. Газовиділення CO<sub>2</sub> визначаються за формулою:

$$G_{CO_2} = g_{CO_2}^{ЧЕЛ} \cdot N_{ЧЕЛ},$$

(  
4.15)

де  $g_{CO_2}^{ЧЕЛ}$  - витрата вуглекислого газу на 1 людину;

$N_{ЧЕЛ}$  – чисельність людей.

Газовиділення CO<sub>2</sub>:

- склад запчастин (90 г/л × 2 люд. = 180 г);
- складальний цех (90 г/л × 50 люд. = 4500 г);
- приміщення контролю якості продукції (90 г/л × 1 люд. = 90 г);
- складське приміщення (90 г/л × 1 люд. = 90 г);
- виробниче приміщення (90 г/л × 25 люд. = 2250 г);
- пункт контролю (90 г/л × 2 люд. = 180 г).

Потрібний повітрообмін залежить від потреби у видаленні надлишків тепла та інших шкідливостей з приміщень розрахункової будівлі.

Потреби видалення надлишків тепла представлені в табл. 2.14, де

показаний баланс розрахункових приміщень.

Кількість необхідного повітрообміну, при наявності шкідливостей:

$$L_B = \frac{G_B}{g_2 - g_1}, \quad (4.16)$$

де  $G_B$  – кількість шкідливостей, що виділяються у приміщенні;

$g_1$  – концентрація шкідливостей у припливному повітрі ( $q_{1CO_2} = 0$  мг/м<sup>3</sup>);

$g_2$  – концентрації шкідливостей у повітрі, що видаляється.

Повітрообмін, при наявності шкідливостей:

- склад запчастин:

$$L_B^{ГЦ} = \frac{0,180}{\frac{0,180}{43,8} - 0} = 45,0 \text{ м}^3/\text{Г};$$

- складальний цех:  $L_B^{ОЗ} = \frac{4,500}{\frac{4,500}{135,9} - 0} = 150,0 \text{ м}^3/\text{Г};$

- приміщення контролю якості продукції:  $L_B^{МОТ} = \frac{0,090}{\frac{0,090}{7,5} - 0} = 7,5 \text{ м}^3/\text{Г};$

- складське приміщення:  $L_B^{МуСМ} = \frac{0,090}{\frac{0,090}{7,5} - 0} = 7,5 \text{ м}^3/\text{Г};$

- пункт контролю:  $L_B^{ЦПК} = \frac{0,090}{\frac{0,090}{39,9} - 0} = 45,0 \text{ м}^3/\text{Г};$

- виробниче приміщення:  $L_B^{ГЦ} = \frac{0,180}{\frac{0,180}{43,8} - 0} = 45,0 \text{ м}^3/\text{Г}.$

Кількість повітря, при наявності надлишку тепла:

$$L_{шт} = \frac{Q}{C_T \cdot \rho \cdot (t_B - t_{ПР})}, \quad (4.17)$$

де Q – кількість надлишкового тепла, що виділяється у приміщенні;

$C_T$  – масова питома теплоємність ( $C_T = 0,24 \text{ ккал/кг} \times \text{К}$ );

$\rho$  – густина припливного повітря ( $\rho = 1,258 \text{ кг/м}^3$ );

$t_B$  – температура повітря, що видаляється ( $t_B = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ );

$t_{ПР}$  – температура припливного повітря ( $t_{ПР} = 34 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Таблиця 4.4 - Тепловий баланс приміщень

Розрахунковий період	Втрати теплоти			Всього	Тепловиділення				Всього	Надлишки
	Q <sub>ГОР</sub>	Q <sub>ІНФ</sub>	Q <sub>ТЕХ</sub>		Q <sub>ОБЛАД</sub>	Q <sub>ОСВ</sub>	Q <sub>СР</sub>	Q <sub>ПР</sub>		
Складальний цех										
Теплий	0	0	0	0	50400	24	5346	163	55933	55933
Перехідний	173	0		173	50400	24			50424	50251
Холодний	874	87,4		961,4	50400	24			50424	49463
Виробниче приміщення										
Теплий	0	0	0	0	50400	12	2673		53085	53085
Перехідний	88		1094	1182	50400	12			50412	49230
Холодний	443	44,3	7969	8456	50400	12			50412	41956
Склад запчастин										
Теплий	0	0	0	0	50400	75	10692	4068	65235	65235
Перехідний	528			528	50400	75			50475	49947
Холодний	2712	217		2929	50400	75			50475	47546
Складське приміщення										
Теплий	0	0	0	0	50400	4		81	50485	50485
Перехідний	30			30	50400	4			50404	50374
Холодний	150	15		165	50400	4			50404	50239
Приміщення контролю якості продукції										
Теплий	0	0	0	0	50400	4		81	50485	50485
Перехідний	30			30	50400	4			50404	50374
Холодний	150	15		165	50400	4			50404	50239
Пункт контролю										
Теплий	0	0	0	0	50400	22	2673	81	53176	53176
Перехідний	158			158	50400	22			50422	50264
Холодний	796	79,6		875,6	50400	22			50422	49546
Всього										
Теплий	0	0	0	0	302400	141	21384	4474	328399	328399
Перехідний	1007	0	1094	2101	302400	141	0	0	302541	300440
Холодний	5125	459	7969	13553	302400	141	0	0	302541	288989

Кількість повітря, при наявності надлишку тепла:

- склад запчастин:  $L_{ИТ}^{ГЦ} = \frac{55933}{0,24 \cdot 1,258 \cdot (39,3 - 22,8)} = 11232 \text{ м}^3/\text{ч};$

- виробниче приміщення:  $L_{ИТ}^{СкМ} = \frac{53085}{0,24 \cdot 1,258 \cdot (39,3 - 22,8)} = 10660 \text{ м}^3/\text{ч};$

- складальний цех:  $L_{ИТ}^{ОЗ} = \frac{65235}{0,24 \cdot 1,258 \cdot (39,3 - 22,8)} = 13099 \text{ м}^3/\text{ч};$

- складське приміщення:  $L_{ИТ}^{МОТ} = \frac{50485}{0,24 \cdot 1,258 \cdot (39,3 - 22,8)} = 10138 \text{ м}^3/\text{ч};$

- приміщення контролю якості продукції:

$$L_{ИТ}^{МіСМ} = \frac{50485}{0,24 \cdot 1,258 \cdot (39,3 - 22,8)} = 10138 \text{ м}^3/\text{ч};$$

- пункт контролю:  $L_{ИТ}^{ЦПК} = \frac{53176}{0,24 \cdot 1,258 \cdot (39,3 - 22,8)} = 10678 \text{ м}^3/\text{ч};$

Кількість повітря, при надлишку вологи:

$$L_{ИВ} = \frac{W}{(d_B - d_{П}) \cdot \rho_{П}}, \quad (4.18)$$

де  $W$  – кількість водяної пари, що виділяється у приміщенні;

$d_B$  – вологовміст повітря, що видаляється ( $d_B = 0,53 \text{ кг/кг}$ );

$d_{П}$  – вологовміст припливного повітря ( $d_{П} = 0,016 \text{ кг/кг}$ );

$\rho$  – густина водяної пари ( $\rho = 0,622 \text{ кг/м}^3$ ).

Кількість повітря, при надлишку вологи:

- склад запчастин:  $L_{ИВ}^{ГЦ} = \frac{0,140}{(0,53 - 0,016) \cdot 0,622} = 0,4 \text{ м}^3/\text{Г};$

- виробниче приміщення:  $L_{ИВ}^{ОЗ} = \frac{2,250}{(0,53 - 0,016) \cdot 0,622} = 7,0 \text{ м}^3/\text{Г};$

- складальний цех:  $L_{ИВ}^{ОЗ} = \frac{2,250}{(0,53 - 0,016) \cdot 0,622} = 7,0 \text{ м}^3/\text{Г};$

- складське приміщення:  $L_{ИВ}^{МОТ} = \frac{0,070 + 7,200}{(0,53 - 0,016) \cdot 0,622} = 22,7 \text{ м}^3/\text{ч};$

- приміщення контролю якості продукції:  $L_{ИВ}^{МіСМ} = \frac{0,070 + 7,200}{(0,53 - 0,016) \cdot 0,622} = 22,7$

$\text{м}^3/\text{ч};$

$$\text{- пункт контролю: } L_{HB}^{цпк} = \frac{0,070}{(0,53 - 0,016) \cdot 0,622} = 0,21 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

При одночасному виділенні шкідливостей, тепла та вологи порівнюються відповідні повітрообміни, потрібні для їх видалення і вибирається більший.

Як можна побачити, максимальний обсяг повітрообміну потрібний для видалення надлишків тепла. В табл. 4.5 представлений повітряний баланс приміщень спеціального призначення.

Таблиця 4.5 – Повітряний баланс розрахункових приміщень

Приміщення	Об`єм припливу, м <sup>3</sup> /год	Об`єм витяжки, м <sup>3</sup> /год
Склад запчастин	11232	11232
Виробниче	10660	10660
Складальний цех	13099	13099
Складське	10138	10138
Контролю якості продукції	10138	10138
Пункт контролю	10678	10678

### 4.3 Перевірка відсутності конденсації водяних парів

Конденсація вологи з внутрішнього повітря на внутрішній поверхні зовнішнього огороження є основною причиною зволоження зовнішніх огорожень [2]. Для усунення конденсації вологи необхідно, щоб температура на внутрішній поверхні  $t_{вп}$  і в товщі огороження перевищувала температуру точки роси  $t_p$  на 2 – 3 °С, тобто має виконуватися умова  $t_{вп} > t_p$ .

Температура внутрішньої поверхні зовнішнього огороження визначається за формулою:

$$t_{вп} = t_{в} - (t_{в} - t_{н}) \cdot \frac{R_{в}}{R_{\phi}^{\phi}}, \quad (4.19)$$

і її порівнюють з температурою точки роси  $t_p$ , яку визначають за  $h - d$  діаграмою вологого повітря або за формулою:

$$t_p = 20,1 - (5,75 - 0,00206 \cdot e)^2, \quad (4.20)$$

де  $R_{в} = 1/\alpha_{в}$  – опір теплопередачі внутрішньої поверхні огорожі, м<sup>2</sup> К/Вт;  $R_{\phi}^{\phi}$  – загальний фактичний термічний опір огорожі, м<sup>2</sup> К/Вт;  $e$  – дійсна

пружність водяних парів, Па, яка визначається за заданої температури всередині приміщення і відносної вологості внутрішнього повітря  $\varphi_B$ , %

$$e = \frac{\varphi_B}{100} E_B$$

де  $E_B$  – максимальна пружність водяних парів, Па, за заданої температури всередині приміщення;

$\varphi_B$  – відносна вологість внутрішнього повітря, %.

#### 4.4 Розрахунок повітрообміну за нормативною кратністю

Для звичайних приміщень розрахунок повітрообміну проводять за нормативною кратністю:

$$L = K_P \cdot V_{\text{ПОМ}}$$

(  
4.21)

де:  $L$  – об'ємні витрати повітря;

$K_P$  - кратність повітрообміну;

$V_{\text{ПОМ}}$  - внутрішній об'єм приміщення.

Повітрообмін за нормою на одиницю обладнання визначають за формулою:

$$L = L_1 \cdot n$$

(  
4.22)

де:  $L_1$  – повітрообмін на одиницю обладнання;

$n$  - кількість одиниць обладнання.

Результати розрахунків наведено в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 - Повітряний баланс приміщень

Номер приміщення	Об'єм приміщення, м <sup>3</sup>	Кратність повітрообміну		Об'ємні витрати повітря, м <sup>3</sup> /г	
		Припливу	Витяжки	Припливу	Витяжки
103	130	1,5	1,5	195	195
107	33	8,0	8,0	264	264
203	130	1,5	1,5	195	195
207	33	8,0	8,0	264	264
210	28	1,5	1,5	42,0	42,0
211	35	1,5	1,5	52,5	52,5
212	28,0	1,5	1,5	42,0	42,0
213	35	1,5	1,5	52,5	52,5

#### 4.5 Вибір вентиляційних решіток

Випуск повітря в приміщеннях з надлишками передбачається через решітки типу АЛН призначені для подачі та видалення повітря системами вентиляції. Решітки АЛН є рамою прямокутної форми з встановленими в ній горизонтальними фіксованими жалюзі. Решітки АЛН комплектуються регулятором витрати повітря. Орієнтовні розміри витяжних та припливних отворів визначаються за формулою:

$$F = \frac{L_p}{3600 \cdot v_p} \quad (4.23)$$

де  $L_p$  - кількість повітря, яке необхідно подати або видалити з приміщення;

$v_p$  - величина рекомендованої швидкості.

Кількість решіток визначають, в залежності з прийнятого типорозмеру жалюзійних решіток:

$$N_p = \frac{F}{f_p} \quad (4.24)$$

де  $f_p$  - площа живого перерізу жалюзійної решітки.

Решітки припливної та витяжної систем вентиляції прийняті рівними за типорозміром та кількістю для кожного приміщення окремо.

Результати розрахунку наведено в табл. 4.7 та табл. 4.8.

Таблиця 4.7 - Розрахунок повітророзподілу і вибір вентиляційних решіток для першого поверху

Приміщення	Об'ємні витрати повітря, м <sup>3</sup> /Г	Розрахунковий перетин решіток, м <sup>2</sup>	Типо-розмір		Номінальний перетин решіток, м <sup>2</sup>	Кількість решіток, од.
Перший поверх						
101	3240,0	3,0	0,27	0,34	0,09	33
102	47,5	0,044	0,20	0,20	0,04	1
103	195,0	0,181	0,20	0,20	0,09	2
104	73,0	0,068	0,20	0,20	0,04	2
105	52,0	0,048	0,20	0,20	0,04	1
106	30,5	0,028	0,20	0,20	0,04	1
107	33,0	0,030	0,20	0,20	0,04	1

Таблиця 4.8 - Розрахунок повітророзподілу і вибір вентиляційних решіток для другого поверху

Приміщення	Об'ємні витрати повітря, м <sup>3</sup> /Г	Розрахунковий перетин решіток, м <sup>2</sup>	Типо-розмір		Номінальний перетин решіток, м <sup>2</sup>	Кількість решіток, од.
Другий поверх						
203	195,0	0,181	0,27	0,34	0,09	2
207	33,0	0,030	0,20	0,20	0,04	1
208	2160,0	2,0	0,20	0,20	0,04	22
209	36,0	0,033	0,20	0,20	0,04	1
210	49,0	0,040	0,20	0,20	0,04	1
211	59,5	0,055	0,20	0,20	0,04	2
212	45,0	0,041	0,20	0,20	0,04	1
213	59,5	0,055	0,20	0,20	0,04	2
Всього						73

#### 4.6. Аеродинамічний розрахунок повітроводів механічної вентиляції

Розрахунок виконується для найбільшої ділянки. Для розрахунку опору і-ї ділянки мережі використовують вираз:

$$\Delta P_i = R_i \cdot l_i + \xi_i \cdot \frac{v_i^2 \cdot \rho}{2}, \quad (4.25)$$

де  $R_i$  – питомі втрати тиску на тертя на 1 м ділянки;

$l_i$  – довжина ділянки;

$\xi$  – коефіцієнт місцевих опорів на ділянці;

$v_i$  – швидкість руху повітря на розрахунковій ділянці;

$\rho$  – густина повітря ( $\rho = 1,258 \text{ кг/м}^3$ ).

Опір всієї гілки:

$$\Delta P = \sum (\Delta P_i). \quad (4.26)$$

При розрахунку витяжної вентиляції враховуються втрати динамічного тиску з диффузора ( $P_{\text{диф}}$ ) і втрати у циклоні ( $P_{\text{Ц}}$ ); при розрахунку припливної вентиляції – втрати тиску у припливній камері ( $P_{\text{пр.к}}$ ), фільтри ( $P_{\text{Ф}}$ ), калорифери ( $P_{\text{К}}$ ) і у повітроподаючому пристрої ( $P_{\text{Н}}$ ).

Результати розрахунків наведено в табл. 4.9.

#### 4.7 Розрахунок і вибір основного вентиляційного обладнання

На сучасному етапі розвитку вентиляційної техніки досягнуто такого рівня, який дає змогу втілювати у життя найрізноманітніші конструкції вентиляційних систем. Це відкриває можливості для здійснення в установках будь-яких процесів, пов'язаних із обробкою повітря, а також забезпечення його подачі з точно визначеними параметрами, відповідно до заданих вимог та специфікацій.

З огляду на співвідношення ціни та якості, обладнання від чеського виробника Remak (рис. 4.1) виглядає привабливим для споживачів. Воно постачається в повністю готовому до монтажу вигляді, відповідає сучасним стандартам, відзначається простотою складання та обслуговування.



Рис. 4.1 – Канальна установка Remak Vento

Канальні установки Vento - це продуктивні системи припливно-витяжної вентиляції, розроблені для забезпечення повітрообміну, підігріву, охолодження та рекуперації повітря. Модульність каналних установок дає змогу адаптувати систему під конкретні інженерні завдання. Комплектуються системами автоматичного керування для контролю вологості та температури.

Таблиця 4.9 – Аеродинамічний розрахунок повітроводів

№ ділянки	L <sub>p</sub> , мЗ/Г	L, м	V, м/с	Розмір повітроводу			Втрати тиску на тертя			Втрати тиску у місцевих опорах			R <sub>уд</sub> ×β <sub>ш</sub> ×L+ Z, Па	Σ(R <sub>уд</sub> ×β <sub>ш</sub> ×Z), Па
				F, м <sup>2</sup>	a×b, мм	d <sub>екв</sub> , мм	R <sub>уд</sub> , Па/м	β <sub>ш</sub>	l×R <sub>уд</sub> ×β <sub>ш</sub> , Па	(V <sup>2</sup> ×ρ:2) Па	Σ <sub>x</sub>	Z, Па		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Припливна вентиляція П-1														
1	400	1,5	2,3	0,049		250	0,031	1,2 7	0,059055	0,324	6,6	2,1384	2,19746	2,19
2	800	3	2,9	0,0777		315	0,035	1,3 2	0,1386	0,514	12,1	6,2194	6,358	8,54
3	1600	5	3,2	0,14	400x350	425	0,03	1,3 3	0,1995	0,62	15,3	9,486	9,6855	18,23
4	2530	8,5	3,5	0,21	600x350	530	0,025	1,3 5	0,286875	0,749	24,6	18,4254	18,7123	36,94
5	3880	6,7	4,3	0,28	700x400	570	0,033	1,3 9	0,307329	1,13	252	284,76	285,067	322,01
Сумарні втрати тиску в мережі повітроводів із запасом 10% складають 322,0 × 1,1=354,2 Па														
Відголушення														
8	100	4,2	2	0,017		150	0,049	1,2 5	0,25725	0,245	13,6	3,332	3,58925	
9	220	3,9	2	0,0314		200	0,032	1,2 5	0,156	0,245	9,8	2,401	2,557	
10	712	8	2	0,099	400x250	355	0,015	1,2 5	0,15	0,245	12	2,94	3,09	
Сумарні втрати тиску в мережі повітроводів із запасом 10% складають 353,0 × 1,1=388,3 Па														

Продовження табл. 4.9

Витяжна вентиляція В-1														
1	200	7	2	0,031		200	0,31	1,2 9	2,7993	0,245	16,8	4,116	6,9153	6,9153
2	645	8	3	0,06	300x200	280	0,43	1,3 7	4,7128	0,551	15,2	8,3752	13,088	20,0033
3	1335	35	3	0,125	500x250	400	0,27	1,3 7	12,9465	0,551	247,9	136,593	149,539	169,5427
Витяжна вентиляція В-2														
1	160	7,8	2,5	0,017		150	0,054	1,3 2	0,555984	0,383	16,8	6,4344	6,99038	6,990384
2	450	3	3,5	0,039		225	0,073	1,3 7	0,30003	0,74	15,7	11,618	11,918	18,908414
3	950	7	3,5	0,125	500x250	400	0,03	1,3 7	0,2877	0,74	153,8	113,812	114,1	133,008114
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	950	12	4,5	0,061		280	0,092	1,41	1,55664	1,24	18,5	22,94	24,4966	157,504754
Витяжна вентиляція В-3														
1	720	4	3	0,078	300x250	315	0,036	1,37	0,19728	0,551	37,6	20,7176	20,9149	20,91488
2	1440	4	3	0,125	500x250	400	0,035	1,37	0,1918	0,551	178	98,078	98,2698	119,18468
3	1440	8	5,5	0,078		315	0,112	1,43	1,28128	1,85	32,2	59,57	60,8513	180,03596
Витяжна вентиляція В-4														
1	720	3,5	3	0,078	300x250	315	0,036	1,37	0,17262	0,551	37,6	20,7176	20,8902	20,89022
2	1440	8	3	0,125	500x250	400	0,035	1,37	0,3836	0,551	178	98,078	98,4616	119,35182
3	1440	8	5,5	0,078		315	0,112	1,43	1,28128	1,85	32,2	59,57	60,8513	180,2031
Витяжна вентиляція В-5														
1	1000	4	3	0,1	400x250	355	0,031	1,37	0,16988	0,551	19,5	10,7445	10,9144	10,91438
2	2000	6	3	0,15	500x300	440	0,03	1,37	0,2466	0,551	160	88,16	88,4066	99,32098

Продовження табл. 4.9

3	2000	5	3	0,01		355	0,031	1,37	0,21235	0,551	32,2	17,7422	17,9546	117,27553
Витяжна вентиляція В-6														
1	725	6	3	0,031	400x200	315	0,036	1,37	0,29592	0,551	135,8	74,8258	75,1217	75,12172
2	1525	7	3	0,15	500x300	440	0,027	1,37	0,25893	0,551	198	109,098	109,357	184,47865
3	1525	8	5,5	0,078		315	0,112	1,45	1,2992	1,53	32,2	49,266	50,5652	235,04385

Припливні камери компонується із мережевих елементів.

Приточні установки для можливості відключення системи забезпечують повітряними клапанами типу VS фірми «Remak». Повітряні клапани підбираються за таблицями каталогу виробника, залежно від розміру каналу.

Для припливної установки П1 вибрано клапан KVP 400. Падіння тиску при куті повороту лопатей клапана 900 становить 1,5 Па.

Фільтр підбирається за таблицями каталогу виробника залежно від перерізу повітропроводу та ступеня очищення повітря.

Для системи вентиляції П1 перетином повітропроводу 400×400 та ступенем очищення EU3 обраний фільтр KF3 70-40. Опір фільтра проходу повітря становить 75 Па.

Система вентиляції може бути доукомплектована водяним повітрянагрівачем марки VO фірми «Remak». Обігрівачі виготовлені з мідних трубок діаметром 10 мм (22×25) із алюмінієвих пластин з кроком 2,1 мм, натягнутих на трубки. Обігрівачі дворядні, корпус з оцинкованого листа. Колектори спроектовані так, щоб забезпечити протиточну течію. Застосування змішувальних вузлів знижує ризик замерзання обігрівача.

У такому разі необхідна потужність калорифера, кВт визначається за формулою:

$$Q = \frac{c_v \cdot \rho_v \cdot L(t_{вх} - t_{вх})}{3600}, \quad (4.27)$$

де  $c_v$  - теплоємність повітря;

$\rho$  – густина повітря;

$L$  - кількість повітря, що нагрівається в калорифері;

$t_{вх}$  - температура повітря на вході до повітрянагрівача;

$t_{вих}$  - температура повітря на виході з повітрянагрівача.

Розрахункова кількість води, яка потрапляє до повітрянагрівача:

$$G_w = \frac{Q \cdot 3600}{c_w \cdot (t_r - t_o)}, \quad (4.28)$$

де  $c_w$  - теплоємність води;

$t_r, t_0$  - температура води на вході і виході з повітрянагрівача.

За значенням необхідної потужності, температури повітря на вході та виході підбирається типорозмір повітрянагрівача, визначається його аеродинамічний та гідравлічний опір та швидкість течії води в трубках за таблицями каталогу виробника.

Вибір повітрянагрівача для системи вентиляції П-1.

Необхідна потужність калорифера:

$$Q = \frac{1 \cdot 1,21 \cdot 3860(18 - (-31))}{3600} = 63,57$$

Розрахункова кількість води, що проходить через повітрянагрівач:

$$G_w = \frac{63,57 \cdot 3600}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 2184,74$$

За значенням необхідної потужності, температурі повітря на вході та виході підбирається повітрянагрівач V070-40/3R канал 700x400.

В системі вентиляції, що проектується використовують пластинчасті шумоглушники фірми «Remak». Абсорбційні шумоглушники виготовлені з оцинкованого листа. Шумоглушники вибирають в залежності від перерізу повітропроводу.

До припливної системи вентиляції П1 обраний шумоглушник ТКУ 70-40. Зниження шуму за таблицями каталогу виробника складає 18 дБ.

В системі вентиляції використовуються центробежні каналні вентилятори типу RP фірми «Remak» з загнутими вперед лопатками.

Для припливної системи П1 за витратами і втратами тиску в мережі прийнятий вентилятор RP70-40/35-4D перерізом каналу 800x500 з числом обертів  $n = 1440$  об/хв.

Для чотирьох систем витяжної вентиляції В-1-4, згідно витратам повітря і втратами тиску вибираємо вентилятор RP50-25/22-4D з числом обертів  $n = 1440$  об/хв., для В-5, В-6 згідно витратам повітря і втратами тиску в мережі 220 Па вибираємо вентилятор RP30-25-4D з числом обертів  $n = 1450$  об/мин.

## Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при монтажі та експлуатації систем опалення і вентиляції

Для виконання робіт з улаштування опалення і вентиляції будівлі прийняті оптимальні умови, які характеризують поєднання температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, найбільш сприятливі для самопочуття більшості нормально одягнених людей.

При виконанні будівельно-монтажних робіт зі зведення системи опалення і вентиляції на організм робітників можуть впливати несприятливі виробничі та метеорологічні чинники, що призводять до різного роду захворювань:

- роботи на відкритому повітрі поза опалювальних приміщень за різких змін температур повітря можуть викликати простудні захворювання, обмороження, перегріву організму, сонячні удари тощо;

- роботи малярні, полірувальні, а також роботи, пов'язані з систематичним дотиком із подразнювальними хімічними речовинами, призводять до гострих і хронічних захворювань шкіри;

- роботи, що виконуються у вечірній і нічний час за недостатнього освітлення робочих місць, викликають прогресуючу короткозорість;

- клепка сталевих конструкцій, застосування пневматичного інструменту викликають шум, нерідко з перевищенням встановлених меж гучності, що призводить до прогресуючого погіршення слуху;

- зварювання деталей і труб, антикорозійні роботи, а також інші роботи з речовинами, що мають токсичну дію, можуть привести до гострих і хронічних отруєнь організму;

- при електрозварювальних роботах утворюється пил, тривале вдихання якого призводить до захворювання легень, фіброзу.

Безпосередні джерела тепла в процесі зварювання:

- полум'я паливного газу, що згорає у з'єднанні з повітрям або киснем;

- електрична дуга, що виникає між електродами і оброблюваною деталлю або між двома електродами;

- електричний опір проходженню струму між двома або більше зворотними деталями.

До шкідливих факторів зварювального процесу відносяться:

- ризик нещасного випадку;
- несприятливий вплив фізичних факторів;
- шкідливий вплив хімічних речовин;
- економічні та соціальні фактори.

Фактори, що характеризують умови праці та вплив виробництва на навколишнє середовище, представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Характеристика умов праці у приміщеннях адміністративно-виробничої будівлі

Назва факторів умов праці	Допустові фактори	Величина фактора
Температура повітря, °С:		
теплий період	23-26	25,8
- холодний період	18-22	20
Відносна вологість повітря, %:		
- теплий період	60	60
- холодний період	75	75
Швидкість руху повітря, м/с:		
- теплий період	0,5-1	0,5
- холодний період	0,5	0,5
Токсичні речовини, мг/м <sup>3</sup> (оксид вуглецю)	5	2,7-5,2
Теплові випромінення, Вт/м <sup>2</sup>	Від опалювальних приладів	
Освітлення:		
- природне, %	1,5	1,5
- штучне, лк.	200	200
Шум, дБ	65	75

В результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що робоче місце відповідає нормам зони комфортності.

До основних видів травмуючих чинників в будівлі при монтажі систем опалення і вентиляції відносять: падіння людини з висоти при монтажі

трубопроводів, каналів, всілякі удари, опіки, ураження електричним струмом, перенесення важких предметів і т.д.

Для забезпечення безпеки праці вживають заходів захисту працюючих на території будівлі при монтажі трубопроводів і каналів.

Аналіз виробничого травматизму дозволяє попередити нещасні випадки і професійні захворювання робітників при монтажі системи опалення і вентиляції.

## **5.2 Заходи з охорони праці при монтажі систем опалення і вентиляції**

Дійсні правила техніки безпеки покладають на кожного керівника певні обов'язки: на виконавця робіт – у межах усього будівельного майданчика, на майстра – у межах безпосередньо відведеної йому ділянці робіт або об'єкті. Ці обов'язки в основному зводяться до наступного:

- здійснення встановленої технології виробництва робіт і необхідних заходів з охорони праці та техніки безпеки;
- нагляд за правильним використанням машин, механізмів, електроустановок та іншого будівельного інвентарю та пристосувань;
- нагляд за станом території будівництва, у першу чергу робочих місць, проїздів, проходів;
- контроль над оснащенням робітників спецодягом та засобами індивідуального захисту;
- проведення інструктажу з техніки безпеки на робочих місцях.

Керівники будівельно-монтажних організацій та інженерно-технічний персонал будівництва несуть відповідальність в кримінальному та адміністративному порядку за невиконання своїх посадових обов'язків у сфері охорони праці та приписів технічної, санітарної та інших інспекцій за порушення трудового законодавства і правил техніки безпеки, а також за нещасні випадки, що трапились як наслідок вказаного.

Для того, щоб робітник міг оцінити наявність небезпеки і вжити заходів для її попередження, крім знань технології роботи, що виконується, він повинен бути ознайомлений з можливими причинами нещасних випадків або професійних захворювань і тими прийомами робіт, які є безпечними. Керівники повинні організувати проходження кожним робітником і службовцем незалежно від професії:

- навчання техніці безпеки за 6-10 годинною програмою відповідної спеціальності та перевірки засвоєного матеріалу;

- загального вступного інструктажу для ознайомлення з характером і умовами будівництва та об'єкта, об'ємом майбутніх робіт, правилами внутрішнього розпорядку тощо. Цей інструктаж проводиться як груповий головним інженером або інженером з техніки безпеки до виходу людей на робочі місця. Проходження вступного інструктажу оформлюють записом у журналі, виписка з журналу повинна бути в особовій справі кожного, хто пройшов інструктаж. Тільки після проходження вступного інструктажу відділ кадрів оформлює наказ про призначення на роботу;

- інструктажу на робочому місці для ознайомлення з організацією робіт, механізмами, режимом робочого дня і заходами з техніки безпеки, що здійснюються у даних умовах.

У процесі підготовки до монтажу повинні бути виявлені ділянки підвищеної небезпеки виконання робіт і вжиті заходи для безпечних умов праці.

Перед початком монтажу внутрішніх санітарно-технічних мереж і обладнання приміщення та проходи до них повинні бути очищені від будівельного сміття і сторонніх предметів для вільного доступу до робочих місць, захищені від атмосферних опадів і протягів та забезпечені необхідним освітленням.

Монтаж опалювального обладнання, трубопроводів і вентиляційних каналів поблизу електричних проводів здійснюється за усуненої напруги.

Збірку стояків опалення, а також пробивання отворів в перекриттях і стінах виконують у рукавицях і захисних окулярах. При пробиванні отворів у стінах і стельових перекриттях для пропуску труб або кріплень до опор, для підвісок і майданчиків з метою уникнення випадків травмування оточуючих влаштовують спеціальні захисні козирки або на час пробивання призначають чергових.

Після підняття в приміщення трубних заготовок, вентканалів, їх складують таким чином, щоби була виключена можливість їхнього падіння.

Під час роботи на висоті застосовують ліса, підмостки, вишки та інші засоби підмоцнування, що відповідають вимогам техніки безпеки. Під час роботи на вищій підйом одночасно двох труб для їх встановлення не дозволяється. Знімати стропи з монтованих трубопроводів можна тільки після міцного і надійного закріплення їх на місці установки. Відстукування труб проводять з проміжних майданчиків вишок.

При стикуванні труб на лежнях або стелажих довжина лежнів і ширина стелажів повинні бути такими, щоби при повороті труби не могли з них скотитися під час прихвачення.

Трубопроводи, як правило, монтують з укрупнених вузлів, що збираються на землі. Це прискорює монтаж і підвищує безпеку монтажних робіт.

Переміщення обладнання, що монтується, у межах монтажної зони повинно виконуватися за заздалегідь розробленою схемою за допомогою механізованих пристроїв.

Для захисту від ураження електричним струмом необхідна ізоляція струмоведучих частин обладнання і захисне заземлення неструмоведучих частин (корпусу).

Фізична сутність ізоляції як засобу захисту полягає у виключенні можливості переміщення зарядносіїв по тілу людини шляхом створення між ними і струмоведучими частинами і проводами, що знаходяться під напругою, середовища, що володіє надійно пов'язаними зарядносіями.

Проектом передбачені наступні види освітлення: робоче, аварійне та евакуаційне. В якості джерел світла прийнято світильники з люмінесцентними лампами і з лампами розжарювання. Світильники обрано згідно технологічного призначення приміщень.

У проекті передбачається заземлення. Заземлювальний провідник зі сталі  $d = 8$  мм прокладається по покрівлі і зовнішній стіні будівлі на скобах до контуру заземлення. На відстані 2,5 м від землі струмовідвідний спуск захищається сталевим куточком. Всі з'єднувальні пристрої заземлення зварні. Струмовідвід покривається бітумом 2 рази.

Усі струмопровідні частини електрообладнання заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу мережі. Проводять заземлення корпусу обладнання. В якості заземлювача використовують сталеві труби довжиною 2,5 м і діаметром 50 мм, а також природні заземлювачі, частини комунікацій. Опір заземлювача не перевищує 4,0 Ом, що відповідає нормі.

У розрахункових приміщеннях прийнято скління площею понад 5 м<sup>2</sup>. Звідси випливає висновок, що прийнята площа скління забезпечує нормальну освітленість в приміщенні у світлий час доби.

### **5.3 Попередження та ліквідація надзвичайних ситуацій**

Для створення комфортних умов роботи, для хорошої працездатності і задля уникнення простудних захворювань робітників показники, що характеризують мікроклімат, повинні перебувати в оптимальних межах.

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати ГДК. Основною шкідливою речовиною є CO<sub>2</sub>, що виділяється під час дихання людей, ПДК<sub>CO2</sub> = 20 мг/м<sup>3</sup>.

Перелік можливих небезпек при проведенні робіт на підприємстві громадського харчування:

- пожежа;
- повінь;
- землетрус;

- прорив труб систем опалення, теплопостачання, гарячої води.

Під поняттям пожежа розуміють неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що завдає матеріальної шкоди. Для виникнення горіння необхідні певні умови. У першу чергу необхідно мати горючу речовина або горючі матеріали.

Крім горючих матеріалів, що застосовуються в обставленні громадських будівель, значна кількість горючих речовин і горючих матеріалів міститься в конструкціях будівель. Для виникнення процесу горіння необхідно мати горючу речовина, певну кількість кисню повітря і теплове джерело, здатне нагріти горючу речовину до температури його займання.

Будівельні конструкції, що є легкозаймистими, при певних умовах є одним із факторів виникнення пожеж.

Виникнення пожежі з'являється у результаті порушення правил виробництва будівельних робіт, норм проектування і правил експлуатації технологічного та інженерного обладнання будівель в результаті недбалого поводження з вогнем та багатьох інших причин.

Проект передбачає ряд організаційних і технічних заходів, що проводяться на об'єкті з метою запобігання пожежам, обмеження їх поширення, забезпечення успішного їх гасіння та створення умов для безпечної евакуації людей. Для гасіння використовують вогнегасники.

При виникненні пожежі виділяється велика кількість димових газів, що затемнюють приміщення і ускладнюють умови експлуатації та гасіння пожежі, а також дим є задушливим.

Для забезпечення безпеки людей під час пожежі в будівлі передбачені евакуаційні шляхи, по яких люди можуть досягти безпечного місця. Як евакуаційні шляхи використовуються:

- шляхи, що ведуть з приміщень першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, сходову клітку;

- шляхи, що ведуть з приміщень другого, крім першого, в коридор, що веде на сходову клітку, або безпосередньо до сходової клітки;
- з приміщень в сусідні приміщення цих поверхів.

Вихід назовні допускається передбачати через тамбури. Зовнішні евакуаційні двері будівель не повинні мати заборів, які не можуть бути відкриті зсередини без ключа.

У загальних коридорах не допускається улаштування вбудованих шаф, за винятком шаф для комунікацій і пожежних кранів.

Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого евакуаційного виходу визначається в залежності від щільності людського потоку для будівлі певного обсягу. Тривалість евакуації людей розраховують виходячи з досягнення критичної температури  $t = 70^{\circ}\text{C}$ .

Опіки отримуються в результаті впливу на шкіру високої температури (полум'я, розпеченого металу, окропу, азотної води тощо) і їдких лугів (їдкий калій, вапно, міцний нашатирний спирт тощо).

При опіках необхідно перш за все звільнити від одягу пошкоджену частину тіла, якщо зняти одяг важко, його треба розрізати.

Відривати присталу одягу і білизну не можна. Присталі частини потрібно залишити на місці, лише обрізавши їх навколо.

Рекомендується також у випадку отримання опіків негайно, у перші хвилини, бігти під кран і протягом 15 хвилин обливати обпалену частину тіла холодною водою. З метою попередження шоку дають солодкий чай, серцеві ліки.

## Розділ 6. ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЄКТУВАННЯ І МОНТАЖУ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ БУДІВЛІ

### 6.1 Розрахунок витрат на оплату праці персоналу

Капітальні витрати - це одноразові витрати на будівництво нових підприємств, виробничих об'єктів, інженерних систем і ін. В нашому випадку капітальні витрати - це одноразові витрати на придбання (виготовлення) необхідного обладнання, апаратів і приладів, труб, трубопровідної арматури, монтаж, демонтаж системи опалення, а також за видатками на проведення проєктних робіт [4].

Витрати на оплату праці персоналу при встановленні системи опалення і вентиляції наведено у таблиці 6.1. Планування фонду заробітної плати включає розрахунок суми фонду і середньої заробітної плати, як усіх працівників, так і по категоріях працюючих.

Таблиця 6.1 – Витрати на оплату праці персоналу

Посада	Кількість	Посадовий оклад, грн./міс.	Заробітна плата за місяць, грн.
Керівний склад	1	21000	21000
Інженерно-технічний персонал	2	15200	30400
Робочий персонал	4	9400	37600
Всього за місяць			89000

З урахуванням того, що на проєктування та монтаж системи опалення і вентиляції і додаткового обладнання необхідно 2 місяці, то за цей період витрати на заробітну плату персоналу складуть:

$$Z_{зпп} = Z_{зп} \cdot 2, \quad (6.1)$$

де  $Z_{зп}$  - заробітна плата персоналу за 1 місяць,

$$Z_{зпп} = 89 \cdot 2 = 178 \text{ тис. грн.}$$

Нарахування на фонд заробітної плати:

$$Z_{зпп} + Z_{доп.нач} = Z_{зпп} \cdot D_{дп}, \quad (6.2)$$

де  $D_{дз}$  – додаткова зарплата (премії і т.п.) – 10%.

$$З_{\text{доп.нач}} = 178 \cdot 0,1 = 17,8 \text{ тис. грн.}$$

$$З_{\text{соц.стр.}} = (З_{\text{зпп}} + З_{\text{доп.нач}}) \cdot Д_{\text{сс}} \quad (6.3)$$

де  $Д_{\text{сс}}$ - соціальне страхування – 22%.

$$З_{\text{соц.стр.}} = (178 + 17,8) \cdot 0,22 = 43,08 \text{ тис. грн.}$$

Сумарні витрати на заробітну платню:

$$З = З_{\text{зпп}} + З_{\text{доп.нач}} + З_{\text{соц.стр.}} = 178 + 17,8 + 43,08 = 238,88 \text{ тис. грн.} \quad (6.4)$$

## 6.2 Розрахунок витрат на придбання опалювального і вентиляційного обладнання

У таблиці 6.2 наведені витрати на придбання опалювального обладнання, які розраховані за робочими кресленнями та відповідними нормативами.

Таблиця 6.2 – Витрати на придбання опалювального обладнання

№ п/п	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Вартість, грн.
1	Радіатор РСВ-1п	шт.	21	21126
2	Радіатор РСВ-2п	шт.	2	2698
3	Кран кульовий	шт.	35	4550
4	Трійник прохідний	шт.	80	10640
5	Кран прямоточний	шт.	18	2160
6	Відвід під 90°	шт.	180	16020
7	Насос ЦВЦ	шт.	1	1568
8	Труба м/пл 16 мм	м	180	6300
9	Труба м/пл 26 мм	м	40	4120
10	Стрічка ФУМ	уп.	6	102
11	Ніпель	шт.	110	3300
12	Кронштейн №1	шт.	60	2400
13	Кронштейн №2	шт.	26	1300
14	Інструмент	шт.	5	3700
Загалом				79984

Загальні витрати на придбання опалювального обладнання становлять

$$K_{\text{кап}} = 79984 \text{ грн.}$$

У таблиці 6.3 наведені витрати на придбання вентиляційного обладнання, які розраховані за робочими кресленнями та відповідними нормативами.

Таблиця 6.3 – Витрати на придбання вентиляційного обладнання

№ п/п	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Вартість, грн.
1	Вентиляційна решітка 0,27x0,34	шт.	35	9600
2	Вентиляційна решітка 0,2x0,2	шт.	38	9750
3	Шумопоглинач ТКУ 70-40	шт.	2	5100
4	Вентилятор RP70-40/35-4D	шт.	1	21620
5	Вентилятор RP50-25/22-4D	шт.	1	20932
6	Вентилятор RP30-25-4D	шт.	1	16020
7	Коліно	шт.	200	25800
8	Канал вентиляційний 1	м	50	15000
9	Канал вентиляційний 2	м	60	16900
10	Кронштейн №1	шт.	80	3200
11	Кронштейн №2	шт.	80	3800
12	Інструмент	шт.	5	3700
Загалом				151422

Загальні витрати на придбання вентиляційного обладнання становлять  
 $K_{\text{кап}} = 151422$  грн.

### 6.3 Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Розрахунок витрат на електроенергію при експлуатації теплового пункту визначається роботою насоса, вентиляторів та освітлення у приміщенні:

$$C_e = (N_1 \cdot F_1 + N_2 \cdot F_2 + N_3 \cdot F_3) \cdot C_e \quad (6.5)$$

де  $N_1$  – потужність, яку споживає насос  $N = 75$  Вт;

$F_1$  – річний фонд роботи насоса,  $F_1 = 12 \cdot 158 = 1896$  год/рік;

$F_2$  – річний фонд роботи освітлення,  $F_2 = 8 \cdot 158 = 1264$  год/рік;

$N_2$  – потужність, яку споживає освітлення (середньодобова)  $N = 100$  Вт;

$N_3$  – потужність, яку споживають вентилятори  $N = 450$  Вт;

$F_3$  – річний фонд роботи вентиляторів,  $F_1 = 12 \cdot 79 = 948$  год/рік;

$C_e$  – ціна на електроенергію,  $C_e = 6,50$  грн/ кВт·г.

$C_e = (75 \cdot 1896 + 100 \cdot 1264 + 450 \cdot 948) \cdot 6,50 = 633649$  грн.

Планування фонду заробітної плати включає розрахунок суми фонду і середньої заробітної плати, як усіх працівників, так і по категоріях працюючих. Оскільки встановлене обладнання знаходиться у тому ж приміщенні що і основне, розрахунок додаткової оплати не проводиться.

Розрахунок річних амортизаційних відрахувань і відрахувань на ремонт обладнання для даної галузі може бути прийнятий за середніми нормами - відповідно 15 і 5 % (0,15 і 0,05) від капітальних витрат загальної вартості обладнання.

$C_{\text{аморт}} = K_{\text{кап}} \cdot K_{\text{ам}} = (79984 + 151422) \cdot 0,15 = 34711$  грн.

$C_{\text{рем}} = K_{\text{кап}} \cdot K_{\text{рем}} = (79984 + 151422) \cdot 0,05 = 11570$  грн.

Річні експлуатаційні витрати:

$Z = C_{\text{рем}} + C_{\text{аморт}} + Z_{\text{пл}} + C_e$  (6.6)

$Z = 11570 + 34711 + 27590 + 152990 + 313900 = 540761$  грн.

Сумарні економічні витрати на встановлення систем опалення і вентиляції:

$K = Z + K_{\text{кап}} = 540761 + 79984 + 151422 = 772161$  грн. (6.7)

Результати розрахунків зводимо до таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Загальні витрати

№ п/п	Показник	Вартість, грн.
1	Заробітна платня	238880
2	Опалювальне обладнання	79984
3	Вентиляційне обладнання	151422
4	Сумарні витрати на придбання опалювального і вентиляційного обладнання	313900
5	Річне споживання електроенергії	633649
6	Сумарні річні витрати на встановлення і експлуатацію систем опалення і вентиляції	1417835

## ВИСНОВКИ

1. Виконано огляд і аналіз класифікації і характеристик систем опалення будівель.
2. Для опалення будівлі обрано однотрубну систему опалення.
3. Виконано теплотехнічний та вологісний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій.
4. Проведено теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін, підлоги, покрівлі, вікон, дверей і додаткових тепловтрат.
5. Виконано розрахунок опалювального навантаження приміщень, тепловий розрахунок опалювальних приладів і гідравлічний розрахунок трубопроводів.
6. Знайдено розрахункові параметри припливного повітря і повітря, що видаляється.
7. Виконано розрахунок повітрообміну за нормативною кратністю.
8. Виконано аеродинамічний розрахунок повітроводів.
9. Сформульовані заходи з охорони праці при монтажі систем опалення і вентиляції.
10. Розглянуті економічні аспекти проектування і монтажу систем опалення і вентиляції. Визначено капітальні витрати на встановлення систем опалення і вентиляції.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.6 -31:2016 Державні будівельні норми. – К.: МінРРБтаЖКГ України, 2017. – 37 с. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/02/DBN-V.2.6-31-2016-Teplova-izolyatsiya-budivel.pdf>
2. Маляренко В.А., Герасимова О.М., Малєєв О.І. Будівельна теплофізика: Навч. пос. – Харків, 2007. – 101 с.
3. ДБН В.2.5-67:2013«Опалення, вентиляція та кондиціонування»[чинний від 01.09.2013 р.]–К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. –168 с. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>
4. Структура і правила оформлення курсових, дипломних проектів і робіт / за ред. д.т.н., проф. О.С. Тітлова. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 84 с.
5. ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» [зі зміною No1 від 1 липня 2013 року] –К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2007.–72с/
6. Довідник проектувальника. Енциклопедія TechTrend URL: <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=16542>
7. Каталог опалювальних приладів [Електронний ресурс]: радіатори сталеві «ELBA». –URL: [http://www.barrak-uda.com.ua/elba\\_proad.htm](http://www.barrak-uda.com.ua/elba_proad.htm).
8. Каталог регулюючої арматури [Електронний ресурс]: термостатичні клапани «DanfossRA» . –Режим доступу до ресурсу: <http://www.danfoss.com/>
9. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві»–К.:Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. –94 с.
10. Боженко, М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М. Ф. Боженко; КПІ ім. І. Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.