

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції  
(повна назва кафедри )

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Завідувач кафедри

проф., д.екон.н.

Предун К.М.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## Пояснювальна записка

до атестаційної роботи  
магістра

на тему: Забезпечення мікроклімату виробничих приміщень при змінних  
режимах експлуатації

Виконав: студент 5 курсу, групи ТВм-22-1

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво»

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: «Теплогазопостачання і вентиляція»

Оксюта Б.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Сенчук М.П.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Київ – 2024 року

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: Інженерних систем та екології \_\_\_\_\_  
Випускова кафедра: Теплогазопостачання та вентиляції \_\_\_\_\_  
Освітній ступінь: магістр \_\_\_\_\_  
Спеціальність: Будівництво та цивільна інженерія \_\_\_\_\_  
Освітня програма: Теплогазопостачання і вентиляція \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету  
Приймак О.В.

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

ОКСЮТИ БОГДАНА ОЛЕГОВИЧА

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_

Забезпечення мікроклімату виробничих приміщень при змінних режимах експлуатації  
затверджена наказом ректора КНУБА №2585/2 від 31 жовтня 2024 року

2. Керівник роботи

Сенчук Михайло Петрович, канд. техн. наук, доцент

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

3. Строк подання здобувачем роботи до захисту \_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Сучасний підхід до формування мікроклімату у промислових будівлях і спорудах \_\_\_\_\_

Р. 2. Інженерні рішення по системам опалення та вентиляції будівлі \_\_\_\_\_

Р. 3. Розрахунковий аналіз систем по забезпеченню нормованих температурних умов у приміщенні ПМПВ \_\_\_\_\_

Р. 4. Технології та організація монтажу інженерних систем \_\_\_\_\_

Р. 5. Охорона праці та навколишнього середовища \_\_\_\_\_

## 6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Сучасний підхід до формування мікроклімату у промислових будівлях і спорудах	21.02
Розділ 2. Інженерні рішення по системам опалення та вентиляції будівлі	14.03
Розділ 3. Розрахунковий аналіз систем по забезпеченню нормованих температурних умов у приміщенні ПМПВ	24.04
Розділ 4. Календарне планування монтажу та монтажне креслення системи опалення	22.05
Розділ 5. Розробка заходів з охорони праці та захисту навколишнього середовища	19.06
Остаточне оформлення роботи	21.06
Направлення роботи для перевірки на плагіат	
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	
Направлення роботи на рецензування	

## 7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1.	Сенчук М.П.		
Розділ 2.	Сенчук М.П.		
Розділ 3.	Сенчук М.П.		
Розділ 4.	Сенчук М.П.		
Розділ 5	Клімова І.В.		

8. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Предун К.М.

Керівник \_\_\_\_\_ Сенчук М.П.

Здобувач \_\_\_\_\_ Оксюта Б.

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	7
<b>Розділ 1. Сучасний підхід до формування мікроклімату у промислових будівлях і спорудах</b> .....	8
1.1. Аналіз стану внутрішнього середовища в робочій зоні у виробничих приміщеннях.....	9
1.2 Сучасні методи та засоби дотримання норм щодо параметрів внутрішнього середовища у виробничих приміщеннях.....	12
1.3 Особливості формування мікроклімату приміщень за змінного режиму їх експлуатації.....	15
<b>Розділ 2. Інженерні рішення по системам опалення та вентиляції будівлі</b> . ....	18
<b>2.1 Вихідні дані</b> .....	19
2.1.1 Характеристика об'єкту.....	19
2.1.2 Розрахункові параметри зовнішнього повітря.....	20
2.1.3 Розрахункові параметри внутрішнього повітря.....	21
<b>2.2 Тепловий та повітряний режим будівлі</b> .....	22
2.2.1 Вимоги до огорожувальних конструкцій та їх розрахунок.....	22
2.2.2 Тепловтрати приміщень.....	32
2.2.3 Теплонадходження у приміщення.....	48
<b>2.3 Проектування опалення будівлі</b> .....	51
2.3.1 Тепловий баланс та розрахунок теплової потужності систем опалення.....	51
2.3.2 Проектування та розрахунок водяної системи опалення будівлі.....	52
2.3.3 Проектування та розрахунок систем опалення у приміщенні ПМПВ.....	60
<b>2.4 Проектування вентиляції будівлі</b> .....	69
2.4.1 Технічні рішення по системам вентиляції приміщень.....	69
2.4.2 Проектування систем вентиляції приміщень будівлі.....	71
2.4.3 Аеродинамічний розрахунок повітропроводів.....	82
2.4.4 Підбір вентиляційного обладнання.....	89
<b>Розділ 3. Розрахунковий аналіз систем по забезпеченню нормованих температурних умов у приміщенні ПМПВ.</b> .....	91

3.1. Порівняльний аналіз запроєктованих різних видів систем опалення .....	92
3.2. Експлуатаційні характеристики систем опалення з метою забезпечення нормованих параметрів повітря за змінних технологічних процесів .....	98
3.3. Техніко-економічне обґрунтування вибору енергоощадної системи опалення приміщення ПМПВ.....	106
<b>Розділ 4. Технології та організація монтажу інженерних систем.....</b>	<b>110</b>
4.1. Технологія монтажу системи вентиляції .....	111
4.2. Організація будівельно-монтажних робіт .....	116
<b>Розділ 5. Охорона праці та навколишнього середовища. Ошибка! Закладка не определена.</b>	
Список використаної літератури .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## ВСТУП

Забезпечення оптимального мікроклімату у виробничих приміщеннях є важливим завданням для підтримки продуктивності, безпеки та комфорту працівників. Особливо складним це завдання стає у приміщеннях зі змінним режимом експлуатації, де змінні виробничі процеси та інтенсивність використання приміщень впливають на параметри внутрішнього середовища. У таких умовах контроль температури, вологості, повітрообміну та якості повітря є вирішальним фактором для досягнення стабільного та комфортного робочого середовища.

У сучасних виробничих підприємствах змінні режими експлуатації часто пов'язані з різноманітними технологічними процесами, що вимагають точного регулювання мікрокліматичних параметрів для збереження якості продукції та запобігання негативним впливам на здоров'я працівників. Зміни у виробничих процесах можуть призводити до значних коливань температури та вологості, а також до утворення шкідливих речовин, що потребують ефективної вентиляції.

У цьому контексті важливим є впровадження інноваційних технологій та систем автоматизації для моніторингу та регулювання мікроклімату в режимі реального часу. Використання передових систем, розумних датчиків та алгоритмів штучного інтелекту може значно підвищити ефективність управління мікрокліматом, забезпечуючи оптимальні умови незалежно від змін у виробничих процесах.

Ця робота присвячена дослідженню методів забезпечення мікроклімату у виробничих приміщеннях зі змінним режимом експлуатації. Розглядаються основні виклики та проблеми, пов'язані з контролем мікроклімату в таких умовах, а також аналізуються сучасні рішення та технології, що дозволяють ефективно управляти параметрами внутрішнього середовища. Основна увага приділяється впровадженню автоматизованих систем контролю, стратегіям сталого дизайну та використанню відновлювальних джерел енергії для досягнення високих стандартів комфорту та енергоефективності у виробничих приміщеннях.

**Розділ 1**  
**Сучасний підхід до формування мікроклімату у**  
**промислових будівлях і спорудах**

## **1.1. Аналіз стану внутрішнього середовища в робочій зоні у промислових приміщеннях**

Параметри внутрішнього середовища визначаються за ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування та іншими нормативними вимогами.

Промислові будівлі характеризуються великими об'ємами, високим тепловиділенням та специфічними вимогами до експлуатації. Контроль мікроклімату в цих структурах включає управління такими факторами, як температура, вологість, потік повітря та якість повітря. Ефективний контроль мікроклімату може позитивно впливати на продуктивність, споживання енергії та загальне робоче середовище.

Контроль мікроклімату в промислових будівлях є важливим для підтримання оптимальних умов праці, забезпечення комфорту працівників та досягнення енергоефективності. Наведу комплексний огляд щодо контролю мікроклімату в промислових будівлях, зосереджуючись на управлінні температурою, вологістю, потоком повітря та якістю повітря. Промислові будівлі характеризуються своїми унікальними вимогами до експлуатації, великими об'ємами та високим тепловиділенням. Контроль мікроклімату в цих структурах включає управління різними факторами, включаючи температуру, вологість, потік повітря та якість повітря. Ефективний контроль мікроклімату має значні наслідки для продуктивності працівників, споживання енергії та загального робочого середовища.

Вплив контролю температури:

- Комфорт і продуктивність працівників: підтримання комфортного температурного діапазону підвищує задоволеність працівників, зменшує втому та підвищує продуктивність. Дослідження показали позитивну кореляцію між тепловим комфортом та робочою продуктивністю в промислових умовах.

- Споживання енергії: Належний контроль температури може призвести до економії енергії шляхом уникнення надмірного охолодження або нагрівання. Впровадження сучасних систем HVAC, ізоляційних матеріалів та методів термального зонування може оптимізувати управління температурою в промислових будівлях.

Вплив управління вологістю: Здоров'я та комфорт працівників: високі рівні вологості можуть викликати дискомфорт, знижувати концентрацію та підвищувати ризик захворювань, пов'язаних з перегрівом. Низька вологість, навпаки, може призводити до сухості шкіри, подразнення очей та проблем з диханням. Підтримання відповідного рівня вологості є важливим для добробуту працівників.

- Цілісність матеріалів і продуктивність обладнання: надмірна вологість може призводити до конденсації, корозії та утворення цвілі, що впливає на структурну цілісність будівель і викликає несправності обладнання. Ефективний контроль вологості запобігає цим проблемам і продовжує термін служби обладнання.

Значення повітрообміну та вентиляції:

- Якість повітря в приміщенні: Належні системи повітрообміну та вентиляції допомагають видаляти забруднювачі, контамінації та запахи, забезпечуючи здорове робоче середовище. Гарна якість повітря знижує ризик виникнення респіраторних проблем і покращує продуктивність працівників.

- Термічна стратифікація: Промислові будівлі з великими об'ємами часто стикаються з термічною стратифікацією, коли гаряче повітря накопичується на вищих рівнях. Стратегічне управління вентиляцією та повітрообміном може мінімізувати стратифікацію, що призводить до більш рівномірного розподілу температури та підвищення комфорту.

Досягнення у техніках контролю мікроклімату:

- Автоматизація та розумні системи: Інтеграція датчиків, актуаторів та передових алгоритмів управління дозволяє здійснювати моніторинг і налаштування в режимі реального часу. Автоматизовані системи оптимізують контроль мікроклімату на основі умов навколишнього середовища, режимів зайнятості та споживання енергії.

- Стратегії сталого дизайну: Використання природної вентиляції, природного освітлення та енергоефективного дизайну будівельних оболонок зменшує залежність від механічних систем та підвищує енергоефективність, зберігаючи комфорт працівників.

- Інтеграція відновлювальних джерел енергії: Використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні панелі та геотермальні системи, для контролю мікроклімату зменшує вуглецевий слід та операційні витрати.

Ефективний контроль мікроклімату в промислових будівлях, що охоплює температуру, вологість, повітрообмін та якість повітря, є вирішальним для оптимізації продуктивності працівників, зниження споживання енергії та створення сприятливого робочого середовища. Цей огляд літератури підкреслює важливість належного управління мікрокліматом та його вплив на різні аспекти промислових операцій. Інтеграція передових технологій, стратегій сталого дизайну та відновлювальних джерел енергії пропонує перспективні напрямки для майбутніх досліджень та інновацій у контролі мікроклімату для промислових будівель.

Виклики в контролі мікроклімату:

Температурні крайнощі: Промислові процеси часто генерують високий рівень тепла, що призводить до утворення гарячих точок та дискомфорту для працівників. Навпаки, деякі галузі потребують контрольованих низьких температур, що ускладнює підтримання стабільного клімату.

Управління вологістю: Високі рівні вологості можуть призводити до конденсації, корозії та утворення цвілі, тоді як низька вологість може викликати електростатичні розряди та дискомфорт для працівників.

Вентиляція та якість повітря: Недостатній обмін повітря може призвести до поганої якості повітря, що спричиняє проблеми зі здоров'ям та зниження продуктивності.

Високоєфективні системи HVAC:

Сучасні системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC) з регульованою швидкістю, ефективними фільтрами та можливостями зонування є необхідними для точного контролю температури та оптимальної якості повітря.

Автоматизовані системи управління:

Розумні датчики, актуатори та аналітика даних дозволяють здійснювати моніторинг та налаштування в режимі реального часу, забезпечуючи точний контроль мікроклімату. Алгоритми штучного інтелекту (AI) можуть оптимізувати

споживання енергії на основі режимів зайнятості та умов навколишнього середовища.

Ізоляція та оболонка будівлі:

Підвищення ізоляції та герметичності промислових будівель мінімізує теплопередачу, знижує споживання енергії та покращує тепловий комфорт.

Природна вентиляція та денне освітлення:

Інтеграція стратегічного розташування вікон, світлових люків та систем природної вентиляції може зменшити залежність від механічного охолодження та освітлення, підвищуючи енергоефективність та комфорт працівників.

Інтеграція відновлювальних джерел енергії:

Використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні панелі та геотермальні системи, може зменшити вплив контролю мікроклімату на навколишнє середовище, одночасно знижуючи операційні витрати.

Сучасний підхід до формування мікроклімату у промислових будівлях і спорудах базується на комплексному підході до забезпечення комфортних умов для працівників, що включає в себе використання передових технологій та ефективних систем управління. Основні аспекти сучасного підходу до формування мікроклімату:

- Точність регулювання температури і вологості:

Використання сучасних систем опалення, вентиляції та кондиціонування, які дозволяють точно регулювати температуру та вологість у приміщеннях.

- Використання енергоефективних технологій:

Застосування енергоефективних систем кондиціонування повітря, освітлення та інших елементів інженерних систем для зменшення споживання енергії та витрат на утримання мікроклімату.

- Системи контролю і моніторингу: Встановлення систем автоматичного контролю та моніторингу параметрів мікроклімату, які дозволяють оперативно виявляти проблеми та забезпечувати їх швидке вирішення.

- Управління якістю повітря: Впровадження систем фільтрації повітря для зменшення рівня шкідливих речовин та алергенів у приміщеннях.

- Адаптивні системи управління: Використання адаптивних систем управління мікрокліматом, які здатні автоматично адаптувати параметри

мікроклімату до змінних умов, забезпечуючи оптимальні комфортні умови для працівників.

- Розгляд аспектів здоров'я та безпеки: Врахування впливу мікроклімату на здоров'я та продуктивність працівників при проектуванні та облаштуванні робочих приміщень.

## **1.2. Сучасні методи та засоби дотримання норм щодо параметрів внутрішнього середовища у виробничих приміщеннях**

Сучасні методи та засоби для дотримання норм щодо параметрів внутрішнього середовища у виробничих приміщеннях включають в себе різноманітні технології, системи управління та контролю, а також заходи з планування та дизайну приміщень.

Системи вентиляції та кондиціонування повітря: Використання сучасних систем вентиляції та кондиціонування, які забезпечують ефективне видалення шкідливих речовин з повітря та підтримку оптимальних параметрів температури та вологості.

Моніторинг параметрів мікроклімату: Встановлення систем автоматичного моніторингу та контролю за параметрами мікроклімату, такими як температура, вологість, рівень CO<sub>2</sub>, рівень шкідливих речовин, що дозволяє оперативно виявляти відхилення від норм та приймати відповідні заходи.

Фільтрація повітря: Використання систем фільтрації повітря для зменшення концентрації шкідливих речовин та алергенів у приміщеннях.

Енергоефективне освітлення: Використання LED-освітлення та інших енергоефективних технологій освітлення для зменшення витрат енергії та покращення якості світла.

Ергономічне облаштування робочих місць: Забезпечення комфортного та безпечного облаштування робочих місць, включаючи правильну організацію робочих зон, належне розміщення обладнання та меблів.

Організація робочого процесу: Впровадження раціональних методів організації робочого процесу, таких як розподіл робочих зон, графіки проведення роботи та перерв, що дозволяє зменшити вплив негативних факторів на здоров'я працівників.

Які саме сучасні системи використовують для забезпечення мікроклімату у виробничих приміщеннях:

Системи вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC):

Механічна вентиляція: Використання вентиляторів для подачі свіжого повітря та видалення забрудненого.

Природна вентиляція: Використання природних повітряних потоків для циркуляції повітря.

Кондиціонери: Системи для охолодження та осушування повітря, що особливо важливо в теплу пору року.

Інверторні кондиціонери: Енергоефективні системи з можливістю плавного регулювання потужності.

Системи опалення:

Теплові насоси: Використовують енергію з навколишнього середовища для обігріву приміщень.

Інфрачервоні обігрівачі: Зігрівають об'єкти та поверхні, а не повітря, що зменшує втрати тепла.

Промислові котли: Використовуються для опалення великих виробничих приміщень.

Системи зволоження та осушення повітря:

Зволожувачі повітря: Підтримують оптимальний рівень вологості в приміщенні.

Осушувачі повітря: Знижують вологість, запобігаючи утворенню конденсату та цвілі.

Системи очищення повітря:

Фільтри високої ефективності (HEPA): Видаляють дрібні частинки та аерозолі.

Електростатичні фільтри: Використовують електричні заряди для уловлювання забруднювачів.

Ультрафіолетові стерилізатори: Використовують УФ-світло для знищення бактерій та вірусів.

Системи автоматизації та контролю:

Системи управління мікрокліматом (BMS): Інтегровані системи управління будівлею, що автоматично контролюють температурні режими, вологість та якість повітря.

Інтелектуальні датчики: Вимірюють різні параметри мікроклімату (температура, вологість, рівень CO<sub>2</sub>) та передають дані на центральний контролер для регулювання систем.

Енергоефективні технології:

Системи рекуперації тепла: Відновлюють теплову енергію з відпрацьованого повітря для її повторного використання.

Відновлювальні джерела енергії: Використання сонячних панелей, вітрових турбін та інших джерел для забезпечення енергоспоживання.

Ці системи працюють в комплексі для створення оптимальних умов мікроклімату, зменшуючи енерговитрати та покращуючи продуктивність працівників.

### **1.3. Особливості формування мікроклімату приміщень за змінного режиму експлуатації**

Формування мікроклімату виробничих приміщень за змінного режиму експлуатації завдання складне, оскільки параметри мікроклімату можуть змінюватися в залежності від типу виробництва, пори року, часу доби та інших факторів. Особливості, які слід враховувати при формуванні мікроклімату виробничих приміщень за змінного режиму експлуатації:

Гнучкість систем вентиляції та кондиціонування: Системи вентиляції та кондиціонування повітря повинні бути розроблені з урахуванням можливості швидкої зміни параметрів мікроклімату в приміщеннях відповідно до змінних умов експлуатації.

Системи автоматичного управління: Використання сучасних систем автоматичного управління мікрокліматом, які дозволяють налаштовувати параметри відповідно до режиму роботи та зовнішніх умов.

Контроль параметрів мікроклімату: Регулярний моніторинг та контроль параметрів мікроклімату в приміщеннях, що дозволяє вчасно виявляти відхилення від норм та приймати відповідні корективні заходи.

Адаптивність систем: Використання адаптивних систем управління, які можуть автоматично адаптувати параметри мікроклімату до змінних умов експлуатації без необхідності постійного втручання операторів.

Планування та координація: Забезпечення взаємодії між відділами виробництва, технічним персоналом та інженерами з метою планування та координації дій щодо налаштування параметрів мікроклімату в залежності від режиму експлуатації.

Освітлення: Планування систем освітлення з урахуванням можливості зміни яскравості та кольору світла в залежності від часу доби та типу виробничої діяльності.

Формування мікроклімату виробничих приміщень пошти за змінного режиму експлуатації має свої власні особливості, оскільки поштові приміщення часто мають різноманітні функції та режими роботи. Особливості, які слід враховувати:

Режими роботи: Поштові приміщення можуть мати різні режими роботи в залежності від часу доби, днів тижня та сезонів. Наприклад, вони можуть працювати вдень, у вечірні чи нічні зміни. Тому системи вентиляції та кондиціонування повітря мають бути спроектовані з урахуванням цих режимів.

Типи робіт: У поштових приміщеннях можуть проводитися різноманітні види робіт, такі як сортування пошти, обробка пакетів, складання вантажів тощо. Кожен з цих видів робіт може вимагати специфічних умов мікроклімату.

Особливості вантажів: У поштових приміщеннях можуть оброблятися вантажі різної природи та розміру, що може впливати на умови роботи та мікроклімату. Наприклад, обробка пакетів може потребувати додаткового контролю температури та вологості.

Сезонні варіації: Зміни в погодних умовах та сезони можуть впливати на мікроклімат у приміщеннях, тому системи вентиляції та кондиціонування повітря мають бути здатні адаптуватися до змінних умов.

Кількість працівників: Число працівників у поштових приміщеннях може змінюватися в залежності від потреби та обсягу робіт. Це також може впливати на рівень вологості та температури в приміщеннях.

У змінних умовах експлуатації поштових приміщень важливо мати гнучкі системи вентиляції, кондиціонування та управління мікрокліматом, які можуть адаптуватися до різноманітних умов та потреб робочого процесу. Тільки так можна забезпечити комфортні та безпечні умови для працівників у будь-який час.

### Висновки

Ефективний контроль мікроклімату в промислових будівлях, що охоплює температуру, вологість, повітрообмін та якість повітря, є вирішальним для оптимізації продуктивності працівників, зниження споживання енергії та створення сприятливого робочого середовища. Цей огляд літератури підкреслює важливість належного управління мікрокліматом та його вплив на різні аспекти промислових операцій. Інтеграція передових технологій, стратегій сталого дизайну та відновлювальних джерел енергії пропонує перспективні напрямки для майбутніх досліджень та інновацій у контролі мікроклімату для промислових будівель.

Контроль мікроклімату в промислових будівлях є важливим для створення сприятливих робочих умов, оптимізації споживання енергії та забезпечення добробуту працівників. Впровадження інноваційних рішень, таких як сучасні системи HVAC, автоматизовані засоби управління та стратегії сталого дизайну, дозволяє промисловим об'єктам досягати підвищеної ефективності та комфорту. Продовження досліджень та співпраця серед експертів у цій галузі прокладе шлях до подальших досягнень у контролі мікроклімату, що сприятиме сталому та продуктивному промисловому.

*Розділ 2*

*Інженерні рішення по системах опалення та  
вентиляції будівлі*

## **2.1. Вихідні дані**

### **2.1.1. Характеристика об'єкту**

Будівля поштамту при залізничній станції 6-ти поверхова, знаходиться у місті Миколаїв.

Джерелом теплопостачання для внутрішніх інженерних систем будівлі є індивідуальна дахова газова котельня. Теплоносій – вода з параметрами 80–60<sup>0</sup>С – в системах опалення.

Призалізничнодорожний поштамт (ПЗДП), відділення перевезення пошти при залізничних станціях (ВПП), відокремлені підрозділи організацій поштового зв'язку (ВПЗ), які здійснюють перевезення пошти по закріплених маршрутах, обробку вихідного, вхідного і транзитного поштового обміну, а також прийом і видачу партійний посилок і прямих поштових контейнерів під пломбою (печаткою) відправника.

Обладнання, що використовується для механізації процесів обробки пошти:

а) для транспортування не менше 100 посилок, мішків і газетних пачок на добу на відстань більше 7 м встановлені стаціонарні конвеєри (транспортери), при меншому обсязі пошти транспортування здійснюється в візках або контейнерах;

б) при транспортуванні візків і контейнерів з посилками, мішками і газетними пачками на відстань більше 25 м використовуються електротягачі, електрокари;

в) для транспортування візків і контейнерів з посилками, мішками і пачками з печаткою на 2-й і верхні поверхи встановлені вантажні ліфти в кількості не менше 2-х за відсутності інших засобів (підйомників), а для транспортування контейнерів і кранбалки;

г) за наявності дебаркадера або закритих залізничних тупиків, що примикають до будівлі, для механізації вантажно-розвантажувальних операцій застосовуються комплекси механізмів розвантаження (завантаження) поштових вагонів; для завантаження (розвантаження) контейнерів у поштові вагони слід використовувється кранове обладнання, передбачене в поштових вагонах, і електрозавантажувачі (транспортування контейнерів електрозавантажувачами обмежене тільки поштовими платформами);

д) для попередньої обробки письмової кореспонденції при навантаженні, що перевищує 20 тис. листів на добу, передбачено машини автоматичного лицювання і штемпелювання:

для сортування листів при середньодобовому надходженні більше 50 тис. листів - автоматичні листосортувальні машини:

для сортування постпакетів - напівавтоматичні установки (при механізованому сортуванні цінних листів і бандеролей проектними рішеннями передбачається перевірка поштових відправлень, що надійшли в мішках, рахунком з оглядом зовнішнього стану);

для сортування посилок - напівавтоматичні установки, сортувальні конвеєри при середньодобовому навантаженні більше 2 тис. шт.;

е) для обслуговування клієнтури в поштамтах, великих вузлах і відділеннях зв'язку при оформленні документів необхідно передбачено поштово-касові термінали, а для обробки та внутрішньовиробничого транспортування поштових відправлень та речей - засоби механізації.

Технічні рішення прийняті з урахуванням та дотриманням діючих норм та правил:

- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»;
- ДБН В.2.5-67:2013. «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;
- ДБН А.2.2-3-2012 «Склад та зміст проектної документації на будівництво»;
- ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги»;
- ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди».

### **2.1.2. Розрахункові параметри зовнішнього і внутрішнього повітря**

Розрахункові параметри зовнішнього повітря для м. Миколаїв приймаємо згідно додатку ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [1]:

## Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Барометричний тиск	755 мм рт.ст.
Тривалість опалювального періоду	182 діб
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	0,4 °С.
Холодний період року:	
Температура зовнішнього повітря для найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92	- 20 °С;
Відносна вологість зовнішнього повітря	84 %;
Швидкість вітру (напряв Сх, повторюваність 17%)	3,9 м/с;
Теплий період року:	
Температура зовнішнього повітря для найжаркішої п'ятиденки забезпеченістю 0,99	24 °С;
Відносна вологість зовнішнього повітря	72 %;
Швидкість вітру (напряв ПнЗ, повторюваність 18,5%)	3,2 м/с;

## 2.1.3. Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Температури внутрішнього повітря в приміщеннях будівлі прийняті згідно з ДБН В.2.5-67:2013. «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Наведені в експлікаційних таблицях приміщень далі в пояснювальній записці.

Розрахункові температури повітря у основних приміщеннях складають:

- Виробничі приміщення – 18 °С ;
- Адміністративні приміщення – 20 °С;
- Допоміжні приміщення – 18 °С.

Таблиця 2.2

## Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Назва приміщення	Категорія робіт	Температура, $t_{wz}$ , °С	Відносна вологість $\phi_{wz}$ , %	Швидкість руху повітря $V_{wz}$ , м/с
Місце обміну автотранспорту	Пб	18	70	0,3
ПМПВ	Пб	18	70	0,3
Склад/база роздрібу	Пб	18	70	0,3
Міжнародний цех	Пб	18	70	0,3
Адміністративні приміщення	-	20	60	0,2
Допоміжні приміщення	-	18	-	-

## 2.2. Тепловий та повітряний режими будівлі

### 2.1.1 Вимоги до огорожувальних конструкцій та їх розрахунків

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}$$

$$\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{сг}$$

$$\tau_{вmin} > t_{min}$$

де  $R_{\Sigma пр}$ - приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій дорівнює опору теплопередачі),  $m^2 \cdot K / Wt$ ;  $R_{qmin}$ - мінімально допустиме значення опору теплопередачі конструкції,  $m^2 \cdot K / Wt$ . Значення для житлових та громадських будинків залежно від кліматичної зони;  $\Delta t_{пр}$ - температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С;  $\Delta t_{сг}$ - допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С;  $\tau_{вmin}$ - мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, °С;  $t_{min}$ - мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °С.

Вологісний режим приміщень в холодний період року в залежності від відносної вологості та температури внутрішнього повітря встановлюємо за даними табл. 2. При  $t_{вн} < 12^\circ C$  і відносній вологості  $60 \leq \phi \leq 75$  приймаємо нормальний режим експлуатації приміщень. Огороджуючі конструкції слід підбирати у відповідності з умовами їх експлуатації, котрі визначаються в залежності від вологісного режиму приміщень і зони вологості.

За вимогами ДБН В.2.6-31-2016 опір теплопередачі огорожуючих конструкцій  $R_{заг}$  повинен бути не менше нормативного  $R_{qmin}$ .

Потрібний опір теплопередачі внутрішніх конструкцій (стін, перегородок, перекриття) між приміщеннями з нормованою температурою повітря слід визначати при різниці розрахункових температур повітря в цих приміщеннях більше 4°C.

### Зовнішні стіни

Розрахунок товщини утеплювача зовнішніх стін.

$\alpha_{вн} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°С})$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні ог. конструкції.

$\alpha_{зов} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°С})$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні ог. конструкції.

Зовнішні стіни складаються з таких шарів:

1) Несучий шар цегляної кладки:  $\rho_3 = 2400 \text{ кг}/\text{м}^3$   $\delta_н = 0,510 \text{ м}$   $\lambda_н = 0,70 \text{ Вт}/(\text{мК})$   $s_3 = 16,77$

2) Утеплювач- плити пінополістерольні:  $\rho_п = 15 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda_п = 0,037 \text{ Вт}/\text{мК}$ ,  $s_п = 0,28 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ ;

3) Шар вапняно-цементної штукатурки:  $\rho_ш = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\delta_ш = 0,015 \text{ м}$ ,  $\lambda_ш = 0,87 \text{ Вт}/\text{мК}$ ,  $s_ш = 9,6 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ .

Визначаємо теплову інерцію зовнішньої стіни за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_{ip} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot s_{ip} = \frac{0,51}{1,74} \cdot 16,77 + \frac{0,015}{0,87} \cdot 9,6 = 4,98 > 1,5 \quad (2.1)$$

Визначаємо потрібну товщину утеплювача:

$$\delta_{ут} = \delta_{ут, min} = \lambda_{ут} \cdot \left( R_{qmin} - \frac{1}{\alpha_{вн}} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \right) = 0,088. \quad (2.2)$$

Приймаємо  $\delta_{ут} = 0,090 \text{ м}$ ;

Приведений опір теплопередачі завнішньої стіни:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_ш}{\lambda_ш} + \frac{1}{\alpha_{вн}} = \frac{1}{23} + \frac{0,09}{0,037} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,015}{0,87} + \frac{1}{8,7} = 3,34 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} > 1,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (2.3)$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{3,34} =$$

$$0,299 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$(2.4)$$

### Суміщене покриття

Розрахунок товщини утеплювача суміщеного покриття.

$\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  - коефіцієнт тепловіддачі поверхні ог. конструкції;

$\alpha_{\text{зов}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні ог. конструкції;

Суміщене покриття складається з таких шарів:

1) Залізобетонна панель :  $\rho_3 = 2400 \text{ кг}/\text{м}^3$   $\delta_3 = 0,22 \text{ м}$   $\lambda_3 = 2,04 \text{ Вт}/\text{мК}$

$$s_3 = 16,77 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$$

2) Шар гравію на бітмній мастиці :  $\rho_6 = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\delta_6 = 0,010 \text{ м}$ ,  $\lambda_6 = 0,13 \text{ Вт}/\text{мК}$ ,

$$s_6 = 4,56 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$$

3) Цементно-піщана стяжка:  $\rho_{\text{ш}} = 1600 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\delta_{\text{ш}} = 0,03 \text{ м}$ ,  $\lambda_{\text{ш}} = 0,81 \text{ Вт}/\text{мК}$ ,

$$s_{\text{ш}} = 8,69 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$$

4) Шар вапняно-цементної штукатурки:  $\rho_{\text{ш}} = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\delta_{\text{ш}} = 0,015 \text{ м}$ ,

$$\lambda_{\text{ш}} = 0,87 \text{ Вт}/\text{мК}, s_{\text{ш}} = 9,6 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

5) Утеплювач- плити пінополістерольні:  $\rho_{\text{п}} = 15 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda_{\text{п}} = 0,037 \text{ Вт}/\text{мК}$ ,

$$s_{\text{п}} = 0,28 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К};$$

Визначаємо теплову інерцію покриття за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_{ip} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot s_{ip} = \frac{0,22}{2,04} \cdot 16,77 + \frac{0,03}{0,81} \cdot 8,69 + \frac{0,01}{0,13} \cdot 4,56 + \frac{0,015}{0,87} \cdot 9,6 = 2,64 > 1,5 \quad (2.5)$$

Визначаємо розрахункову товщину утеплювача, формула 2.6:

$$\delta_{\text{ут, min}} = \lambda_{\text{ут}} \cdot \left( R_{\text{qmin}} - \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \right) =$$

$$= 0,037 \cdot \left( 5,35 - \frac{1}{8,7} - \left( \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,015}{0,87} + \frac{0,015}{0,87} + \frac{0,01}{0,13} \right) + \frac{1}{23} \right) = 0,187$$

Приймаємо  $\delta_{\text{ут}} = 0,190 \text{ м}$ ;

Визначаємо дійсний опір теплопередачі суміщеного покриття:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} + \frac{1}{\alpha_{вн}} = 5,51 \frac{m^2 \cdot K}{W} > 1,6 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad (2.7)$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{5,51} = 0,18 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad (2.8)$$

### Горищне перекриття

Розрахунок товщини утеплювача перекриття неопалювальних горищ.

$\alpha_{вн} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні ог. конструкції;

$\alpha_{зов} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні ог. конструкції;

Горищне перекриття складається з таких шарів:

1) Залізобетонна панель :  $\rho_3 = 2400 \text{ кг}/\text{м}^3$     $\delta_3 = 0,22 \text{ м}$     $\lambda_3 = 2,04 \text{ Вт}/\text{мК}$     $s_3 = 16,77 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ ;

2) Шар вапняно-цементної штукатурки:  $\rho_{ш} = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\delta_{ш} = 0,015 \text{ м}$ ,  
 $\lambda_{ш} = 0,87 \text{ Вт}/\text{мК}$ ,  $s_{ш} = 9,6 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ .

3) Утеплювач- плити пінополістерольні:  $\rho_{п} = 15 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda_{п} = 0,037 \text{ Вт}/\text{мК}$ ,  
 $s_{п} = 0,28 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ ;

Визначаємо теплову інерцію покриття за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_{ip} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot s_{ip} = \frac{0,22}{2,04} \cdot 16,77 + \frac{0,015}{0,87} \cdot 9,6 = 1,97 > 1,5$$

Визначаємо потрібну товщину утеплювача за формулою:

$$\delta_{yt,min} = \lambda_{yt} \cdot \left( R_{qmin} - \frac{1}{\alpha_{вн}} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \right) = 0,173 \text{ м} \quad (2.9)$$

Приймаємо  $\delta_{yt} = 0,180 \text{ м}$ ;

Визначаємо дійсний опір теплопередачі горищного перекриття:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{1}{\alpha_{вн}} = 5,15 \frac{m^2 \cdot K}{W} > 1,6 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad (2.10)$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{5,15} = 0,19 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.11)$$

### Перекриття над проїздами

Розрахунок перекриття над проїздами.

$\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні ог. конструкції;

$\alpha_{\text{зов}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні ог. конструкції;

Перекриття над проїздами складається з таких шарів:

1) Залізобетон :  $\rho_3 = 2400 \text{ кг}/\text{м}^3$   $\delta_3 = 0,22 \text{ м}$   $\lambda_3 = 2,04 \text{ Вт}/\text{мК}$   $s_3 = 16,77 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ;

2) Цементно-піщана стяжка:  $\rho_{\text{ш}} = 1600 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\delta_{\text{ш}} = 0,05 \text{ м}$ ,  $\lambda_{\text{ш}} = 0,81 \text{ Вт}/\text{мК}$ ,  
 $s_{\text{ш}} = 8,69 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$

3) Покриття із лінолуму :  $\rho_{\text{п}} = 15 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\delta_{\text{п}} = 0,005 \text{ м}$   
 $\lambda_{\text{п}} = 0,037 \text{ Вт}/\text{мК}$ ,  $s_{\text{п}} = 4,56 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$

4) Утеплювач- плити пінополістерольні:  $\rho_{\text{ут}} = 15 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda_{\text{ут}} = 0,037 \text{ Вт}/\text{мК}$ ,  
 $S_{\text{ут}} = 0,28 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ;

Визначаємо теплову інерцію покриття за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_{ip} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot s_{ip} = 2,02 > 1,5 \quad (2.13)$$

Визначаємо розрахункову товщину утеплювача:

$$\delta_{\text{ут}, \text{min}} = \lambda_{\text{ут}} \cdot \left( R_{\text{qmin}} - \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \right) = 0,126 \quad (2.14)$$

Приймаємо  $\delta_{\text{ут}} = 0,130 \text{ м}$ ;

Визначаємо дійсний опір теплопередачі перекриття над проїздами:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{\text{ш}}}{\lambda_{\text{ш}}} + \frac{\delta_{\text{п}}}{\lambda_{\text{п}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 3,86 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} > 1,6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (2.15)$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{3,86} = 0,25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.16)$$

### **Розрахунок приведенного опору теплопередачі підлоги приміщень**

Коефіцієнти тепловіддачі для огорожувальної конструкції:  $\alpha_B=8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$   
 $\alpha_3=6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції промислових будинків:  $R_{q\min} = 1,8 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}$

1) Бетон КЛВ-15 :  $\rho_3= 2400 \text{ кг}/\text{м}^3$   $\delta_3= 0,1 \text{ м}$   $\lambda_3= 1,74 \text{ Вт}/\text{мК}$   $s_3=16,77 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ ;

2) Бетон КЛВ-7,5 :  $\rho_3= 2400 \text{ кг}/\text{м}^3$   $\delta_3= 0,1 \text{ м}$   $\lambda_3= 1,74 \text{ Вт}/\text{мК}$   $s_3=16,77 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ ;

3) Ущільнений щебнем ґрунт:

$\rho_3= 350 \text{ кг}/\text{м}^3$   $\delta_3= 0,1 \text{ м}$   $\lambda_3= 0,19 \text{ Вт}/\text{мК}$   $s_3= 2 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ .

Теплопередачу огорожувальних конструкцій, які контактують з ґрунтом, визначають згідно з EN ISO 13370, зокрема коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги,  $U_{equiv,k}$   $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$ , розраховують залежно від характеристичного параметру  $B'$ , м [17].

Характеристичний параметр  $B'$  визначаємо для приміщення пошти як відношення загальної площі першого поверху до половини периметру підлоги, який примикає до ґрунту (див. Рис.1), для будівлі в цілому. При цьому вважається, що теплопровідність ґрунту дорівнює  $\lambda_g = 2,0 \text{ Вт}/\text{м}\cdot^\circ\text{С}$ , а ефект бокової теплоізоляції не враховується.

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{11807}{0,5 \cdot 64} = 368,9 \quad (2.17)$$

Так, за характеристичним параметром  $B'$  коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги першого поверху визначається за даними наведеними на:

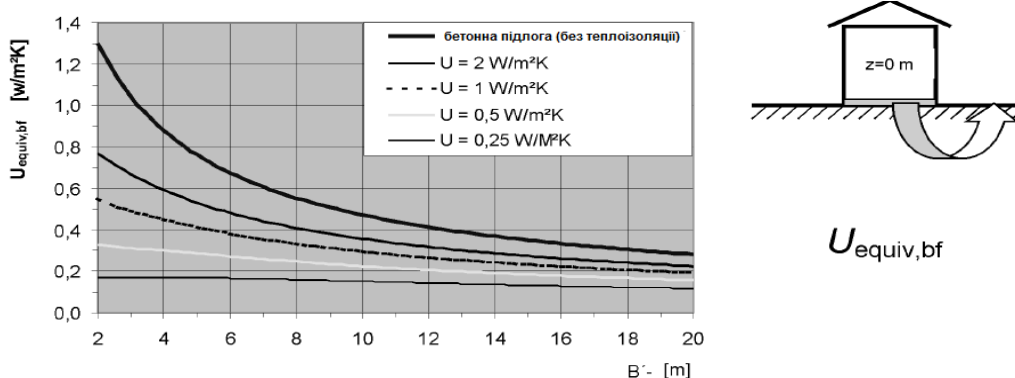


Рис 2.1. Коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги першого поверху, що розташована на рівні землі

Коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій  $U_k$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К) дорівнює:

$$U_k = 0,32 \quad (2.18)$$

Показники конструкцій зовнішніх і внутрішніх огорожень, що беруться для будівництва, повинні забезпечувати умови експлуатації будівлі відповідно до нормативних вимог по теплосвоєнню поверхнею підлоги, повітропроникності та вологісному стану зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Теплова інерція бетону:

$$D_{пп} = R_{пп} \cdot s_{пп} = \frac{0,1}{1,74} \cdot 16,77 = 0,96 \geq 0,5 \quad (2.19)$$

Визначаємо теплосвоєння внутрішньої поверхні за формулою:

$$Y_{пп} = 2 \cdot s_{пп} = 2 \cdot 16,77 = 33,54 \geq 17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.20)$$

Оскільки умова не дотримується кладемо на робочих місцях плити з жорсткого пінополіуритану.

Теплова інерція жорсткого пінополіуритану:

$$D_{пп} = R_{пп} \cdot s_{пп} = \frac{0,04}{0,18} \cdot 3,87 = 0,86 \geq 0,5 \quad (2.21)$$

Визначаємо теплосвоєння внутрішньої поверхні за формулою:

$$Y_{пп} = 2 \cdot s_{пп} = 2 \cdot 3,87 = 7,74 < 17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.22)$$

### Вікна

Коефіцієнти тепловіддачі для огорожувальної конструкції:  $\alpha_b=8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>К)  
 $\alpha_3=23$  Вт/(м<sup>2</sup>К)

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції промислових будинків:  $R_{qmin} = 0,52$  м<sup>2</sup>К/Вт

Беремо вікна з двокамерними склопакетами 4М1-16-4М1-16-4М1 (додаток Г)/3/:

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{0,52} = 2,128 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.23)$$

За розподілом теплового напору повітря можна розподілити будівлю на дві зони: нижню (зона притоку повітря) і верхню (зона витоку повітря), що розділені нейтральною площиною, де тепловий напір дорівнює нулю.

Мета розрахунку: перевірити непрозорі та світлопрозорі огорожувальні конструкції промислової споруди на відповідність умов:

$$R_g \geq R_{g,n},$$

де  $R_g$  – опір повітропроникності огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ ;  $R_{g,n}$  – необхідний опір повітропроникності,  $(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}) / \text{кг}$ .

1. Визначаємо розрахункову суму тисків  $\Delta P$ , Па, за формулою:

$$\Delta P = \Delta P_{T,\Gamma} + \Delta P_B,$$

де  $\Delta P_{T,\Gamma}$  – термогравітаційний напір, Па;  $\Delta P_B$  – вітровий напір, Па;

• Термогравітаційний тиск визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{T,\Gamma} = (H - h_i)(\gamma_3 - \gamma_B) = (7,1 - 3,55)(13,6 - 12,0) = 5,7 \text{ Па}, \quad (2.24)$$

де  $H$  – висота будівлі (від рівня підлоги першого поверху до верху карнизу, центру витяжних отворів ліхтаря або виходу витяжної шахти), м;  $h_i$  – висота від рівня підлоги першого поверху до середини огорожувальної конструкції  $i$ -го поверху, для якої виконується розрахунок, м;  $\gamma_3, \gamma_B$  – питома вага відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря,  $\text{Н} / \text{м}^3$ :

$$\gamma_3 = \frac{353}{273+t_3} = \frac{3463}{273-18} = 13,6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3} \quad (2.25)$$

$$\gamma_B = \frac{353}{273+t_B} = \frac{3463}{273+16} = 12,0 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3} \quad (2.26)$$

• Вітровий тиск визначаємо за формулою:

$$\Delta P_B = 0,03 \cdot v^2 \cdot \gamma_3 \cdot \beta_V = 0,03 \cdot 4,1^2 \cdot 13,6 \cdot 0,4 = 2,7 \text{ Па}, \quad (2.27)$$

де  $v$  – максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с, повторюваність яких складає 16 % та більше/4/;  $\beta_v$  – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі, який береться за табл.3/5/.

Тоді,  $\Delta P = 5,7 + 2,7 = 8,4$  Па

2. Визначаємо опори паропроникності  $R_{g_n}^{н.к}$  та  $R_{g_n}^{с.к}$  :

– для непрозорих огорожень :

$$R_{g_n}^{н.к} = \frac{\Delta P}{G_n} = \frac{8,4}{1} = 8,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}, \quad (2.28)$$

де  $G_n$  – допустима повітропроникність огорожувальної конструкції, для зовнішніх непрозорих конструкцій  $G_n = 1$  кг/(м<sup>2</sup>·год), таб.7/3/.

– для світлопрозорих огорожень :

$$R_{g_n}^{н.к} = \frac{\left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0}\right)^{2/3}}{G_n} = \frac{\left(\frac{8,4}{10}\right)^{2/3}}{10} = 0,089 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}, \quad (2.29)$$

де  $G_n$  – допустима повітропроникність огорожувальної конструкції, для зовнішніх світлопрозорих конструкцій  $G_n = 10$  кг/(м<sup>2</sup>·год), таб.7/3/;  $\Delta p_0 = 10$  Па – різниця тисків на поверхнях огороження, за якої визначається масова повітропроникність світлопрозорої конструкції під час випробувань.

3. Визначаємо дійсні опори повітропроникності для непрозорих огорожень за:

1) Залізобетон :  $\delta_3 = 0,3$  м  $R_g = 58860$  (м<sup>2</sup> · год · Па)/кг

2) Утеплювач- плити пінополістерольні:  $\delta_3 = 0,07$  м  $R_g = 79$  (м<sup>2</sup> · год · Па)/кг

3) Розчин вапняно-піщаний:  $\delta_{ш} = 0,015$  м  $R_g = 142$  (м<sup>2</sup> · год · Па)/кг

Отже, для непрозорих огорожувальних конструкцій:

$$R_g = R_{g1} + R_{g2} + R_{g3} = 58860 + 79 + 142 = 59081 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \quad (2.31)$$

$$R_{g_n}^{н.к} = 8,4 \leq R_g = 59081 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} \quad (2.32)$$

Висновок: непрозорі частини огорожувальної конструкції задовольняють умовам повітропроникності.

## Підбір огорожувальних конструкцій

Найменування огорожувальної конструкції	Опір теплопередачі, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$		Коефіцієнт теплопередачі $U_k, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$	Опис конструкції	$\delta_{\text{заг}}, \text{М}$
	$R_{q \text{ min}}$	$D_k$			
<u>Зовнішня стіна</u>	3,5	3,54	0,282	Кладка із суцільної глиняної звичайної цегли на цементно-перлітовому розчині $\delta=0,51\text{м}$ із внутрішньою вапняно-цементною штукатуркою $\delta=0,015\text{м}$ та утеплювачем із плит пінополістиролу екструзійних $\delta_{\text{ут}}=0,09\text{м}$	0,615
<u>Суміщені покриття</u>	5,35	5,51	0,181	Гравій на бітумній мастиці $d=10\text{мм}$ , гідроізоляція, цементно-пісчана стяжка $d = 15\text{мм}$ , утеплювач із пінополістиролу $\delta_{\text{ут}}=190 \text{ мм}$ , пароізоляція, залізобетонна багатопустотна панель $d=220\text{мм}$	0,440
<u>Перекриття неопалювальних горщиків</u>	4,95	5,15	0,194	Багатопустотні залізобетонні панелі $d=220 \text{ мм}$ з утеплювачем із пінополістиролу плит $d=180 \text{ мм}$	0,400
<u>Перекриття над проїздами</u>	3,75	3,86	0,259	Лінолеум на мастиці, стяжка з легкого бетону $d=50\text{мм}$ , гідроізоляція,	0,375

				утеплювач із пінополістиролу, пароізоляція, багатопустотна залізобетонна панель d=220 мм	
<u>Вікна та болконні двері</u>	0,75	0,77	1,299	Віконні блоки із ПВХ з двокамерними склопакетами (Rehau evro-design 70)	-
<u>Зовнішні двері</u>	0,50	0,64	1,563	Потрійні зовнішні дерев"яні двері	-
<u>Підлога:</u>					
<u>1</u>	-	5,85	0,171	Бетон КЛ В 15, бетонна підготовка кл В7.5 - 100мм, ущільнений щебенем грунт	0,200
<u>2</u>	-	2,12	0,472		
<u>3</u>	-	3,50	0,286		
<u>ЛХ-1</u>	-	3,64	0,275		
<u>4</u>	-	3,64	0,275		
<u>5</u>	-	3,64	0,275		
<u>СК-1</u>	-	3,64	0,275		
<u>6</u>	-	2,39	0,418		
<u>СК-2</u>	-	2,32	0,432		
<u>ЛХ-2</u>	-	3,47	0,288		
<u>7</u>	-	3,64	0,275		
<u>8</u>	-	3,64	0,275		
<u>9</u>	-	3,64	0,275		
<u>СК-3</u>	-	3,64	0,275		
<u>10</u>	-	2,39	0,418		

### 2.2.2. Тепловтрати приміщень

#### Види тепловтрат приміщень

Тепловий баланс між тепловтратами та теплонадходженнями приміщень визначає тепловий режим будівлі. Теплонадходженнями та тепловтратами в приміщеннях вважають:

- трансмісійні тепловтрати через будівельні конструкції між опалювальними приміщеннями та зовнішнім повітрям, ґрунтом, неопалювальним або меншою температурою приміщенням, тощо;

- тепловтрати необхідні на нагрівання вантажу, обладнання та транспорту;
- тепловтрати необхідні на нагрівання інфільтраційного повітря, яке надходить з систем вентиляції;
- витрати теплоти на компенсацію роботи періодичної системи опалювання.

Розрахунок трансмісійних тепловтрат:

Тепловтрати приміщення за рахунок теплообміну через його огороження розраховуються за розрахунковими значеннями  $\Phi_{T,i}$ , Вт, з урахуванням основних можливих конфігурацій розташування приміщення, які визначаються за формулою:

$$\Phi_{T,i} = (N_{T,ie} + N_{T,ij} + N_{T,iue} + N_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (2.33)$$

де  $N_{T,ie}$  – показник трансмісійних тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції приміщення, Вт/°С;  $N_{T,ij}$  – показник трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через огорожувальну конструкцію до суміжного опалюваного приміщення з іншою розрахунковою температурою, Вт/°С;  $N_{T,iue}$  – показник трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через неопалюване приміщення на вулицю, Вт/°С;  $N_{T,ig}$  – показник трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції до ґрунту, Вт/°С;  $\theta_{int,i}$  – розрахункова температура внутрішнього повітря ([1], дод. А, табл. А1), °С;  $\theta_e$  – температура зовнішнього повітря, °С.

У холодний період року для опалюваних виробничих приміщень під час їх невикористання (в режимі очікування) приймають розрахункову температуру внутрішнього повітря нижче нормованої не більше, ніж на 4 °С, але не менше, ніж 5 °С в виробничих приміщеннях.

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення через зовнішні огороження.

Характеристику трансмісійних тепловтрат через зовнішні огороження та елементи будівельних конструкцій приміщення  $N_{T,ie}$ , [Вт/°С], розраховують за формулою:

$$N_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l, \text{ Вт/}^\circ\text{С}, \quad (2.34)$$

де  $A_k$ - площа теплопередачі будівельної конструкції, [м<sup>2</sup>];  $U_k$ - коефіцієнт теплопередачі від внутрішнього до зовнішнього повітря, через огорожувальну конструкцію [Вт/(м<sup>2</sup>·°К)];  $\psi_1$  – за ДСТУ Б В2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» - лінійний коефіцієнт теплопередачі 1-го елемента лінійного теплового мосту конструкції огороження,[м];

$e_k, e_1$ - поправочні коефіцієнти що враховують випромінюючі властивості поверхні огороження, з урахуванням впливу типу ізоляції, вологості ізоляції, умов мікроклімату, температури повітря та його швидкості.

Характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції приміщення до масиву землі  $H_{T,ig}$  знаходиться за формулою:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w, \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}}, \quad (2.35)$$

де  $f_{g1} = 1,45$  – коригувальний коефіцієнт, який враховує сезонні зміни температури ґрунту (за відсутності національних даних);  $G_w$  – коефіцієнт корекції, який враховує вплив ґрунтових вод (коли рівень ґрунтових вод знаходиться нижче плити підлоги)  $h_{г.в} > 1,0$  м  $G_w = 1,0$ ; при  $h_{г.в} \leq 1,0$  м  $G_w = 1,15$ );  $f_{g2}$  – коригувальний коефіцієнт для можливого зниження зовнішньої температури, який враховує різницю між середнім коливанням і розрахунковим значенням температури зовнішнього повітря (середню амплітуду коливання), визначається за формулою:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{me}}{\theta_{int,i} - \theta_e},$$

де  $\theta_{me}$  – середньорічна температура зовнішнього повітря, °С.

Тепловтрати на нагрівання вентиляційного повітря:

Тепловтрати на нагрів вентиляційного повітря для промислової частини розраховуємо за нижче викладеною методикою.

Тепловтрати на нагрівання вентиляційного повітря визначають за формулою:

$$\Phi_{вент} = 0,28 \cdot \sum Gi \cdot c \cdot (t_p - t_3) \quad (2.36)$$

де  $\sum Gi$  - сумарна кількість повітря, що надходить в приміщення через прозорі та непрозорі огорожувальні конструкції;

$c = 1,005$  кДж/(кг°С) - питома теплоємність повітря;

$\Sigma A1$  – зорієнтована в одному напрямі площа світлопрозорих конструкцій, [м<sup>2</sup>];

$\Sigma A2$  - площа зорієнтована в одному напрямі непрозорих конструкцій [м<sup>2</sup>];

$R_y = 0,7$  [м<sup>2</sup>\*год\*Па/кг]; - опір повітропроникності світлопрозорих конструкцій;

$\Delta p_o = 10$  [Па] - різниця тисків для світлопрозорих огорожувальних конструкцій;

$\Delta p_i$  - розрахункова різниця тисків повітря на зовнішній та внутрішній поверхнях огорожень;

$$\Delta p_i = (H-h_i) (g_z - g_v) + 0,03 g_z v^2 \beta_v - p_{int} \quad (2.37)$$

де  $H$  - висота об'єкту (від відмітки першого поверху до верху витяжної шахти), [м];

$h_i$  – висота від відмітки першого поверху до середини огорожувальної конструкції, для якої проводиться розрахунок, [м];

$g_z, g_v$  – питома вага зовнішнього та внутрішнього повітря, [Н/м<sup>3</sup>], і розраховується за формулами:

$$g_z = 3463 / (273+t_z), \quad g_v = 3463 / (273+t_v).$$

де  $t_z$  – розрахункове значення температури зовнішнього повітря, [оС];

$t_v$  - розрахункове значення температури внутрішнього повітря, [оС];

$v$  - максимальна із середніх швидкостей вітру за січень по румбам, [м/с], повторюваність яких сягає 16 % або більше, прийнята згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

$\beta_v$  – коефіцієнт, враховує зміну швидкості повітря яка залежить від висоти будівлі, і приймається згідно з табл. Т.1 ДБН В.2.6-31: 2021

$p_{int}$  – умовно постійний тиск повітря в приміщенні, вважаємо його рівним нулю.

Розрахунок тепловтрат на нагрів інфільтраційного повітря для адміністративної частини виконуємо за нижче викладеною методикою.

Для всіх опалювальних приміщень, що має одне або більшу кількість вікон чи балконних дверей в зовнішніх стінах розраховують втрати теплоти  $\Phi_v$ , [Вт], виходячи із необхідності забезпечення підігріву зовнішнього повітря в об'ємі однократного повітрообміну в годину, за формулою:

$$Q_v = 0,28 C_{\Pi} \rho_{вн} A_{\Pi} h_{\Pi} K_e (t_{вн} - t_{зовн5}) K_{3,\Pi} \quad (2.38)$$

де 0,28 – коефіцієнт переводу з [кДж/год] у [Вт];  $C_p \approx 1$  [кДж/(кг·К)] – питома теплоємність повітря;  $\rho_{вн}$  – густина внутрішнього повітря, [кг/м<sup>3</sup>];  $A_{п}$  – площа підлоги, [м<sup>2</sup>];  $h_{п}$  – висота, [м];  $K_v = 1$  – кратність повітрообміну, [год<sup>-1</sup>];  $t_{вн}$  – розрахункова температура внутрішнього повітря приміщення, [0С];  $t_{зовн5}$  – температура найхолоднішої п’ятиденки, [0С];  $K_{з.п}$  – коефіцієнт урахування впливу зустрічного теплового потоку в конструкціях, і дорівнює 0,7 – приміщення з вікнами у потрійних рамах, 0,8 – приміщення для вікон і балконних дверей з роздільними рамами та 1 – приміщення для одинарних вікон і балконних дверей у спарених рамах.

Густину внутрішнього повітря, [кг/м<sup>3</sup>], визначають за формулою:

$$\rho_{вн} = \frac{353}{273 + t_{вн}} \quad (3.4)$$

Приміщення, в яких об’єм витяжки перевищує однократний повітрообмін, повинні, як правило, проектуватись з припливною вентиляцією підігрітим повітрям.

Втрати теплоти  $Q_v$  на нагрівання зовнішнього повітря, що подається у холи та сходові клітки будинків через зовнішні двері якщо вони відчиненні і якщо немає повітряно-теплових завіс, розраховують за формулою

$$Q_v = 0,7 B_v (H + 0,8p)(t_{вн} - t_{зовн5}), \quad (2.39)$$

де  $H$  – висота будинку (на рівні землі та до оголовка витяжної шахти), [м];  $p$  – кількість людей, що знаходяться в споруді;  $B_v$  – коефіцієнт, враховує кількість вхідних тамбурів і приймається  $B_v = 1$  при одному тамбурі, або при двох тамбурах –  $B_v = 0,6$ .

Розрахунок тепловтрат будівлі виконуємо у табличному вигляді (табл. 2.4.).

Коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря що залежить від висоти споруди для наступних зон: Місце обміну автотранспорту -  $\beta_v = 0,55$ ; ПМПВ -  $\beta_v = 0,55$ ; Склад/база роздрібу -  $\beta_v = 0,4$ ; Міжнародний цех -  $\beta_v = 0,55$ ;

Питома вага зовнішнього повітря:  $g_z = 13,7$  Н/м<sup>3</sup>

Питома вага внутрішнього повітря: Місце обміну з автотранспортом:  $g_b = 11,9$  Н/м<sup>3</sup>; ПМПВ:  $g_b = 11,9$  Н/м<sup>3</sup>; Склад/база роздрібу:  $g_b = 11,9$  Н/м<sup>3</sup>; Міжнародного цеху:  $g_b = 11,9$  Н/м<sup>3</sup>.

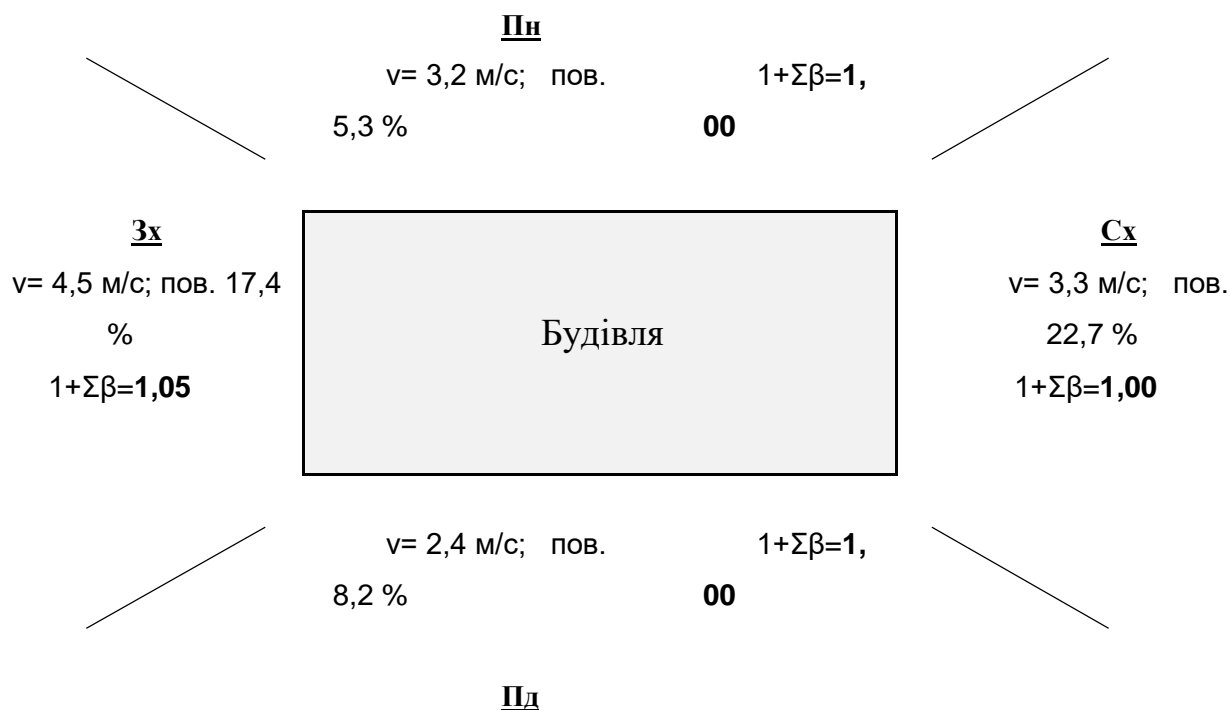


Рис 2.3. Розташування приміщень у будівлі та їх орієнтація

Визначаємо розрахункову різницю тисків на внутрішніх та зовнішніх поверхнях огорожень:

Місце обміну з автотранспортом

ЗС → Пд:  $\Delta p_i = 34,9$  Па; ДВ → Пд: друге світло  $\Delta p_i = 31,4$  Па

ПМПВ

ЗС → Пд:  $\Delta p_i = 23,8$  Па; ДВ → Пд:  $\Delta p_i = 25,4$  Па, друге світло  $\Delta p_i = 19,5$  Па

Склад/база роздрібу

ЗС → Пд:  $\Delta p_i = 10,3$  Па; ДВ → Пд:  $\Delta p_i = 11,9$  Па, друге світло  $\Delta p_i = 5,9$  Па

Міжнародний цех

ЗС → Пд:  $\Delta p_i = 12,6$  Па; ДВ → Пд:  $\Delta p_i = 13,5$  Па, друге світло  $\Delta p_i = 7,5$  Па

Витрата інфільтраційного повітря

Місце обміну з автотранспортом:  $\sum A_1 = 76$  м<sup>2</sup>,  $\sum A_2 = 263$  м<sup>2</sup>,  $G_H = 1$  кг/(м<sup>2</sup> год),  
 $G_{\text{інф}} = 840$  кг/год,  $Q_{\text{інф}} = 9050$  Вт

ПМПВ:  $\sum A1 = 76 \text{ м}^2$ ,  $\sum A2 = 76 \text{ м}^2$ ,

Міжнародного цеху:  $g_b = 11,9 \text{ Н/м}^3$ ,  $\sum A3 = 188 \text{ м}^2$ ,  $G_H = 1 \text{ кг/(м}^2 \text{ год)}$ ,  $G_{\text{інф}} = 708 \text{ кг/год}$ ,  $Q_{\text{інф}} = 7625 \text{ Вт}$ .

Склад/база роздрібу:  $\sum A1 = 34 \text{ м}^2$ ,  $\sum A2 = 34 \text{ м}^2$ ,  $\sum A3 = 85 \text{ м}^2$ ,  $G_H = 1 \text{ кг/(м}^2 \text{ год)}$ ,  $G_{\text{інф}} = 175 \text{ кг/год}$ ,  $Q_{\text{інф}} = 1880 \text{ Вт}$ .

Міжнародной цех:  $\sum A1 = 76 \text{ м}^2$ ,  $\sum A2 = 76 \text{ м}^2$ ,  $\sum A3 = 187 \text{ м}^2$ ,  $G_H = 1 \text{ кг/(м}^2 \text{ год)}$ ,  $G_{\text{інф}} = 440 \text{ кг/год}$ ,  $Q_{\text{інф}} = 4760 \text{ Вт}$ .

### Розрахунок нестационарних тепловтрат

Місце відвантаження автотранспорту

Тепловтрати на нагрівання матеріалів:

$$Q_M = 0,278 * G_M * c_M * (t_b - t_M) * \beta, \quad (2.40)$$

де  $G_M = 1500 \text{ кг/год}$  - кількість матеріалу (деревини);

$C_M = 2,3 \text{ кДж/(кг}^\circ\text{С)}$  - питома теплоємність матеріалу;

$t_b = 18 \text{ }^\circ\text{С}$  - температура внутрішнього повітря

$t_M$  -  $^\circ\text{С}$  - температура матеріалу.

Для паперу як несипучого матеріалу температура при надходженні в приміщення приймаємо

на  $10 \text{ }^\circ\text{С}$  - вище за температуру зовнішнього повітря.

$$t_M = t_{\text{ext}} + 10 = -10 \text{ }^\circ\text{С}$$

$\beta$  - коефіцієнт, що враховує нерівномірність теплообміну в часі;

Для паперу приймаємо:  $\beta = 0,15$

$$Q_M = 26855 \text{ Вт.}$$

У тепловий баланс приміщення, дані тепловтрати не враховуємо, оскільки вони носять не постійний характер, тому опалювальні прилади в приміщення обміну з автотранспортом не враховуємо і розраховуємо на стаціонарний режим, а на покриття тимчасових тепловтрат встановлюємо повітряно-опалювальні агрегати.

## Розрахунок тепловтрат приміщень будівлі

Приміщення		Огородження							$(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовніз}})n, \text{ } ^\circ\text{C}$	$1 + \Sigma\beta$	Тепловтрати, Вт		
№ п/п	$t_{\text{вн}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	Позначення	Орієнтація	Розміри ахв, м		Кількість n, шт	A, м <sup>2</sup>	K, Вт/м <sup>2</sup> ·°C			$\Phi_{\text{ог}}$	$\Phi_{\text{інф}}$	$\Phi_{\text{заг}}$
1	2	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
1													
Місце обміну автотранспорту	18,7	ЗС	Пн	54,4	х	6,2	1	337,3	0,299	38,8	1,00	3913,6	
	18,0	ДВ	Пн	5,6	х	1,5	3	25,2	0,999	38,0	1,00	956,9	
	18,0	Д	Пн	2,0	х	2,5	1	5,0	1,263	38,0	1,00	239,9	
	18,0	В	Пн	3,0	х	3,0	1	9,0	1,263	38,0	1,00	431,9	
	18,5	ДВ	Пн	5,6	х	1,5	3	25,2	0,999	38,6	1,00	971,8	
	18,7	ЗС	Пд	54,4	х	6,2	1	337,3	0,299	38,8	1,00	3913,6	
	18,0	ВО	Пд	5,6	х	1,5	12	100,8	1,263	38,0	1,00	4838,1	
	18,5	ДВ	Пд	5,6	х	1,5	9	75,6	0,999	38,6	1,00	2915,6	
	18,0	П	-	54,4	х	24,5	1	1332,8	0,171	38,0	1,00	8662,5	
											26844,5	9045,8	35900
2													
Кабінет	20,0	ЗС	Пн	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	40,0	1,00	233,8	
	20,0	ЗС	Зх	3,4	х	3,1	1	10,5	0,299	40,0	1,05	132,5	
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9	
	20,0	П	-	6,3	х	3,4	1	21,4	0,472	40,0	1,00	404,3	
											896,6	697,1	1600
3													
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	3,3	х	3,1	1	10,2	0,299	40,0	1,05	128,6	
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9	
	20,0	П	-	3,3	х	6,3	1	20,8	0,418	40,0	1,00	347,8	
											602,4	676,6	1280
ЛХ-1													
ЛХ-1	18,0	ЗС	Зх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	38,0	1,05	114,8	
	18,0	П	-	3,1	х	6,3	1	19,5	0,275	38,0	1,00	204,0	
											318,9	608,0	930
4													
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	40,0	1,05	120,8	
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9	
	20,0	П	-	3,1	х	6,3	1	19,5	0,275	40,0	1,00	214,8	
											461,6	635,6	1100
5													
Караульне приміщення	20,0	ЗС	Зх	6,0	х	3,1	1	18,6	0,299	40,0	1,05	233,8	
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	2	6,0	0,999	40,0	1,05	251,8	
	20,0	П	-	6,0	х	6,3	1	37,8	0,275	40,0	1,00	415,8	

												901,5	1230,3	2140
6														
Венткамера	18,0	ЗС	Зх	6,2	х	3,1	1	19,2	0,299	38,0	1,05	229,6		
	18,0	ЗС	Пд	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	38,0	1,00	222,1		
	18,0	Д	Пд	1,0	х	2,2	1	2,2	1,263	38,0	1,00	105,5		
	18,0	ЗС	Сх	2,5	х	3,1	1	7,8	0,299	38,0	1,00	88,1		
	18,0	П	-	6,2	х	6,3	1	39,1	0,418	38,0	1,00	620,8		
												1266,4	1216,0	2490
ЛХ-2														
ЛХ-2	18,0	ЗС	Сх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	38,0	1,00	109,3		
	18,0	П	-	3,1	х	6,3	1	19,5	0,288	38,0	1,00	213,6		
												323,0	608,0	940
7														
Сан-вузол	18,0	ЗС	Сх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	38,0	1,00	109,3		
	18,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	38,0	1,00	113,9		
	18,0	П	-	3,1	х	6,3	1	19,5	0,275	38,0	1,00	204,0		
												427,4	0,0	430
8														
Кабінет	20,0	ЗС	Сх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	40,0	1,00	115,0		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
	20,0	П	-	3,1	х	6,3	1	19,5	0,275	40,0	1,00	214,8		
												449,8	635,6	1090
8														
Кабінет	20,0	ЗС	Сх	6,0	х	3,1	1	18,6	0,299	40,0	1,00	222,7		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	2	6,0	0,999	40,0	1,00	239,8		
	20,0	П	-	6,0	х	6,3	1	37,8	0,275	40,0	1,00	415,8		
												878,4	1230,3	2110
10														
Венткамера	18,0	ЗС	Сх	6,2	х	3,1	1	19,2	0,299	38,0	1,00	218,6		
	18,0	ЗС	Пд	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	38,0	1,00	222,1		
	18,0	Д	Пд	1,0	х	2,2	1	2,2	1,263	38,0	1,00	105,5		
	18,0	ЗС	Зх	2,5	х	3,1	1	7,8	0,299	38,0	1,05	92,5		
	18,0	П	-	6,2	х	6,3	1	39,1	0,418	38,0	1,00	620,8		
												1259,9	0,0	1260
11														
Кабінет	20,0	ЗС	Пн	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	40,0	1,00	233,8		
	20,0	ЗС	Зх	3,4	х	3,1	1	10,5	0,299	40,0	1,05	132,5		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												492,3	615,1	1110
12														
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	3,3	х	3,1	1	10,2	0,299	40,0	1,05	128,6		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												254,6	322,2	580
ЛХ-201														

ЛХ-201	18,0	ЗС	Зх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	38,0	1,05	114,8		
												114,8	289,5	410
13														
Кабинет	20,0	ЗС	Зх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	40,0	1,05	120,8		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												246,8	302,7	550
14														
Кабинет	20,0	ЗС	Зх	6,0	х	3,1	1	18,6	0,299	40,0	1,05	233,8		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	2	6,0	0,999	40,0	1,05	251,8		
												485,7	585,8	1080
15														
Кладова	18,0	ЗС	Зх	6,2	х	3,1	1	19,2	0,299	38,0	1,05	229,6		
	18,0	ДВ	Зх	1,0	х	1,5	2	3,0	0,999	38,0	1,05	119,6		
	18,0	ЗС	Пд	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	38,0	1,00	222,1		
	18,0	ДВ	Пд	1,0	х	1,5	2	3,0	0,999	38,0	1,00	113,9		
	18,0	ЗС	Сх	2,5	х	3,1	1	7,8	0,299	38,0	1,00	88,1		
											773,5	0,0	780	
ЛХ-202														
ЛХ-202	18,0	ЗС	Сх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	38,0	1,00	109,3		
												109,3	289,5	400
16														
Сан-вузол	18,0	ЗС	Зх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	38,0	1,05	114,8		
	18,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	38,0	1,05	119,6		
												234,4	0,0	240
17														
Кабинет	20,0	ЗС	Зх	9,1	х	3,1	1	28,2	0,299	40,0	1,05	354,7		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	3	9,0	0,999	40,0	1,05	377,7		
												732,5	888,5	1630
18														
Кладова	18,0	ЗС	Сх	6,2	х	3,1	1	19,2	0,299	38,0	1,00	218,6		
	18,0	ЗС	Пд	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	38,0	1,00	222,1		
	18,0	ДВ	Пд	1,0	х	1,5	1	1,5	0,999	38,0	1,00	56,9		
	18,0	ЗС	Сх	2,5	х	3,1	1	7,8	0,299	38,0	1,00	88,1		
											586,0	0,0	590	
19														
ПМПВ	18,2	ЗС	Пн	54,4	х	3,1	1	168,6	0,299	38,2	1,00	1928,6		
	18,2	ЗС	Пн	60,4	х	3,1	1	187,2	0,299	38,2	1,00	2141,8		
	18,0	ДВ	Пн	5,6	х	1,5	9	75,6	0,999	38,0	1,00	2870,7		
	18,5	ДВ	Пн	5,6	х	1,5	10	84,0	0,999	38,6	1,00	3239,6		
	18,7	ЗС	Пд	54,4	х	6,2	1	337,3	0,299	38,8	1,00	3913,6		
	18,0	ДВ	Пд	5,6	х	1,5	9	75,6	0,999	38,0	1,00	2870,7		
	18,5	ДВ	Пд	5,6	х	1,5	9	75,6	0,999	38,6	1,00	2915,6		
	19,5	СП	-	60,4	х	18,8	1	1135,5	0,181	39,5	1,00	8142,7		
18,0	ПНП	-	54,4	х	24,8	1	1349,1	0,259	38,0	1,00	13281,5			

												41304,8	7622,6	48930
20	+ приміщення 21													
Склад/база роздрібу	18,7	ЗС	Пн	24,4	х	6,2	1	151,3	0,299	38,8	1,00	1755,3		
	18,0	ДВ	Пн	5,6	х	1,5	4	33,6	0,999	38,0	1,00	1275,9		
	18,5	ДВ	Пн	5,6	х	1,5	4	33,6	0,999	38,6	1,00	1295,8		
	18,7	ЗС	Зх	24,8	х	6,2	1	153,8	0,299	38,8	1,05	1873,3		
	18,7	ЗС	Пд	24,4	х	6,2	1	151,3	0,299	38,8	1,00	1755,3		
	18,0	ДВ	Пд	5,6	х	1,5	4	33,6	0,999	38,0	1,00	1275,9		
	18,5	ДВ	Пд	5,6	х	1,5	4	33,6	0,999	38,6	1,00	1295,8		
	19,5	СП	-	24,4	х	24,8	1	605,1	0,181	39,5	1,00	4339,2		
	18,0	ПНП	-	24,4	х	24,8	1	605,1	0,259	38,0	1,00	5957,1		
												20824,1	1876,0	22710
22														
Кабінет	20,0	ЗС	Пн	6,0	х	3,1	1	18,6	0,299	40,0	1,00	222,7		
	20,0	ДВ	Пн	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
	20,0	ПНП	-	6,0	х	6,2	1	37,2	0,259	40,0	1,00	385,4		
												728,2	195,3	930
22														
Кабінет	20,0	ПНП	-	6,0	х	6,0	2	72,0	0,259	40,0	1,00	746,1		
												746,1	195,3	950
23														
Склад	18,0	ПНП	-	3,0	х	6,0	2	36,0	0,259	38,0	1,00	354,4		
												354,4	0,0	360
24														
Кладова	18,0	ПНП	-	3,0	х	6,0	2	36,0	0,259	38,0	1,00	354,4		
												354,4	0,0	360
25/1														
Відділ зв'язку	20,0	ЗС	Зх	2,9	х	3,1	1	9,0	0,299	40,0	1,05	113,0		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												239,0	94,4	340
25/2														
Експедиція	20,0	ЗС	Зх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	40,0	1,05	120,8		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												246,8	100,9	350
ЛХ-301														
ЛХ-301	18,0	ЗС	Сх	6,0	х	3,1	1	18,6	0,299	38,0	1,00	211,6		
	18,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	38,0	1,05	119,6		
												331,2	560,4	900
26														
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,05	116,9		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												242,9	97,6	350
27														
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,05	116,9		

	20,0	ДВ	3х	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												242,9	97,6	350
28														
Венткамера	18,0	3С	3х	6,2	х	3,1	1	19,2	0,299	38,0	1,05	229,6		
	18,0	3С	Пд	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	38,0	1,00	222,1		
	18,0	Д	Пд	1,0	х	2,2	1	2,2	1,263	38,0	1,00	105,5		
	18,0	3С	Сх	2,5	х	3,1	1	7,8	0,299	38,0	1,00	88,1		
												645,6	0,0	650
29														
Кабинет	20,0	3С	Пн	6,2	х	3,1	1	19,2	0,299	40,0	1,00	230,1		
	20,0	3С	Сх	18,2	х	3,1	1	56,4	0,299	40,0	1,00	675,6		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	2	6,0	0,999	40,0	1,00	239,8		
	20,0	ПНП	-	18,2	х	6,2	1	112,8	0,259	40,0	1,00	1169,3		
												2315,0	201,8	2520
30														
Кладова	18,0	3С	Пн	2,9	х	3,1	1	9,0	0,299	38,0	1,00	102,2		
	18,0	ПНП	-	2,9	х	6,2	1	18,0	0,259	38,0	1,00	177,0		
												279,3	0,0	280
31														
Кабинет	20,0	3С	Пн	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	40,0	1,00	115,0		
	20,0	ПНП	-	3,1	х	6,2	1	19,2	0,259	40,0	1,00	199,1		
												314,3	100,9	420
32														
Кабинет	20,0	3С	Пн	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
												231,3	97,6	330
ЛХ-302														
ЛХ-302	18,0	3С	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	38,0	1,00	105,8		
												105,8	280,2	390
33														
Сан-вузол	18,0	3С	Пн	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	38,0	1,00	105,8		
	18,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	38,0	1,00	113,9		
												219,7	0,0	220
34														
Кабинет	20,0	3С	Пн	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
												231,3	97,6	330
35														
Кабинет	20,0	3С	Пн	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
												231,3	97,6	330
35														
Кабинет	20,0	3С	Пн	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		

												231,3	97,6	330
40														
Кабінет	20,0	ЗС	Пн	3,0	x	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	x	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
												231,3	97,6	330
41														
Венткамера	18,0	ЗС	Сх	6,2	x	3,1	1	19,2	0,299	38,0	1,00	218,6		
	18,0	ЗС	Пд	6,3	x	3,1	1	19,5	0,299	38,0	1,00	222,1		
	18,0	Д	Пд	1,0	x	2,2	1	2,2	1,263	38,0	1,00	105,5		
	18,0	ЗС	Сх	2,5	x	3,1	1	7,8	0,299	38,0	1,00	88,1		
												634,6	0,0	640
42														
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	3,0	x	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,05	116,9		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	x	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												242,9	97,6	350
43														
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	3,0	x	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,05	116,9		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	x	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												242,9	97,6	350
ЛХ-401														
ЛХ-401	18,0	ЗС	Зх	3,0	x	3,1	1	9,3	0,299	38,0	1,05	111,0		
												111,1		120
44														
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	3,0	x	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,05	116,9		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	x	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												242,9	97,6	350
45														
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	6,0	x	3,1	1	18,6	0,299	40,0	1,05	233,8		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	x	1,5	2	6,0	0,999	40,0	1,05	251,8		
												485,7	195,3	690
46														
Господарче приміщення	18,0	ЗС	Зх	6,2	x	3,1	1	19,2	0,299	38,0	1,05	229,6		
	18,0	ДВ	Зх	1,0	x	1,5	1	1,5	0,999	38,0	1,05	59,8		
	18,0	ЗС	Пд	6,3	x	3,1	1	19,5	0,299	38,0	1,00	222,1		
	18,0	ДВ	Пд	1,0	x	1,5	1	1,5	0,999	38,0	1,00	56,9		
	18,0	ЗС	Сх	2,5	x	3,1	1	7,8	0,299	38,0	1,00	88,7		
												656,7	193,0	850
47														
Кабінет	20,0	ЗС	Пн	6,2	x	3,1	1	19,2	0,299	40,0	1,00	230,1		
	20,0	ЗС	Сх	24,4	x	3,1	1	75,6	0,299	40,0	1,00	905,8		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	x	1,5	2	6,0	0,999	40,0	1,00	239,8		
	20,0	СП	-	6,2	x	18,8	1	116,6	0,181	40,0	1,00	846,1		
												2222,1	201,8	2430
48														

Кабінет	20,0	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	2	6,0	0,999	40,0	1,00	239,8		
												351,2	97,6	450
ЛХ-402														
ЛХ-402	18,0	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	38,0	1,00	105,8		
												105,8	280,2	390
49														
Сан-вузол	18,0	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	38,0	1,00	105,8		
	18,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	38,0	1,00	113,92		
												219,7	0,0	220
50														
Архів	18,0	ЗС	Сх	9,0	х	3,1	1	27,9	0,299	38,0	1,00	317,4		
	18,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	3	9,0	0,999	38,0	1,00	341,7		
												659,2	0,0	660
51														
Господарче приміщення	18,0	ЗС	Сх	6,2	х	3,1	1	19,2	0,299	38,0	1,00	218,6		
	18,0	ЗС	Пд	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	38,0	1,00	222,1		
	18,0	Д	Пд	1,0	х	2,2	1	2,2	1,263	38,0	1,00	105,5		
	18,0	ЗС	Зх	2,5	х	3,1	1	7,8	0,299	38,0	1,05	92,5		
												639,0	193,0	840
52														
Міжнародний цех	18,76	ЗС	Пн	60,6	х	6,2	1	375,7	0,299	38,8	1,00	4359,7		
	18,59	ДВ	Пн	5,6	х	1,5	8,5	71,4	0,999	38,6	1,00	2753,6		
	18,76	ЗС	Зх	15,4	х	6,2	1	95,5	0,299	38,8	1,05	1163,3		
	18,00	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	2	6,0	0,999	38,0	1,05	239,2		
	18,59	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	2	6,0	0,999	38,6	1,05	242,2		
	18,76	ЗС	Пд	54,4	х	6,2	1	337,3	0,299	38,8	1,00	3913,6		
	18,00	ДВ	Пд	5,6	х	1,5	9	75,6	0,999	38,0	1,00	2870,7		
	18,59	ДВ	Пд	5,6	х	1,5	9	75,6	0,999	38,6	1,00	2915,6		
	18,20	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	38,2	1,00	106,3		
	19,51	ГП	-	30,4	х	54,4	1	1725,8	0,194	35,6	1,00	11916,4		
											30481,8	4754,7	35240	
53														
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	2,9	х	3,1	1	9,0	0,299	40,0	1,05	113,0		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												239,0	94,4	340
54														
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	40,0	1,05	120,8		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												246,8	100,9	350
55														
Кабінет	20,0	ЗС	Зх	3,1	х	3,1	1	9,6	0,299	40,0	1,05	120,8		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
												246,8	100,9	350

56														
Венткамера	18,0	ЗС	Зх	6,2	х	3,1	1	19,2	0,299	38,0	1,05	229,6		
	18,0	ДВ	Зх	1,0	х	1,5	1	1,5	0,999	38,0	1,05	59,8		
	18,0	ЗС	Пд	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	38,0	1,00	222,1		
	18,0	ДВ	Пд	1,0	х	1,5	1	1,5	0,999	38,0	1,00	56,9		
	18,0	ЗС	Сх	2,5	х	3,1	1	7,8	0,299	38,0	1,00	88,1		
												656,7	0,0	660
56/1														
Кладова	18,0	ЗС	Пн	9,4	х	3,1	1	29,1	0,299	38,0	1,00	331,5		
	18,0	ЗС	Сх	9,4	х	3,1	1	29,1	0,299	38,0	1,00	331,5		
	18,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	38,0	1,00	113,9		
												777,0	0,0	780
57														
Сан-вузол	18,0	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	38,0	1,00	105,8		
	18,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	38,0	1,00	113,9		
												219,7	0,0	220
58														
Кабинет	20,0	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
												231,3	97,6	330
59														
Кабинет	20,0	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
												231,3	97,6	330
60														
Кабинет	20,0	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
												231,3	97,6	330
61														
Венткамера	18,0	ЗС	Сх	6,2	х	3,1	1	19,2	0,299	38,0	1,00	218,6		
	18,0	ЗС	Пд	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	38,0	1,00	222,1		
	18,0	ДВ	Пд	1,0	х	1,5	1	1,5	0,999	38,0	1,00	56,9		
	18,0	ЗС	Зх	2,5	х	3,1	1	7,8	0,299	38,0	1,05	92,5		
												590,4	0,0	600
62														
Кабинет	20,0	ЗС	Зх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,05	116,9		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,05	125,9		
	20,0	ГП	-	3,0	х	6,3	1	90,9	0,194	36,0	1,00	635,4		
												878,3	97,6	980
63														
Кабинет	20,0	ЗС	Зх	6,0	х	3,1	1	18,6	0,299	40,0	1,05	233,8		
	20,0	ДВ	Зх	2,0	х	1,5	2	6,0	0,999	40,0	1,05	251,8		
	20,0	ГП	-	6,0	х	6,3	1	109,8	0,194	36,0	1,00	767,5		
												1253,2	195,3	1450

64														
Кабінет	18,0	ЗС	Зх	6,2	х	3,1	1	19,2	0,299	38,0	1,05	229,6		
	18,0	ДВ	Зх	1,0	х	1,5	1	1,5	0,999	38,0	1,05	59,8		
	18,0	ЗС	Пд	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	38,0	1,00	222,1		
	18,0	ДВ	Пд	1,0	х	1,5	1	1,5	0,999	38,0	1,00	56,9		
	18,0	ЗС	Сх	2,5	х	3,1	1	7,8	0,299	38,0	1,00	88,1		
	18,0	ГП	-	6,2	х	6,3	1	39,1	0,194	34,2	1,00	259,3		
											916,1	193,0	1110	
65														
Кабінет	20,0	ЗС	Пн	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Пн	5,6	х	1,5	0,5	4,2	0,999	40,0	1,00	167,8		
	20,0	ГП	-	3,0	х	6,3	1	90,9	0,194	36,0	1,00	635,4		
											914,7	97,6	1020	
66														
Кабінет	20,0	ЗС	Пн	6,4	х	3,1	1	19,8	0,299	40,0	1,00	237,6		
	20,0	ЗС	Сх	6,4	х	3,1	1	19,8	0,299	40,0	1,00	237,6		
	20,0	ГП	-	6,4	х	6,4	1	113,0	0,194	36,0	1,00	789,6		
											1264,8	208,3	1480	
67														
Кабінет	20,0	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
	20,0	ГП	-	3,0	х	6,4	1	91,2	0,194	36,0	1,00	637,5		
											868,8	97,6	970	
68														
Сан-вузол	18,0	ЗС	Сх	2,9	х	3,1	1	9,0	0,299	38,0	1,00	102,2		
	18,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	38,0	1,00	113,9		
	18,0	ГП	-	2,9	х	6,4	1	90,6	0,194	34,2	1,00	601,3		
											817,6	0,0	820	
69														
Спальня	20,0	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
	20,0	ГП	-	3,0	х	6,4	1	91,2	0,194	36,0	1,00	637,5		
											868,8	97,6	970	
70														
Спальня	20,0	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
	20,0	ГП	-	3,0	х	6,4	1	91,2	0,194	36,0	1,00	637,5		
											868,8	97,6	970	
71														
Спальня	20,0	ЗС	Сх	3,0	х	3,1	1	9,3	0,299	40,0	1,00	111,3		
	20,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	1	3,0	0,999	40,0	1,00	119,9		
	20,0	ГП	-	3,0	х	6,4	1	91,2	0,194	36,0	1,00	637,5		
											868,8	97,6	970	
72														

Стальня	20,0	ЗС	Сх	6,2	х	3,1	1	19,2	0,299	40,0	1,00	230,1				
	20,0	ЗС	Пд	6,3	х	3,1	1	19,5	0,299	40,0	1,00	233,8				
	20,0	ДВ	Пд	1,0	х	1,5	1	1,5	0,999	40,0	1,00	59,9				
	20,0	ЗС	Сх	2,5	х	3,1	1	7,8	0,299	40,0	1,00	92,8				
	20,0	ГП	-	6,2	х	6,3	1	39,1	0,194	36,0	1,00	273,0				
											889,9	201,8	1100			
СК-1																
СК-1	18,0	ЗС	Зх	2,9	х	19,0	1	55,1	0,299	38,0	1,05	658,2				
	18,0	ДВ	Зх	1,0	х	1,5	6	9,0	0,999	38,0	1,05	358,8				
	18,0	П	-	2,9	х	6,4	1	18,6	0,275	38,0	1,00	193,9				
	18,0	ГП	-	2,9	х	6,4	1	18,6	0,194	34,2	1,00	123,2				
											1334,3	3194,7	4530			
СК-2																
СК-2	18,0	ЗС	Пн	6,4	х	6,2	1	39,7	0,299	38,0	1,00	451,4				
	18,0	ЗС	Сх	3,5	х	6,2	1	21,7	0,299	38,0	1,00	246,8				
	18,0	ДВ	Сх	2,0	х	1,5	2	6,0	0,999	38,0	1,00	227,8				
	18,0	П	-	6,4	х	3,5	1	22,4	0,432	38,0	1,00	367,6				
											1293,8	1598,7	2900			
СК-3																
СК-3	18,0	ЗС	Сх	2,9	х	19,0	1	55,1	0,299	38,0	1,00	626,8				
	18,0	ДВ	Сх	1,0	х	1,5	6	9,0	0,999	38,0	1,00	341,7				
	18,0	П	-	2,9	х	6,4	1	18,6	0,275	38,0	1,00	193,9				
	18,0	ГП	-	2,9	х	6,4	1	18,6	0,194	34,2	1,00	123,2				
											1285,9	3194,7	4490			
												Всього, Вт		212930		

### 2.2.3. Теплонадходження у приміщення

Теплонадходження від людей:

Повну кількість теплоти від людей, визначаємо за формулою:

$$Q_l^{hf} = \sum_{i=1}^n q_i^{hf} \cdot n_i \quad (2.41)$$

$n_i$  - люд - кількість робітників;

$q_{hfi}$  - питома виділення повної теплоти однією людиною, [Вт/люд]:

Оскільки об'єм всіх приміщень більше 40 м<sup>3</sup> тому в розрахунках враховуємо повні теплонадходження.

Місце відвантаження автотранспорту

$n_i = 40$  люд - кількість робітників цеху;

$t_{wz} = 18$  °С - температура в робочій зоні ;

при  $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  - теплонадходження людини:

$$q_{\text{hfi}} = 210 \text{ Вт/люд}$$

при  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  - теплонадходження від людини :

$$q_{\text{hfi}} = 205 \text{ Вт/люд}$$

$$q_{\text{hfi}} = 208 \text{ Вт/люд}$$

Повні теплонадходження від людей:

$$\text{Для холодного періоду року: } Q_{\text{hfi}} = 8300 \text{ Вт}$$

#### ПМПВ

$n_i = 30$  люд - кількість робітників;

$t_{\text{wz}} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$  - температура в робочій зоні приміщення;

при  $t = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$  - теплонадходження людини:

$$q_{\text{hfi}} = 207 \text{ Вт/люд}$$

Повні теплонадходження :

$$\text{Для холодного періоду року: } Q_{\text{hfi}} = 6210 \text{ Вт}$$

#### Склад база роздрібу

$n_i = 20$  люд - кількість робітників;

$t_{\text{wz}} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$  - температура в робочій зоні;

при  $t = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$  - теплонадходження від людини:

$$q_{\text{hfi}} = 207 \text{ Вт/люд}$$

Повні теплонадходження від людей:

$$\text{Для холодного періоду року: } Q_{\text{hfi}} = 4140 \text{ Вт}$$

#### Міжнародний цех

$n_i = 35$  люд - кількість робітників цеху;

$t_{\text{wz}} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$  - температура в робочій зоні;

при  $t = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$  - теплонадходження від людини:

$$q_{\text{hfi}} = 207 \text{ Вт/люд}$$

Повні теплонадходження від людей:

$$\text{Для холодного періоду року: } Q_{\text{hfi}} = 7245 \text{ Вт}$$

#### **Теплонадходження від освітлення:**

Теплонадходження від освітлення визначаємо за формулою:

$$Q_{осв} = F \cdot E \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв} \quad (2.42)$$

F- [м<sup>2</sup>] - площа підлоги приміщення;

q<sub>осв</sub>-[Вт/м<sup>2</sup>] - питомі виділення теплоти;

η<sub>осв</sub>-коефіцієнт, що враховує надходження теплоти в робочу зону;

E-[лк] - освітленість приміщення;

Місце відвантаження автотранспорту

F= 1332,8 м<sup>2</sup> - площа;

E= 200 лк - освітленість;

q<sub>осв</sub>= 0,108 Вт/м<sup>2</sup> - виділення теплоти;

η<sub>осв</sub>= 0,45 коефіцієнт, що враховує надходження теплоти;

Q<sub>осв.</sub>=12955 Вт

ПМПВ

F= 1135,5 м<sup>2</sup> - площа підлоги;

E= 200 лк - освітленість;

q<sub>осв</sub>= 0,166 Вт/м<sup>2</sup> - питомі виділення теплоти;

η<sub>осв</sub>= 0,45 коефіцієнт, що враховує надходження теплоти;

Q<sub>осв.</sub>= 16965 Вт

Склад база роздрібу

F= 605,1 м<sup>2</sup> - площа;

E= 200 лк - освітленість;

q<sub>осв</sub>= 0,114 Вт/м<sup>2</sup> -виділення теплоти;

η<sub>осв</sub>= 0,45 коефіцієнт, що враховує надходження теплоти;

Q<sub>осв.</sub>= 6210 Вт

4. Міжнародний цех

F= 1725,8 м<sup>2</sup> - площа;

E= 200 лк - освітленість;

q<sub>осв</sub>= 0,114 Вт/м<sup>2</sup> - виділення теплоти;

η<sub>осв</sub>= 0,45 коефіцієнт, що враховує надходження теплоти;

Q<sub>осв.</sub>= 17710 Вт

Результати теплонадходжень в приміщення зводимо в табл. 2.5.

## Сумарні теплонадходження в приміщення

Приміщення	Джерело теплонадходжень	Теплонадходження, Вт
		Холодний період року
<u>Місце відвантаження автотранспорту</u>	Люди	8280
	освітлення	12955
Всього:		21235
<u>ПМПВ</u>	Люди	6210
	освітлення	16965
Всього:		23175
<u>Склад база роздрібу</u>	Люди	4140
	освітлення	6209
Всього:		10349
<u>Міжнародний цех</u>	Люди	7245
	освітлення	17706
Всього:		<b>24952</b>

### 2.3. Проектування опалення будівлі

#### 2.3.1 Тепловий баланс та розрахунок теплової потужності систем опалення

Розрахунок теплового балансу будівлі та теплової потужності наведено в табл.2.6.

Проектне теплове навантаження системи опалення приміщення за тепловим балансом приміщення визначається за величиною  $\pm\Delta\Phi_i$ , Вт, що дорівнює різниці між сумарними величинами надходження теплоти  $\Sigma\Phi_{\text{тепл},i}$  та витратою теплоти  $\Sigma\Phi_{\text{витр},i}$  в приміщенні за нормованої температури внутрішнього повітря:

$$\pm\Delta\Phi_i = \Sigma\Phi_{\text{тепл},i} - \Sigma\Phi_{\text{витр},i}. \quad (2.43)$$

За наявності у приміщенні надлишків тепла  $+\Delta\Phi$ , тобто за позитивної величини різниці між сумарними надходженнями теплоти та витратою теплоти, система опалення проектується тільки для чергового режиму роботи приміщення.

З урахуванням розрахунків за тепловим балансом приміщення формулу для визначення теплової потужності системи опалення можна записати у вигляді:

$$\Phi_{HL,i} = (-\Delta\Phi) b_1 b_2 / (1 - b), \quad (2.44)$$

де  $b_1, b_2$  – коефіцієнти, які враховують відповідно додатковий тепловий потік встановлених опалювальних приладів та додаткові тепловтрати «зарадіаторними» ділянками зовнішніх стін;  $b$  – частка від недостачі теплоти, яка не врахована в тепловому балансі приміщення (втрата теплоти у процесі остигання теплоносія в подавальних і зворотних магістралях системи опалення, прокладених в неопалювальних приміщеннях; для виробничих приміщень можна прийняти  $b = 0,02$ ).

Розрахунок теплового балансу будівлі наведено в табл.2.6.

Таблиця 2.6

### Тепловий баланс будівлі

№ п/п	Назва приміщення	Розр.температура		Тепловтрати, Вт			Теплонадходження, Вт			
		$t_b, ^\circ\text{C}$	$t_z, ^\circ\text{C}$	$Q_{ог}$	$Q_{інф}$	$Q_{заг.втр.}$	$Q_{hf,л}$	$Q_{осв.}$	$Q_{заг.уст.}$	$Q_{заг.над.}$
1	Місце відвантаження автотранспорту	18	-20	26844,5	9045,8	35900	8280	12955	-	21240
2	ПМПВ	18	-20	41304,8	7622,6	48930	6210	16965	-	23180
3	Склад база роздрібу	18	-20	20824,1	1876,0	22710	4140	6209	-	10350
4	Міжнародний цех	18	-20	30481,8	4754,7	35240	7245	17706	-	24960

Закінчення таблиці 2.6

№ п/п	Назва приміщення	Баланс, Вт		$Q_{со.осн.}$ Вт	$Q_{со.черг.}$ Вт
		$-\Delta Q$	$+\Delta Q$		
1	Місце відвантаження автотранспорту	14660	-	14810	23860
2	ПМПВ	25750	-	26010	32520
3	Склад база роздрібу	12360	-	12490	15100
4	Міжнародний цех	10280	-	10390	23420

### 2.3.2. Проектування та розрахунок водяної системи опалення

#### Гідравлічний розрахунок системи опалення

Втрати тиску в розрахунковій ділянці трубопроводу за методом характеристик опору обчислюють за формулою:

$$\Delta P = SG^2 \quad (2.45)$$

де S- характеристика опору розрахункової ділянки трубопроводу, Па/(кг/год)<sup>2</sup>, що чисельно дорівнює втраті тиску в ній при витраті води G=1 кг/год;

$$S = A \cdot \xi_{прив} \quad (2.46)$$

де A- питомий динамічний тиск, Па/(кг/год)<sup>2</sup> в розрахунковій ділянці трубопроводу, що виникає при витраті води в ній G=1 кг/год;  $\xi_{прив}$ - приведений коефіцієнт опору розрахункової ділянки трубопроводу;

Величину приведенного коефіцієнту опору розрахункової ділянки трубопроводу розраховують за формулою

$$\xi_{прив} = \frac{\lambda}{d} l + \sum \xi \quad (2.47)$$

де  $\lambda/d$ - приведений коефіцієнт тертя труби, м<sup>-1</sup>; d- внутрішній діаметр труби, м; l- довжина розрахункова ділянки трубопроводу, м;  $\sum \xi$ - сумарний коефіцієнт місцевих опорів на розрахунковій ділянці трубопроводу.

Знаходимо витрату води на ділянках:

$$G = \frac{3,6 \cdot Q}{c \cdot (90 - 70)}, \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (2.48)$$

де Q- розрахункові потоки теплоти на ділянці, Вт; c – теплоємність води, кДж/(кг°С).

Використання величини G/v дозволяє за даними витратою води G і діаметром труби d, обчислити швидкість теплоносія v, м/с, діленням витрати води на величину G/v.

### Підбір опалювальних приладів системи опалення

Тепловий потік опалювального приладу, що відрізняється від нормованих,

Визначають за формулою:

$$Q = Q_n \left( \frac{\Delta t_T}{\Delta t_H} \right)^{1+n} \left( \frac{G_{o.п}}{G_H} \right)^p b c \psi_1 \psi_2 \psi_3 = Q_H \varphi_1 \varphi_2 b c \psi_1 \psi_2 \psi_3 \quad (2.49)$$

де  $Q_n$  - номінальний тепловий потік опалювальних приладів при нормованих умовах, Вт;

$\Delta t_T$  - розрахунковий температурний напір в опалювальному приладі, °С;

$\Delta t_H=70^\circ\text{C}$  – нормований температурний напір в опалювальному приладі;

$G_{o.l.}$  – розрахункова витрата води в опалювальному приладі, кг/год;

$G_H=360$  кг/год – нормована витрата води в опалювальному приладі;

$n$  і  $p$  – емпіричні показники степеня відповідно по відносному температурному напорі і відносній витраті води;

$\varphi_1$  - поправочний коефіцієнт, що враховує зміну теплового потоку опалювального приладу при відміні розрахункового температурного напору  $\Delta t_T$  від нормованого  $\Delta t_H$ ;

$\varphi_2$  - поправочний коефіцієнт, що враховує зміну теплового потоку опалювального приладу при величині при відміні розрахункової витрати води  $G_{o.l.}$  від нормованої  $G_H$ ;

$b$  - коефіцієнт, що приймається за графіком в залежності від розрахункового барометричного тиску  $P_b$ , гПа для конкретного географічного пункту;

$c$  - поправочний коефіцієнт, який враховує схему руху води в опалювальному приладі та зміну показника степеня  $p$  при різних діапазонах витрати теплоносія;

$\psi_1$  - поправочний безрозмірний коефіцієнт, який враховує зменшення теплового потоку опалювального приладу при русі води в ньому за схемою "згори - вниз";

$\psi_2$  - поправочний коефіцієнт на число рядів опалювальних приладів по вертикалі, який враховує зменшення теплового потоку верхніх приладів, що омиваються нагрітим потоком повітря від розташованих нижче приладів;

$\psi_3$  - поправочний коефіцієнт, який враховує зменшення теплового потоку опалювальних приладів при їх установці в два ряди у глибину.

Так як горизонтальні трубопроводи приладових віток прокладені в монолітній підлозі, то тепловіддача від них буде незначною. Установка радіаторів прийнята під вікнами вільно у стіни. Підводки до опалювальних приладів передбачені з відступами.

Визначаємо потрібні теплові надходження у приміщення.

За формулою обчислюємо температуру води, що надходять у кожний опалювальний прилад:

$$t_{ex} = t_r - \frac{0.86 \times Q_1 \times B_2 \times B_3}{G_{cm}} = t_r - \frac{0.86 \times Q_1^* \times B_3}{G_{cm}} \quad (2.50)$$

Визначаємо перепад температур води в радіаторах за формулою:

$$\Delta t_{O.П.} = \frac{0.86 \times Q_1^* \times B_3}{G_{cm} \times \alpha} \quad (2.51)$$

Температурний напір в кожному радіаторі обчислюємо за формулою:

$$\Delta t_r = t_{ex} - \frac{\Delta t_{O.П.}}{2} - t_{вн} \quad (2.52)$$

Розрахункову теплову потужність кожного радіатора обчислюємо за формулою:

$$Q_{O.П.} = (Q_1 - 0.9 \times Q_{mp}) \times B_2 \times B_3 \quad (2.53)$$

За формулою або за графіком знаходимо для кожного значення коефіцієнта  $\varphi_1$ :

$$\varphi_1 = \left( \frac{\Delta t_r}{70} \right)^{1+n}$$

Поправочний коефіцієнт  $\varphi_2$  визначаємо за формулою:

$$\varphi_2 = \left( \frac{G_{cm} \times \alpha}{360} \right)^p$$

Приймаємо для спрощення розрахунків коефіцієнти на барометричний тиск у формулі:  $b = 1$ ;

Згідно з поясненнями до формули для всіх радіаторів приймаємо коефіцієнт  $\psi_1 = 1$ ;  $\psi_2 = 1$  (однорядна установка радіаторів по вертикалі);  $\psi_3 = 1$  (однорядна установка радіаторів у глибину).

Потрібний тепловий потік радіатора, приведений до нормованих умов, обчислюємо за формулою:

$$Q_H^{нотр} = \frac{Q_{O.П.}}{\varphi_1 \varphi_2 \psi \psi_1 \psi_2 \psi_3} \quad (2.54)$$

Фактичний тепловий потік радіатора  $Q_{фн}$  визначаємо з технічної документації на прилади.

Розходження між величинами  $Q_{фн}$  і  $Q_{потр}$  визначаємо для кожного радіатора за формулою:

$$M = \frac{Q_H^ф - Q_H^{нотр}}{Q_H^{нотр}} \times 100\% \quad (2.55)$$

Результати розрахунків теплової потужності системи опалення наведені в (табл.2.7).

#### Підбір циркуляційних насосів системи опалення

Підбираємо циркуляційний насос для системи опалення, який встановлюємо на зворотньому трубопроводі за такими отриманими даними гідравлічного розрахунку : потрібний напір –  $H=14$  м, витрата води –  $V=5,4$ м<sup>3</sup>/год.

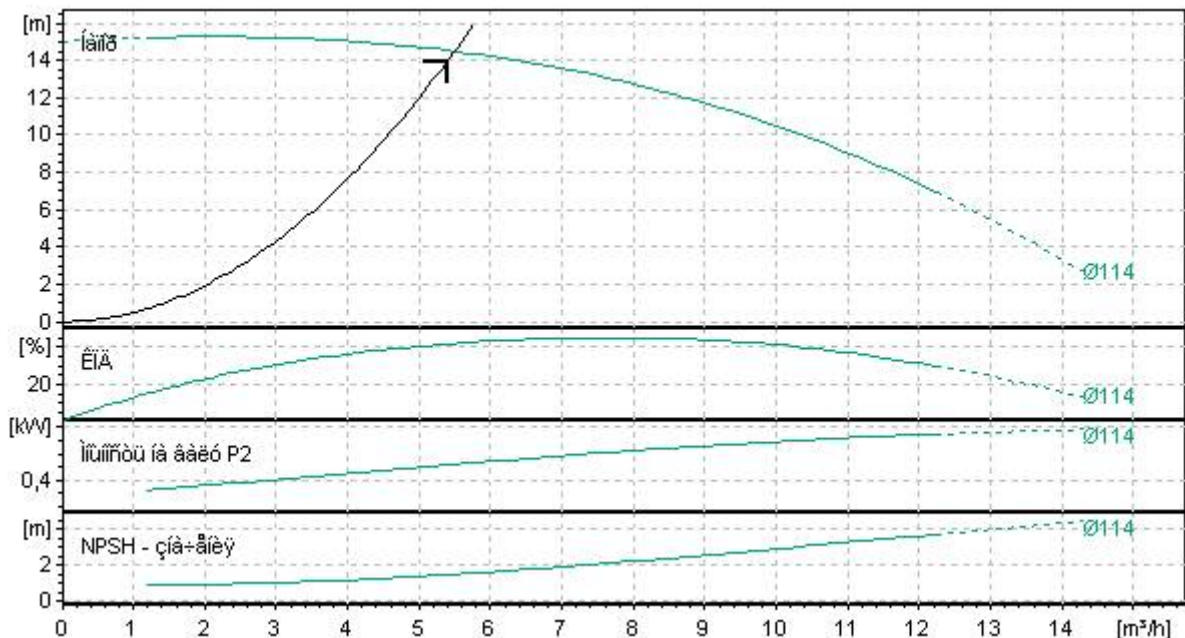


Рис. 2.4. Характеристики насосу “Wilo” IPL32/110-0,75/2

Таблиця.2.7

### Розрахунок та підбір опалювальних приладі

№ опал.приміщ.	Необхідна розрахункова теплова	Розрахункова теплова потужність ОП	Витрата води у ОП	Температура води на вході у ОП	Перепад тем-ператури води в опал. приладі	Розрахункова температура	Температурний напір ОП	Розрахункова теплова потужн. опал.приладу	Поправ.коэф. на витрату води в ОП	Поправ.коэф. на температурний напір	Потрібний тепловий потік опал. приладу	Фактичний тепловий потік опал. приладу	типорозмір	Нев'язка
№ прим.	$Q_1$ , Вт	$Q_1 * \varphi_{co}$ Вт	$G_{оп}$ , кг/ГОД	$t_{вх}$ , °С	$\Delta t_{o.п.}$ , °С	$t_{вн}$ , °С	$\Delta t_t$ , °С	$Q_{оп}$ , Вт	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$Q_{потр.н.}$ Вт	$Q_{н.ф.}$ Вт		М, %
2	1600	1440	63,1	70	20	20	50	636	0,82	1	1800	1860	22 KV 1200x500	3,3
3	1280	1152	50,5	70	20	20	50	485	0,82	1	1440	1500	22 KV 1000x500	4,2
4	930	837	36,7	70	20	20	50	929	0,82	1	1046,25	1111	22 KV 800x500	6,2
5	1100	990	43,4	70	20	18	52	960	0,85	1	1237,5	1320	22 KV 900x500	6,7
6	2140	1926	84,4	70	20	20	50	525	0,82	1	2407,5	2425	22 KV 800x500X2	0,7
7	2490	2241	98,2	70	20	20	50	540	0,82	1	2801,25	2941	23 KV 1000x500X2	5,0
8	940	846	37,1	70	20	20	50	954	0,82	1	1057,5	1110	22 KV 800x500	5,0
9	430	387	16,9	70	20	20	50	838	0,82	1	483,75	508	22 KV 500x500	5,0
10	1090	981	43,0	70	20	20	50	1061	0,82	1	1226,25	1288	22 KV 900x500	5,0
11	2110	1899	83,2	70	20	20	50	1091	0,82	1	2373,75	2492	22 KV 1400x500	5,0
12	1260	1134	49,7	70	20	18	52	379	0,85	1	1417,5	1488	22 KV 1000x500	5,0
13	1110	999	43,8	70	20	18	52	384	0,85	1	1248,75	1311	22 KV 900x500	5,0
14	580	522	22,8	70	20	20	50	535	0,82	1	652,5	685	22 KV 600x500	5,0
15	410	369	16,1	70	20	20	50	949	0,82	1	461,25	484	22 KV 500x500	5,0
16	1080	972	42,6	70	20	20	50	1061	0,82	1	1215	1276	22 KV 900x500	5,0
17	780	702	30,7	70	20	20	50	1015	0,82	1	877,5	921	22 KV 800x500	5,0
18	400	360	15,7	70	20	20	50	1015	0,82	1	450	473	22 KV 500x500	5,0
19	240	216	9,4	70	20	20	50	1015	0,82	1	270	284	22 KV 400x500	5,0

20	1630	1467	64,3	70	20	20	50	1015	0,82	1	1833,75	1925	22 KV 1200x500	5,0
21	590	531	23,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	663,75	697	22 KV 600x500	5,0
22	930	837	36,7	70	20	20	50	1015	0,82	1	1046,25	1099	22 KV 800x500	5,0
23	950	855	37,5	70	20	20	50	1015	0,82	1	1068,75	1122	22 KV 800x500	5,0
24	360	324	14,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	405	425	22 KV 500x500	5,0
25	360	324	14,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	405	425	22 KV 500x500	5,0
26	340	306	13,4	70	20	20	50	1015	0,82	1	382,5	402	22 KV 500x500	5,0
27	350	315	13,8	70	20	20	50	1015	0,82	1	393,75	413	22 KV 500x500	5,0
28	900	810	35,5	70	20	20	50	1015	0,82	1	1012,5	1063	22 KV 800x500	5,0
29	350	315	13,8	70	20	20	50	1015	0,82	1	393,75	413	22 KV 500x500	5,0
30	350	315	13,8	70	20	20	50	1015	0,82	1	393,75	413	22 KV 500x500	5,0
31	650	585	25,6	70	20	20	50	1015	0,82	1	731,25	768	22 KV 800x500	5,0
32	2520	2268	99,4	70	20	20	50	1015	0,82	1	2835	2977	22 KV 800x500X2	5,0
33	280	252	11,0	70	20	20	50	1015	0,82	1	315	331	22 KV 400x500	5,0
34	420	378	16,5	70	20	20	50	1015	0,82	1	472,5	496	22 KV 400x500	5,0
35	330	297	13,0	70	20	20	50	1015	0,82	1	371,25	390	22 KV 400x500	5,0
36	390	351	15,3	70	20	20	50	1015	0,82	1	438,75	461	22 KV 400x500	5,0
37	330	297	13,02	70	20	20	50	1015	0,82	1	371,25	390	22 KV 400x500	5,0
38	330	297	13,02	70	20	20	50	1015	0,82	1	371,25	390	22 KV 400x500	5,0
39	330	297	13,02	70	20	20	50	1015	0,82	1	371,25	390	22 KV 400x500	5,0
40	330	297	13,02	70	20	20	50	1015	0,82	1	371,25	390	22 KV 400x500	5,0
41	640	576	25,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	720	756	22 KV 800x500	5,0
42	350	315	13,8	70	20	20	50	1015	0,82	1	393,75	413	22 KV 400x500	5,0
43	350	315	13,8	70	20	20	50	1015	0,82	1	393,75	413	22 KV 400x500	5,0
44	120	108	4,7	70	20	20	50	1015	0,82	1	135	142	22 KV 400x500	5,0
45	690	621	27,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	776,25	815	22 KV 800x500	5,0
46	850	765	33,5	70	20	20	50	1015	0,82	1	956,25	1004	22 KV 800x500	5,0
47	2430	2187	95,9	70	20	20	50	1015	0,82	1	2733,75	2870	22 KV 800x500X2	5,0
48	450	405	17,7	70	20	20	50	1015	0,82	1	506,25	532	22 KV 600x500	5,0
49	390	351	15,3	70	20	20	50	1015	0,82	1	438,75	461	22 KV 400x500	5,0

50	220	198	8,6	70	20	20	50	1015	0,82	1	247,5	260	22 KV 400x500	5,0
51	660	594	26,05	70	20	20	50	1015	0,82	1	742,5	780	22 KV 800x500	5,0
52	840	756	33,1	70	20	20	50	1015	0,82	1	945	992	22 KV 800x500	5,0
53	340	306	13,4	70	20	20	50	1015	0,82	1	382,5	402	22 KV 400x500	5,0
54	350	315	13,8	70	20	20	50	1015	0,82	1	393,75	413	22 KV 400x500	5,0
55	350	315	13,8	70	20	20	50	1015	0,82	1	393,75	413	22 KV 400x500	5,0
56	660	594	26,05	70	20	20	50	1015	0,82	1	742,5	780	22 KV 800x500	5,0
57	780	702	30,7	70	20	20	50	1015	0,82	1	877,5	921	22 KV 800x500	5,0
58	220	198	8,6	70	20	20	50	1015	0,82	1	247,5	260	22 KV 400x500	5,0
59	330	297	13,02	70	20	20	50	1015	0,82	1	371,25	390	22 KV 400x500	5,0
60	330	297	13,026	70	20	20	50	1015	0,82	1	371,25	390	22 KV 400x500	5,0
61	330	297	13,026	70	20	20	50	1015	0,82	1	371,25	390	22 KV 400x500	5,0
62	600	540	23,6	70	20	20	50	1015	0,82	1	675	709	22 KV 500x500	5,0
63	980	882	38,6	70	20	20	50	1015	0,82	1	1102,5	1158	22 KV 1000x500	5,0
64	1450	1305	57,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	1631,25	1713	22 KV 1400x500	5,0
65	1110	999	43,8	70	20	20	50	1015	0,82	1	1248,75	1311	22 KV 1000x500	5,0
66	1020	918	40,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	1147,5	1205	22 KV 1000x500	5,0
67	1480	1332	58,4	70	20	20	50	1015	0,82	1	1665	1748	22 KV 1200x500	5,0
68	970	873	38,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	1091,25	1146	22 KV 1000x500	5,0
69	820	738	32,3	70	20	20	50	1015	0,82	1	922,5	969	22 KV 1000x500	5,0
70	970	873	38,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	1091,25	1146	22 KV 1000x500	5,0
71	970	873	38,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	1091,25	1146	22 KV 1000x500	5,0
72	970	873	38,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	1091,25	1146	22 KV 1000x500	5,0
73	1100	990	43,4	70	20	20	50	1015	0,82	1	1237,5	1299	22 KV 1200x500	5,0
74	4530	4077	178,8	70	20	20	50	1015	0,82	1	5096,25	5351	22 KV 800x500X4	5,0
75	2900	2610	114,4	70	20	20	50	1015	0,82	1	3262,5	3426	22 KV 800x500X3	5,0
76	4490	4041	177,2	70	20	20	50	1015	0,82	1	5051,25	5304	22 KV 800x500X4	5,0

### 2.3.3. Проектування та розрахунок системи опалення у приміщенні ПМПВ

#### Повітряного опалення з водяними повітряонагрівачами

##### Підбір водяних повітряно-опалювальних агрегатів

Розрахунок та підбір калориферів

Розрахунок калориферів розпочинаємо з визначення витрати теплоти для нагрівання повітря за формулою:

$$Q = 0,278 \cdot c_n \cdot G_n \cdot (t_{in} - t_c) \quad (2.56)$$

де  $Q$  - витрата теплоти на нагрівання повітря, Вт

$c_n$  - питома теплоємність повітря, кДж/(кг·°С)

$G_n$  - кількість повітря, яке необхідно нагріти, кг/год

$t_{in}$  - температура повітря після нагрівання, тобто температура припливного повітря, °С

$t_c$  - температура повітря до калорифера, °С

$$Q_{\text{пмпв}} = (0,278 * 1,005 * 2200 * 8 * (25 + 19)) = 31\,962 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{заг}} = (0,278 * 1,005 * 35455 * (11 + 1,2)) = 120850 \text{ Вт.}$$

Приймаємо масову швидкість повітря ( $\nu\rho$ ), в межах рекомендованих величин 4-12 кг/(м<sup>2</sup>·с), а точніше 8 кг/(м<sup>2</sup>·с), визначаємо розрахункову площу живого перерізу  $f_{\text{ж}}$ , м<sup>2</sup>, калориферів по повітрю за формулою:

$$f_{\text{ж}} = \frac{G_n}{3600 \cdot (\nu\rho)}$$

$$f_{\text{ж}} = (35455 / (3600 * 8)) = 1,23 \text{ м}^2 \quad (2.57)$$

Взявши за основу необхідну площу живого перерізу  $f_{\text{ж}}$  калорифера, вибираємо модель, марку номер і число калориферів, яке повинне бути мінімальним:

$n = 2$  шт

$$f_{\text{ж}} = (1,23 / 2) = 0,615 \text{ м}^2 \quad (2.58)$$

Марка і номер калорифера: біметалевий калорифер з накатним оребренням КсК-3-10-02

Визначаємо дійсну площу живого перерізу калориферів по повітрю:

$$f_d = (0,581 \cdot 2) = 1,162 \text{ м}^2 \quad (2.59)$$

Визначаємо дійсну масову швидкість повітря за формулою:

$$(v\rho)_d = \frac{G_n}{3600 \cdot f_d}$$
$$(v\rho)_d = (35455 / (3600 \cdot 1,116)) = 8,48 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \quad (2.60)$$

Швидкість руху теплоносія (води) в трубках калорифера  $\omega$ , м/с, розраховуємо за формулою:

$\rho_v$  - густина теплоносія (води), яку беремо 1000 кг/м<sup>3</sup>

$c_v$  - питома теплоємність води, яку беремо 4,19 кДж/(кг·°C)

$n$  - число паралельних потоків теплоносія, які проходять через калориферну установку,  $n = 1$  - число послідовних потоків теплоносія, які проходять через калориферну установку

$$\omega = \frac{Q}{\rho_v \cdot c_v \cdot f_{гр} \cdot n \cdot (t_z - t_o)} \quad (2.61)$$

де  $f_{гр}$  - площа живого перерізу калориферів по теплоносію

$$f_{гр} = 0,00077 \text{ м}^2$$

$$\omega = 0,90 \text{ м}/\text{с}$$

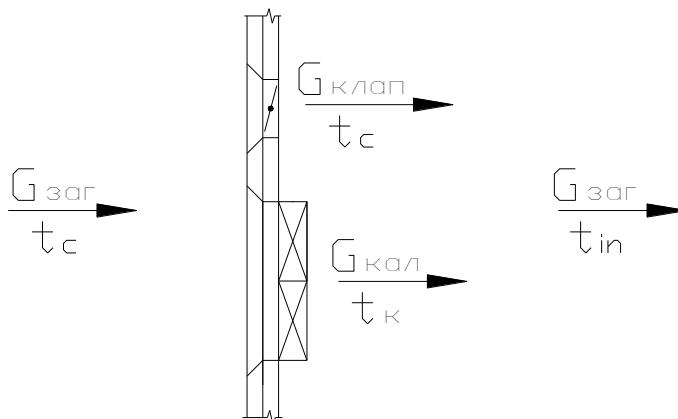
Визначаємо коефіцієнт теплопередачі калориферів  $k$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C) за формулою:

$$k = 19,31 \cdot (v\rho)_d^{0,455} \cdot \omega^{0,14}$$
$$k = 50,31 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.62)$$

Визначаємо необхідну площу поверхні нагрівання калориферної установки  $F_H$ ,

$$F_H = 22,33 \text{ м}^2$$

Визначаємо запас площі поверхні нагрівання калориферів, порівнюючи необхідну площу поверхні нагрівання  $F_n$  із фактичною  $F_\phi$ :



$$\begin{aligned} \beta &= \frac{F_\phi - F_n}{F_\phi} \cdot 100\% \\ \beta &= 62,54 \% \end{aligned} \quad (2.63)$$

$$F_\phi = 59,6 \text{ м}^2$$

Аналізуючи попередні розрахунки,

Встановлюємо обвідний клапан:

Виходячи з попередньої рівності визначаємо  $t_k$ :

$$G_{заг} \cdot t_{in} = G_{к/лап} \cdot t_c + G_{кал} \cdot t_k \quad (2.64)$$

Задаємося кількістю повітря  $G_{к/лап}$  та  $G_{кал}$  відносно  $G_{заг}$ :

$$t_k = \frac{G_{заг} \cdot t_{in} - G_{к/лап} \cdot t_c}{G_{кал}} \quad (2.65)$$

$$G_{к/лап} = 0,60 G_{заг}, G_{кал} = 0,40 G_{заг}, t_k = 29,30^\circ\text{C}.$$

Повторюємо розрахунок калориферів спочатку:

$$Q = 111341 \text{ Вт}$$

Визначаємо розрахункову площу живого перерізу  $f_{ж}$ ,  $\text{м}^2$  калориферів по повітрю:  $0,492430556 \text{ м}^2$

$$n = 1 \text{ шт}$$

Марка і номер калорифера: -біметалевий калорифер з накатним оребренням  
КсК-3-10-02

Визначаємо дійсну площу живого перерізу калориферів по повітрю:

$$f_d = 0,581 \text{ м}^2$$

Визначаємо дійсну масову швидкість повітря:

$$(v\rho)_d = 6,78 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

Швидкість руху теплоносія (води) в трубках калорифера  $\omega$ , м/с:

$$f_{\text{тр}} = 0,00077 \text{ м}^2$$

$$\omega = 1,66 \text{ м/с}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі калориферів  $k$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C):

$$k = 49,50987277 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Визначаємо необхідну площу поверхні нагрівання калориферної установки  $F_n$ , м<sup>2</sup>:  $F_n = 22,84 \text{ м}^2$ .

Визначаємо запас площі поверхні нагрівання калориферів, порівнюючи необхідну площу поверхні нагрівання  $F_n$  із фактичною  $F_f = 29,8 \text{ м}^2$

$$z = 20,00 \%$$

Визначаємо аеродинамічний опір проходженню повітря через калорифери:

$$\Delta P_{\text{калор}} = 1,61 \cdot (v\rho)_d^{1,71}$$

$$\Delta P_{\text{калор}} = 42,49 \text{ Па}$$

За номінальною для приміщення ПМПВ потужністю підбираємо повітряно-опалювальні агрегати фірми «Вентс» - Вентс АОВ 25, в кількості 8 шт.



Рис.2.5. Тепловентилятор водяний Вентос АОВ 25

### **Променеве опалення**

У якості опалювальної системи в проекті розраховно та запроєктовано систему з нагрівом електричними інфрачервоними випромінювачами відповідно до вимог «ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Променеве опалення використовує інфрачервоне випромінювання для передачі тепла від джерела до об'єктів та поверхонь у приміщенні.

Опалення виробничих приміщень супроводжується великими витратами теплової енергії, так як при опаленні водяною системою, нагріте повітря підіймається в верх і накопичується в горі приміщення, а холодне опускається до низу.

Променеве опалення забезпечує:

- Випромінювання тепла: Променеві обігрівачі випромінюють інфрачервоне тепло, яке нагріває предмети та поверхні в приміщенні, а не безпосередньо повітря. Це створює комфортні умови для роботи, оскільки тепло рівномірно розподіляється по всьому об'єму приміщення.
- Енергоефективність: Променеве опалення є більш енергоефективним, оскільки тепло не витрачається на нагрівання повітря, яке швидко піднімається до стелі. Натомість, тепло передається безпосередньо на об'єкти та людей у приміщенні.
- Швидкість нагрівання: Променеві обігрівачі забезпечують швидке нагрівання робочих зон, що особливо важливо для виробничих приміщень, де потрібне швидке досягнення комфортних умов.
- Зони опалення: Системи променевого опалення дозволяють створювати локальні зони комфорту, що є важливим для великих приміщень з різними температурними вимогами для окремих робочих зон.

Прийнято електричні обігрівачі:



Рис.2.6. Електричний інфрачервоний обігрівач Білюкс Б1000

Технічні характеристики: Потужність номінальна, Вт. 1000;

Напруга, В/Гц 230/50; Габ.розм., мм 1545/163/40; Вага, кг 5,9; Мін. висота, м 2,6.

### Розрахунок підбору інфрачервоних електричних обігрівачів

Розрахунок здійснено за методикою виробника.

Кількість обігрівачів, розташованих по стороні X:

$$N_x = \frac{X}{I} \quad (2.66)$$

Кількість обігрівачів, розташованих по стороні Y:

$$N_y = \frac{Y}{(L+W)} \quad (2.67)$$

де X = сторона приміщення перпендикулярна осі обігрівачів [м];

Y = сторона приміщення паралельна осі обігрівачів [м];

L = довжина моделі [м];

I і W = рекомендовані інтервали [м].

Загальна кількість обігрівачів N визначається наступним чином:

$$N = N_x \cdot N_y \quad (2.68)$$

Щоб визначити потужність кожного обігрівача, розділимо загальну теплову потужність  $\Phi'$  на кількість обігрівачів N. Далі вибираємо модель з близьким показником потужності.

$$P_{unit} = \frac{\Phi'}{N} \geq [\text{кВт}] \quad (2.69)$$

Результат розрахунків наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

## Результати розрахунків системи променевого опалення

Потужність СО проектна, ФНЛ', Вт	Висота приміщення, Н, м	Розташування панелі від підлоги, h,м	Коефіцієнт підвищення потужності опалювальних панелей в залежності від висоти утановки, f1	Довжина приміщення, L, м	Ширина приміщення,В,м	L/B	h/(H-1)	Коефіцієнт корекції, f2	Розрахункова потужність, Фр,Вт
32520,0	6,2	5	1,01	90,00	72	1,25	0,96	0,84	27632

Сторона приміщення перпендикулярна осі обігрівачів	Сторона приміщення паралельна осі обігрівачів	Довжина панелі, Lп, м	Інтервал		Кількість по осі X	Кількість по осі Y	N, шт	P <sub>unit</sub> , Вт	Прийнятий обігрівач
			I	W					
90,00	72	1,50	10	20	9	3,3	30	917	Білокс Б1000 (1000Вт)

## Повітряне опалення з електричним повітрянагрівачем

Згідно з державними будівельними нормами України, задля збільшення енергоефективності виробничих приміщень, дозволено проектувати системи чергового опалення. Цей метод бере напрям на оптимізацію витрат будівель на опалення, шляхом зменшення розрахункової температури робочої зони. За цими ж будівельними нормами, розрахункову температуру робочої зони будівель дозволено знижувати на  $4^{\circ}\text{C}$ , в порівнянні з температурою в основний режим опалення. Обмеженням є заборона знижувати температури до менше ніж  $5^{\circ}\text{C}$  в приміщенні. В данному випадку, температура в основний режим опалення складає  $18^{\circ}\text{C}$ , тому в черговий режим можемо її зменшити до  $14^{\circ}\text{C}$ .

Кількість «неробочих годин» беремо з технічного завдання на проектування. Робочі години приміщення - з 8.00 по 20.00, неробочі- з 20.00 по 8.00 відповідно. Підприємство працює без вихідних, тому кількість розрахункових днів дорівнює кількості днів в опалювальному сезоні, а саме- 182 дні.

### Характеристика системи опалення

У якості системи опалення бути запропонована електрична система опалення з електричними повітряно-опалювальними агрегатами. Згідно з вимог, норм та правил будівництва України і завдань на проектування будівлі дозволено встановлення данного типу систему.

Повітрообмін приміщення розраховано згідно з міркувань забезпечення потрібних теплонадходжень на компенсацію тепловтрат приміщення, при розрахунковій температурі  $-20^{\circ}\text{C}$ , та внутрішній –  $14^{\circ}\text{C}$ . Для забезпечення потрібних умов мікроклімату запроєктовані повітряно-опалювальні агрегати фірми «Vents».

Для забезпечення душування всієї площі приміщення установки розташовано рівномірно, по периметру, з дотриманням оптимальних розрахункових відстаней одна від одної. Для оптимальної подачі повітряної струї агрегати розміщені на висоті 4м від рівня підлоги. Подача повітря в робочу зону -нахилена. Змонтовані агрегати з прикріпленням до стін приміщення через спеціальні монтажні консолі.

Так як агрегати можуть працювати і на охолодження повітря, до них слід

підєднати дренаж, з трубкою діаметром 32 мм, та підключити їх до загальної системи каналізації через сифон.

Щоб підвищити рівень оптимізації управління процесом опаленням, агрегати підключені до системи BMS (Building Management System), яка перекладається як: система управління будівлею. З цих же міркувань повітряно-опалювальні агрегати вибрано з двигуном типу ЕС, оскільки він має плавне, поступове регулювання швидкості обертання вентилятора.

Підбір водяних повітряно-опалювальних агрегатів для приміщення ПМПВ здійснено виходячи з тепловго балансу будинку.

В приміщенні нахилена подача повітря, тому методику розрахунку беремо відповідно цієї схеми.

Кількість повітряно-опалювальних агрегатів знаходимо за формулою:

$$N = \frac{L_{п}V_{п}}{lb} \quad (2.70)$$

де  $L_{п}$  – довжина приміщення [м];  $V_{п}$ -ширина приміщення [м];  $l$ - довжина зони обслуговування [м];  $b$ - ширина зони обслуговування [м]. Допустимий діапазон  $b$  при нахиленій подачі  $b=(0,5-2)l$ .

$$N = \frac{90 \cdot 73}{2 \cdot 23^2} \approx 8 \text{ шт}; \quad (2.71)$$

Мінімальна номінальна потужність одного повітряно-опалювального агрегата за формулою:

$$Q_{ном.} = \frac{Q_{со.осн.}}{N}, [Вт]$$
$$Q = \frac{31962}{8} = 3995 \text{ Вт} \quad (2.72)$$

За номінальною потужністю підбираємо повітряно-опалювальні агрегати фірми «Vents» - Vents АОЕ 9 , в кількості 6-ти шт. Основні характеристики даних приладів:

Діапазон потужностей нагріву: 9 кВт;

Максимальна ефективність повітря: 2300 м<sup>3</sup>/год;

## 2.4.Проектування вентиляції будівлі

### 2.4.1 Технічні рішення по системам вентиляції приміщень різного призначення

Вентиляція приміщень центру оброблення пошти Миколаїва «SAT» запроектована відповідно до завдання на проектування, архітектурно-будівельних креслень, вимог санітарно-технічних норм, діючих на території України будівельних норм та правил.

Індивідуальні механічні системи загальнообмінної вентиляції запроектовані для наступних груп приміщень:

- 6-поверхова будівля з різнотипними приміщеннями ;
- 1-поверхова будівля з гаражем, майстернями, електрощитовою та приміщеннями господарського призначення;

Для забезпечення допустимих умов повітряного середовища в приміщеннях будинків у відповідності до вимог ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування, передбачається влаштування загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції з механічним спонуканням.

В усі приміщення подача та видалення повітря здійснюється вгору.

Повітрообмін для приміщень побуту розраховано згідно кратностей ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. на подачу санітарної норми зовнішнього повітря - 60 м<sup>3</sup>/год на 1 працюючого. Для забезпечення загально обмінної вентиляції у адміністративних частинах 6-поверхової будівлі, що знаходяться між вісями 6 та 7, 16 та 17, застосовуються каналні підвісні припливно-витяжні установки і встановлюються у вентиляційних камерах на кожному другому поверсі (див. граф. част.), вентиляційні установки для основних виробничих залів розташовані на технічному поверсі. Витяжні системи з складу/бази роздрібу та ремонтної майстерні організуються через отвори в даху, що закінчуються дефлекторами типу ЦАГІ.

Підігрів зовнішнього повітря систем припливної вентиляції в холодний період року виконується за допомогою водяних калориферів з температу-рою теплоносія 80-60°C.

У якості припливно-витяжного обладнання застосовані набірні приплив-новитяжні установки фірми Vents типу AV... та ВУТ...Г.

Повітрообмін в допоміжних приміщеннях комплексу визначено з умови витяжки з вбиральнях: 100 м<sup>3</sup>/год на один унітаз, з решти приміщень крат-ність згідно норм.

До складу припливної вентиляційної установки входять: утеплені повітряні клапани зовнішнього повітря з електроприводом, секція фільтрації, секція регульованого водяного підігріву, центробіжний вентилятор, шумоглушник. Припливно-витяжні установка адміністративного корпусу складається з утепленого клапана забору повітря, фільтр G4, рекуператор пластинчатий, повітронагрівач водяний, вентилятор припливний, шумоглушники, вентилятор витяжний.

Режим роботи вентиляторного обладнання визначаються у відповідності до графіку роботи комплексу.

Трасування повітропроводів систем вентиляції запроектовано в просторі підшивної стелі поверху/приміщення адміністративного призначення, що обслуговується. У виробничих приміщеннях повітроводи прокладаються під стелею відкрито. Припливні повітроводи теплоізолюються покриттям Isover Isotec VentAl 25мм.

На кожному транзитному повітропроводі класу «П», щільні, парогазонепроникні, котрі мають межу вогнестійкості 0,5ч, при перетині протипожежних перешкод, на поповерхових збірних повітропроводах в місцях приєднання до вертикального чи горизонтального колектору передбачено встановлення вогнезатримуючих клапанів. Транзитні повітропроводи проходять у цегляних шахтах з нормованим ступенем вогнестійкості. На всіх інших ділянках передбачається застосування повітропроводу класу «Н».

Забір повітря передбачається з фасаду будівлі на висоті не менше 2 м від рівня землі, а також з дахів. Забірний отвір розміщується з навітряної сторони на відстані не менш 3 м від викиду.

На воротах та вікнах прийому/роздачі пошти обладнати вертикальні теплові завіси фірми Aerostar (Україна), типу SAC з водяними повітронагрівачами.

## 2.4.2. Проектування систем вентиляції приміщень будівлі

Адміністративні приміщення з непостійною кількістю людей протягом робочої зміни та низьким рівнем надходження шкідливостей. Повітрообмін визначають за нормативною розрахунковою кратністю  $K_p$  за нормованою кратністю повітрообміну:

$$L_{n.n.} = V_p \cdot K_p, \text{ м}^3/\text{Год} \quad (2.73)$$

де,  $V_p$  – об’єм приміщення,  $\text{м}^3$  (для приміщень заввишки 6 м і більше слід приймати  $V_p = 6A$ ;

$K_p$  – нормована розрахункова кратність повітрообміну [13],  $\text{год}^{-1}$

Таблиця 2.9

### Будівля обміну та відвантаження пошти

Приміщення	Площа	Висота	Об'єм	Кратність	Повітрообмін
	$\text{м}^2$	м	$\text{м}^3$	$\text{год}^{-1}$	$\text{м}^3/\text{Год}$
<b>1-й поверх</b>					
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338
Кабінети	54	3,5	189	1,5	284
Цех прийому товарів та обміну із автотранспортом (1 світло)	1116	5,3	5914,8	1,5	8872
<b>2-й поверх</b>					
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338
Кабінет	18	2,5	45	1	45
Кімната відпочинку	36	2,5	90	2	180
<b>3-й поверх</b>					
Кабінети	72	2,5	180	1,5	270
Роздягальня	72	2,5	180	1	180
Диспетчерська	36	2,5	90	1,5	135
Кабінети	210	2,5	525	1,5	788
Цех сортування газет (1 світло)	2592	5,3	13737,6	1,5	20606
Склад (1 світло)	576	5,3	3052,8	0,5	1526
<b>4-й поверх</b>					
Кімната відпочинку	90	2,5	225	2	450

Кабінети КДД та охорони	216	2,5	540	1	540
<b>5-й поверх</b>					
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338
Кімната прийому їжі	72	2,5	180	1,5	270
Допоміжні приміщення	378	2,5	945	1	945
Цех огляду та відправки пошти (1 світло)	1296	5,3	6868,8	1,5	10303
<b>6-й поверх</b>					
Кабінети	54	2,5	135	1,5	203
Кабінети	144	2,5	360	1,5	540
<b>Підвал</b>					
Кабінети	432	2,5	1080	1,5	1620

### Розрахунок повітророзподільника

*Таблиця.2.10*

#### Параметри повітря в робочій зоні

Параметри	Точка Р
температура	25
ентальпія	55,82
вологівміст	12,061
відносна вологість	60

Висота від підлоги до підшивної стелі:  $h = 8$  м

Висота робочої зони  $h_{wz} = 2$  м

Витрата повітря:  $L = 13805$  м<sup>3</sup>/год

Умова:  $\Delta t_p = 5$  °С

Розв'язання:

1. Відповідно до вимог в струмені припливного повітря, що надходить до робочої зони необхідно приймати максимальну швидкість руху повітря:

$$v_x = k \cdot v_n$$

$k$  - коефіцієнт переходу від нормованої швидкості руху повітря в приміщенні до максимальної швидкості в струмені, в зоні прямої дії припливного струменя початкової ділянки;  $k = 1$

$v_n$  - нормована швидкість повітря в робочій зоні;  $v_n = 0,2$  м/с

$$v_x = 1 * 0,2 = 0,2 \text{ м/с} \quad (2.73)$$

2. Допустиме відхилення температури повітря в струмені від нормованої визначається в залежності від нормативних документів.

$$\Delta t = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

3. Робочою різницею температур  $\Delta t_p$  є різниця між температурами внутрішнього та припливного повітря:

При розміщенні припливних пристроїв у верхній зоні звичайно приймають  $\Delta t_p = 3 \dots 12^\circ\text{C}$ .

Для розрахування повітророзподільників попередньо задаються значення  $\Delta t_p$ , визначають коефіцієнт променя процесу асиміляції надлишків теплоти та вологи в приміщенні та розраховують параметри припливного повітря в приміщення.

Попередньо приймаємо, що  $\Delta t_p = t_{wz} - t_{in} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$

4. Проектуємо розміщення плафонів на перетині діагоналей прямокутника з співвідношенням сторін від більшої сторони до меншої сторін приміщення  $2,8 \times 2,3$  м.

Загальна кількість встановлюваних плафонів  $5 \cdot 2 = 10$  шт

Витрата через один плафон становить:

$$L_{\text{п}} = L / n = 13805 / 10 = 1380,5 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.74)$$

5. Найбільш короткий шлях повітряної струмини до робочої зони

$$X_{\text{п}} = H - h_{wz} = (4 - 1,5) = 2,5 \text{ м} \quad (2.75)$$

Обираємо найменшу відстань від осі плафона до границі зони, яку він обслуговує:

$$l = 4,35 / 2 = 2,175 \text{ м} \quad (2.76)$$

6. Для вибору формули, за допомогою якої знаходять дані плафонів визначаємо значенням виразу:

$$(X_{\text{п}} + l) / X_{\text{п}} = (2,5 + 2,175) / 2,5 = 1,87 \quad (2.77)$$

Знаходимо значення коефіцієнтів:

Для ненастилаючої струмини:  $m_1 = 0,35$ ;  $n_1 = 0,2$  .

Для настилаючої струмини:  $m_2 = 1$ ;  $n_2 = 0,8$ .

Відношення  $m_2/m_1 = 1/0,35 = 2,86 > 1,871,5$ . Приймаємо для розрахунку  $V_o$  підходить формула:

$$v_o = v_x \cdot \frac{X_{II} + l}{m_2 \cdot \sqrt{F_0}} \quad (2.78)$$

Основна розглядувана ділянка буде настилаючою віяловою розсіяною.

Попередньо приймаємо ВДП-5 з площею  $F_0 = 0,20 \text{ м}^2$  - тоді

$$v_o = (0,2 * 2,5 + 2,175) / (1 * (0,2)^{0,5}) = 2,09 \text{ м/с} \quad (2.79)$$

7. Максимальна пропускна здатність плафону:

$$L_{\text{п}} = v_o * F_0 * 3600 = 2,09 * 0,2 * 3600 = 1504,8 \text{ м}^3/\text{год} > 1380,5 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.80)$$

Перевіримо можливість використання плафона меншого розміру, тобто для ВДП-4 з площею  $F_0 = 0,13 \text{ м}^2$  – тоді

$$v_o = (0,2 * 2,5 + 2,175) / (1 * (0,13)^{0,5}) = 2,59 \text{ м/с} \quad (2.81)$$

$$L_{\text{п}} = v_o * F_0 * 3600 = 2,59 * 0,13 * 3600 = 1212,12 \text{ м}^3/\text{год} < 1380,5 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.82)$$

Приймаємо плафони: ВДП-5

Визначимо максимальну різницю температур повітря в робочій зоні

$$\Delta t_x = (5 * 0,8 * (0,2)^{0,5}) / (2,5 + 2,175) = 0,38 \text{ }^\circ\text{C} < 0,50 \text{ }^\circ\text{C} \quad (2.83)$$

Визначимо справжню швидкість повітря в плафоні:

$$v_o = L / (F_0 * 3600) = 1,92 \text{ м/с} \quad (2.84)$$

## Характеристики обраного повітророзподільника

Тип	Розміри, мм				F <sub>o</sub> , м <sup>2</sup>	ζ	v, м/с
	d <sub>o</sub>	d <sub>д</sub>	b	h			
ВДП-5	500	750	50-150	250	0,2	1,9	1,92

Розрахунок теплової потужності систем вентиляції

Витрата теплоти на нагрів припливного повітря визначається за формулою:

$$Q_{в} = L_{нов.} \cdot c_{нов.} \cdot \rho_{нов.} \cdot (t_{н.н.} - t_{з.н.}), \text{ Вт} \quad (2.85)$$

де,  $L_{нов.}$  – витрата припливного повітря, що нагрівається, м<sup>3</sup>/год;

$c_{нов.}$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/(кг·К);

$\rho_{нов.}$  – питома густина повітря при температурі в приміщенні;

$t_{н.н.}$  – температура припливного повітря, °С;

$t_{з.н.}$  – температура зовнішнього повітря, °С.

Приміщення, в яких проектуються системи вентиляції, по типу шкідливостей, що надходять, та методу розрахунку необхідного повітрообміну розділюються на три групи:

Адміністративні та побутові приміщення з непостійною кількістю людей

## Повітряний баланс будівлі

Приміщення	Площа	Висота	Об'єм	Кратність	Повітрообмін	Кількість теплоти для підігріву припливного повітря
	м <sup>2</sup>	м	м <sup>3</sup>	год <sup>-1</sup>	м <sup>3</sup> /год	Вт
<b>Будівля обміну та відвантаження пошти</b>						
<b>1-й поверх</b>						
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338	3850
Кабінети	54	3,5	189	1,5	284	3235
Цех прийому товарів та обміну із авто-транспортном (1 світло)	1116	5,3	5914,8	1,5	8872	101052
Всього, кВт:						108,1
<b>2-й поверх</b>						
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338	3850
Кабінет	18	2,5	45	1	45	513
Кімната відпочинку	36	2,5	90	2	180	2171
Всього, кВт:						6,5
<b>3-й поверх</b>						
Кабінети	72	2,5	180	1,5	270	3075
Роздягальня	72	2,5	180	1	180	2050
Диспетчерська	36	2,5	90	1,5	135	1538
Кабінети	210	2,5	525	1,5	788	8975
Цех сортування газет (1 світло)	2592	5,3	13737,6	1,5	20606	234702
Склад (1 світло)	576	5,3	3052,8	0,5	1526	17381
Всього, кВт:						267,7
<b>4-й поверх</b>						
Кімната відпочинку	90	2,5	225	2	450	5427
Кабінети КДД та охорони	216	2,5	540	1	540	6151
Всього, кВт:						11,6
<b>5-й поверх</b>						
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338	3850
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338	3850

Приміщення	Площа	Висота	Об'єм	Кратність	Повітрообмін	Кількість теплоти для підігріву припливного повітря
	м <sup>2</sup>	м	м <sup>3</sup>	год <sup>-1</sup>	м <sup>3</sup> /год	Вт
<b>Будівля обміну та відвантаження пошти</b>						
<b>1-й поверх</b>						
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338	3850
Кабінети	54	3,5	189	1,5	284	3235
Цех прийому товарів та обміну із авто-транспортном (1 світло)	1116	5,3	5914,8	1,5	8872	101052
<b>Всього, кВт:</b>						<b>108,1</b>
<b>2-й поверх</b>						
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338	3850
Кабінет	18	2,5	45	1	45	513
Кімната відпочинку	36	2,5	90	2	180	2171
<b>Всього, кВт:</b>						<b>6,5</b>
<b>3-й поверх</b>						
Кабінети	72	2,5	180	1,5	270	3075
Роздягальня	72	2,5	180	1	180	2050
Диспетчерська	36	2,5	90	1,5	135	1538
Кабінети	210	2,5	525	1,5	788	8975
Цех сортування газет (1 світло)	2592	5,3	13737,6	1,5	20606	234702
Склад (1 світло)	576	5,3	3052,8	0,5	1526	17381
<b>Всього, кВт:</b>						<b>267,7</b>
<b>4-й поверх</b>						
Кімната відпочинку	90	2,5	225	2	450	5427
Кабінети КДД та охорони	216	2,5	540	1	540	6151
<b>Всього, кВт:</b>						<b>11,6</b>
<b>5-й поверх</b>						
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338	3850
Кабінети	90	2,5	225	1,5	338	3850

Кімната прийому їжі	72	2,5	180	1,5	270	3075
Допоміжні приміщення	378	2,5	945	1	945	10764
Цех огляду та відправки пошти (1 світло)	1296	5,3	6868,8	1,5	10303	117351
Всього, кВт:						138,9
6-й поверх						
Кабінети	54	2,5	135	1,5	203	2312
Кабінети	144	2,5	360	1,5	540	6151
Всього, кВт:						8,5
Підвал						
Кабінети	432	2,5	1080	1,5	1620	18452
Всього, кВт:						18,5
Всього, кВт:						559,8
Будівля майстерні і щитової						
Майстерня	547	3,2	1750,4	1	1750	19933
Всього, кВт:						19,9

Повітрообмін визначають за нормативною розрахунковою кратністю  $K_p$  за нормованою кратністю повітрообміну:

$$L_{n.n.} = V_p \cdot K_p, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.86)$$

де,  $V_p$  – об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;

$K_p$  – нормована розрахункова кратність повітрообміну [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**],  $\text{год}^{-1}$ ;

### Розрахунок повітряно-теплової завіси

У відділенні перевезення пошти присутні ворота для проїзду вантажного транспорту які треба обладнати двохсторонніми повітряно-тепловими завісами.

1. Задаємося характеристикою завіси:

$$q = 0,6; F = 20; \mu_{np} = 0,25; Q = 0,06.$$

Оскільки цех без аераційних проїомів, то значення відстані від середини проєму до рівня нейтральної зони визначаємо за схемою (рис. 2.12).

Для даної схеми:

$$h = 0,5H = 0,5 \cdot 4,5 = 2,25 \text{ м}; \quad (2.87)$$

де  $H = 4,5 \text{ м}$  - висота воріт для проїзду транспорту в цех.

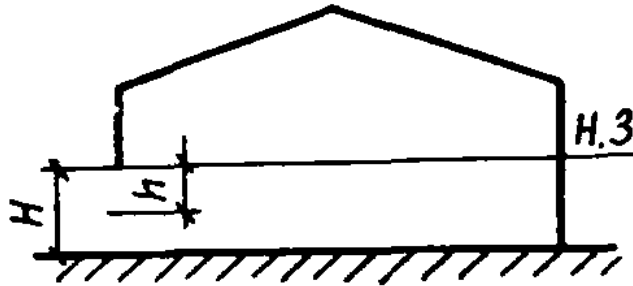


Рис.2.12. Схема будівлі, що обладнується повітряно-тепловими завісами

Визначаємо густини зовнішнього та внутрішнього повітря:

$$t_{ext} = -21 \text{ °C} \quad \rho_{ext} = 353 / (273 + (-21)) = 1,401 \text{ кг/м}^3 \quad (2.88)$$

$$t_{wz} = 18 \text{ °C} \quad \rho_{wz} = 353 / (273 + 18) = 1,214 \text{ кг/м}^3 \quad (2.89)$$

Задаємося температурою повітря на робочих містах в районі воріт та визначаємо її густину:

$$t_{cm} = 12 \text{ °C} \quad \rho_{cm} = 353 / (273 + 12) = 1,239 \text{ кг/м}^3 \quad (2.90)$$

Визначаємо розрахункову різницю тисків:

$$\Delta p = gh(\rho_{ext} - \rho_{wz}) = 9,81 \cdot 2,25 \cdot (1,401 - 1,214) = 4,13 \text{ Па}. \quad (2.91)$$

Визначаємо кількість повітря, що подається завісою:

$$G_{зав} = 3600 \cdot \bar{q} \cdot \mu_{np} \cdot F_{np} \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p \cdot \rho_{cm}} = 3600 \cdot 0,6 \cdot 0,25 \cdot 13,5 \cdot (2 \cdot 4,13 \cdot 1,239)^{0,5} = 23325 \text{ кг/год}; \quad (2.92)$$

де  $F_{np} = 3 \times 4,5 = 13,5 \text{ м}^2$  - площа відкритого проєму;

2. Знаходимо температуру повітря, що подає тепла завіса:

$$t_{заб} = \left[ \frac{(t_{см} - t_{ext}^B)}{q(1-Q)} \right] + t_{ext}^B = [(12 - (-21)) / (0,6 * (1 - 0,06))] + (-21) = 38 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.93)$$

Визначаємо густину повітря, що подається тепловою завісою:

$$\rho_{см} = 353 / (273 + 38) = 1,136 \text{ кг/м}^3 \quad (2.94)$$

3. Визначаємо теплову потужність повітрянагрівачів:

$$Q_{заб} = 0,278 \cdot G_{заб} \cdot c \cdot (t_{заб} - t_{см}) = 0,278 * 23325 * 1,005 * (38 - 12) = 169440 \text{ Вт} \quad (2.95)$$

4. Знаходимо ширину повітровипускної щілини:

Приймаємо  $H_{щ} = 4,5 \text{ м}$  - висота щілини.

$$\delta_{щ} = F_{np} / (2 \cdot \bar{F} \cdot H_{щ}) = 13,5 / (2 * 20 * 4,5) = 0,08 \text{ м} \quad (2.96)$$

5. Знаходимо за формулою 2.97 швидкість повітря на виході із щілини, яка не повинна перевищувати  $25 \text{ м/с}$ :

$$v_{щ} = G_{заб} / (2 \cdot 3600 \cdot \delta_{щ} \cdot H_{щ} \cdot \rho_{заб}) = 23325 / (2 * 3600 * 0,08 * 4,5 * 1,136) = 7,92 \text{ м/с}$$

6. Визначаємо додаткову кількість теплоти, необхідну на нагрів холодного повітря, що поступає в цех через відкриті ворота:

$$Q_{одд} = \frac{0,278 \cdot G_{заб}}{q} \cdot c \cdot (t_{wz} - t_{см}) \cdot \frac{\tau}{60} = (0,278 * 23325 / 0,6) * 1,005 * (18 - 12) * (10 / 60) = 10865$$

Вт (2.98)

Приймаємо, що ворота відкриті не більше ніж  $\tau = 10 \text{ хв}$  - протягом однієї години.

Таблиця 2.13

## Призначення систем вентиляції

Позначення	Витрата повітря	Приміщення, що обслуговує
П-1	5000	Міжнародний цех
П-2	5000	Міжнародний цех
П-3	20000	ПМПВ
П-4	8000	Цех обміну пошти з автотранспортом
П-5	1000	Приміщення митниці міжнародного цеху
П-6	600	Адміністративно-побутові кімнати 5 та 6 поверху лівого крила
П-7	600	Адміністративно-побутові кімнати 5 та 6 поверху правого крила
П-8	1000	Адміністративно-побутові кімнати 3 та 4 поверху лівого крила
П-9	1300	Адміністративно-побутові кімнати 3 та 4 поверху правого крила
П-10	800	Адміністративно-побутові кімнати 1 та 2 поверху лівого крила
П-11	600	Адміністративно-побутові кімнати 1 та 2 поверху правого крила
В-1	8000	Міжнародний цех
В-2	1300	Міжнародний цех
В-3	800	ПМПВ
В-4	600	Цех обміну пошти з автотранспортом
В-5	8000	Санвузол 6 поверху

В-6	600	Адміністративно-побутові кімнати 5 та 6 поверху лівого крила
В-7	600	Адміністративно-побутові кімнати 5 та 6 поверху правого крила
В-8	1000	Адміністративно-побутові кімнати 3 та 4 поверху лівого крила
В-9	1300	Адміністративно-побутові кімнати 3 та 4 поверху правого крила
В-10	800	Адміністративно-побутові кімнати 1 та 2 поверху лівого крила
В-11	600	Адміністративно-побутові кімнати 1 та 2 поверху правого крила
В-12	400	Санвузол 5 поверху
В-13	400	Санвузол 4 поверху
В-14	400	Санвузол 3 поверху
В-15	400	Санвузол 2 поверху
В-16	300	Санвузол 1 поверху
В-17	100	Санвузол майстерні
ВП-1, ВП-2	800	Склад/база роздрібу
ВП-3, ВП-4	1200	Міжнародний цех

### **2.4.3. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів**

Аеродинамічний розрахунок системи повітропроводів виконуємо в наступній послідовності:

1. Визначаємо магістраль і відгалуження; магістраллю вважаємо найбільш довгий та навантажений повітропровід, що проходить від найдалшого припливного (витяжного) отвору до вентилятора.
2. Мережу розбиваємо на ділянки з постійною витратою і постійним розміром повітропроводу в межах кожної ділянки.

3. Ділянки нумеруємо починаючи з найбільш віддаленої від вентилятора по магістралі, а потім по відгалуженням.
4. Для кожної ділянки визначаємо довжину і витрату повітря.
5. Приймаємо орієнтовну швидкість повітря в повітропроводі за нормативними даними і визначаємо площу поперечного перерізу повітропроводу.

$$F_{op} = \frac{L}{3600 \cdot V_{op}}, \text{ м}^2 \quad (2.99)$$

де  $V_{op}$  – орієнтовна швидкість повітря на ділянці, м/с;

$L$  – об'ємна витрата повітря на ділянці, м<sup>3</sup>/год.

Швидкість повітря в повітропроводі на магістралі приймаємо до 8 м/с, на відгалуженні до 5 м/с.

6. Виходячи з конструктивних, архітектурних та інших міркувань приймаємо круглий або прямокутний повітропровід і знаходимо розміри повітропроводу, який має найближче значення  $F$ .

7. Визначаємо фактичну швидкість повітря в повітропроводі за формулою:

$$V_{\partial} = \frac{L}{3600 \cdot F_{\partial}}, \text{ м/с} \quad (2.100)$$

де  $F_{\partial}$  – дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу, м<sup>2</sup>.

8. Знаходимо значення швидкісного тиску

$$P_{\partial} = \frac{\rho V_{\partial}^2}{2}, \text{ Па} \quad (2.101)$$

9. Визначаємо значення питомих втрат тиску на ділянці за табличними даними або по формулі:

$$R = \frac{\lambda}{d} P_{\partial}, \text{ Па/м} \quad (2.102)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт опору тертя;

$$\lambda = 0,11(K_e / d + 68 \text{Re})^{0,25} \quad (2.103)$$

де  $K_e$  – абсолютна еквівалентна шорсткість поверхні повітропроводу ( $K_e = 0,1$  мм);

$$Re = \frac{Vd}{\nu} \quad (2.104)$$

$Re$  – число Рейнольдса,

10. За наступною формулою визначаємо втрати тиску на тертя на ділянці:

$$\Delta P_m = R \cdot l, \text{ Па} \quad (2.105)$$

де  $l$  – довжина ділянки, м.

11. Визначаємо втрати тиску на подолання місцевих опорів:

$$\Delta P_{m.o.} = \sum \xi \cdot P_o, \text{ Па} \quad (2.106)$$

де  $\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці, визначаємо за табличними даними виробника обладнання;

12. Сумарні втрати тиску на ділянці дорівнюють:

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_{m.o.}, \text{ Па} \quad (2.107)$$

13. Так як температура транспортованого повітря відрізняється від  $200C$ , значення втрат тиску, визначені за п.п. 10, 11 множимо на поправочні коефіцієнти  $k_1$  та  $k_2$ , відповідно, які приймаємо для повітря з температурою  $+17^{\circ}C$  рівними:  $k_1 = 1,006$  та  $k_2 = 1,009$ .

14. Втрати тиску на всіх ділянках магістралі сумуємо, сума є розрахунковою величиною для підбору вентилятора.

15. Аналогічно проводимо розрахунки для всіх ділянок системи.

16. Втрати тиску по відгалуженнях  $\Delta P_v$  і сумарні втрати тиску по магістралі від її кінця до точки підключення відгалуження  $\Delta P_m$  повинні задовольняти відношенню:

$$\Delta P_m = \Delta P_v \quad (2.108)$$

Допускається нев'язка в 10%.

Для зрівнювання розрахункових втрат тиску  $\Delta P_m$  і  $\Delta P_v$  на відгалуженнях встановлюємо регулюючі пристрої (дросель-клапани).

Таблиця 2.14

## Аеродинамічний розрахунок вентиляційної системи ПВ1

Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці	Довжина ділянки	Розміри поперечного перерізу повітропроводу	Еквівалентний діаметр	Площа поперечного перерізу	Дійсна швидкість повітря в перерізі	Коефіцієнт	Коефіцієнт $K_1$	Питомі втрати тиску на тертя	Втрати тиску на тертя на всій ділянці	Швидкісний (динамічний) тиск на ділянці	Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці	Коефіцієнт $K_2$	Втрати тиску на подолання місцевих опорів	Загальні втрати тиску на ділянці $\Delta P_{\text{діл}} = \Delta P_{\text{тер}} + \Delta P_z$	Сума втрат тиску від початку мережі	Нев'язка
№ діл.	$L_{\text{діл}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$	$l_{\text{діл}}, \text{ м}$	$a \times b$ або $d, \text{ мм}$	$d_v, \text{ мм}$	$f_{\phi}, \text{ м}^2$	$V_d, \text{ м/с}$	$\beta_{\text{ш}}$	$K_1$	$R, \text{ Па/м}$	$\Delta P_{\text{тер}}, \text{ Па}$	$P_d, \text{ Па}$	$\sum \xi_{\text{діл}}$	$K_2$	$\Delta P_{z, \text{ Па}}$	$\Delta P_{\text{діл}, \text{ Па}}$	$\Sigma \Delta P, \text{ Па}$	$H, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Магістраль (приплив)</b>																	
1	110	2,2	150	-	0,0202	1,5089	1,0	1,0	0,246	0,541	6,790	3,05	1,0	20,710	21,251	21,25	-
2	220	2,7	150	-	0,0202	3,0178	1,0	1,0	0,854	2,306	7,180	1,20	1,0	8,616	10,922	32,17	-
3	450	2,2	200	-	0,036	3,4722	1,0	1,0	1,053	2,317	8,780	1,20	1,0	10,536	12,853	45,03	-
4	590	4,2	200	-	0,036	4,5525	1,0	1,0	1,728	7,258	9,090	1,20	1,0	10,908	18,166	63,19	-
5	1215	3,56	45 x 300	-	0,135	2,5	1,0	1,0	0,220	0,783	6,910	1,20	1,0	8,292	9,075	72,27	-
6	1465	5	45 x 300	-	0,135	3,0144	1,0	1,0	0,400	2,000	8,190	1,00	1,0	8,190	10,190	82,46	-
7	1665	1,8	45 x 300	-	0,135	3,4259	1,0	1,0	0,510	0,918	10,320	1,20	1,0	12,384	13,302	95,76	-
<b>Відгалудження</b>																	



6	40	3,56	100	-	0,009	1,2346	1, 0	1, 0	0,390	1,388	9,130	3,40	1, 0	31,042	32,430	32,43	-
7	180	2,26	150	-	0,0202 5	2,4691	1, 0	1, 0	1,979	4,473	6,830	1,20	1, 0	8,196	12,669	45,10	19,8
8	163	3,4	200	-	0,036	1,2577	1, 0	1, 0	1,652	5,617	7,810	3,05	1, 0	23,821	29,437	29,44	-
9	325	2,1	200	-	0,036	2,5077	1, 0	1, 0	0,584	1,226	9,130	1,20	1, 0	10,956	12,182	41,62	20,4
10	420	5,76	15 0 x 15 0	-	0,0225	5,1852	1, 0	1, 0	2,450	14,112	6,830	1,55	1, 0	10,587	24,699	-	63,6
11	120	8,53	10 0 x 10 0	-	0,01	3,3333	1, 0	1, 0	1,820	15,525	7,810	1,20	1, 0	9,372	24,897	-	63,3

#### 2.4.4. Підбір вентиляційного обладнання

##### Розрахунок та вибір фільтра

Визначаємо необхідну площу фільтрувальної поверхні за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{L}{L_{num}} \quad (2.109)$$

L - кількість повітря, яке очищується в фільтрі, м3/год

L<sub>пит</sub> - питоме повітряне навантаження, м3/(м2·год)

$$F_{\phi} = 4,93 \text{ м}^2$$

Визначаємо розрахункову кількість ячеек фільтра типу ФяУ, прийнявши площу фільтрувальної поверхні однієї ячейки f, за формулою:

$$n_p = \frac{F_{\phi}}{f} \quad (2.110)$$

f = 0,22 м2, для ячейки фільтра типу ФяУ.

$$n_p = 22,42 \text{ шт}$$

З конструктивних міркувань приймаємо до установки

24 ячеек та за формулою визначаємо фактичну площу фільтра:

$$F_{\phi} = 5,28 \text{ м}^2$$

Визначаємо фактичне питоме навантаження на фільтр:

$$L_{num.\phi} = \frac{L}{F_{\phi}}$$

$$L_{пит.\phi} = 5595,801768 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}) \quad (2.111)$$

Визначаємо кількість пилу, який буде уловлюватись у фільтрувальній установці:

$$m_{po} = \frac{L \cdot q_n \cdot \eta}{n_y \cdot 100} \quad (2.112)$$

q<sub>п</sub> - початкова концентрація пилу, г/м3

η - ступінь очищення, %

$$m_{po} = 1,05 \text{ г/год}$$

Розраховуємо пиломісткість однієї ячейки за формулою:

$$P_1 = P \cdot f$$

$P$  - пиломісткість фільтра, г/м<sup>2</sup>

$$P_1 = 125,4 \text{ г}$$

Визначаємо час роботи фільтра до регенерації за формулою:

$$\tau = \frac{P_1}{m_{po}}$$

$$\tau = 119,84 \text{ год} \quad (2.113)$$

Визначаємо аеродинамічний опір фільтра при фактичному навантаженні:

$$\Delta P_\phi = \frac{2 \cdot \Delta P_{num} \cdot L_{num,\phi}^2}{L_{num}^2}$$

$$\Delta P_\phi = 69,58 \text{ Па} \quad (2.114)$$

### Підбір вентилятора

Підбираємо радіальний вентилятор по відомій витраті:

$$L = 29600 \text{ м}^3/\text{год}$$

З урахуванням втрат і повного тиску, тиск, який повинен створювати вентилятор в системі обчислюємо за формулою:

$$\Delta P_c = 1,1 \cdot (\Delta P_{aerod} + \Delta P_{кал} + \Delta P_\phi)$$

$$\Delta P_c = 243,8 \text{ Па} \quad (2.115)$$

По графіку для підбору радіальних вентиляторів ВР-80-75,1 лист 44 [4] вибираємо:

- вентилятор радіальний (центробіжний) сталевий типу ВР-80-75,1 №10,1
- електродвигун серії АИП-160S-8
- потужність  $N_y = 7,5$  кВт
- коефіцієнт корисної дії  $\eta = 0,81$
- швидкість обертання вентилятора  $n = 730$  об/хв.

## **Розділ 3**

# **Розрахунковий аналіз систем по забезпеченню нормованих температурних умов у приміщенні ПМПВ**

### **3.1. Порівняльний аналіз запроектованих різних видів системи опалення приміщень**

В данній проектній роботі запроектовано три різні системи для опалення приміщення ПМПВ промислової будівлі в місті Миколаїв. Як вихідні дані для розробки використана проектна документація на будівництво споруди та технічна документація на допоміжне та технічне обладнання. Всі системи опалення запроектовані на компенсацію тепловтрат через огорожувальні конструкції, нагрівання вантажу та інфільтрацію повітря.

Перша – це система опалення з повітряно-опалювальними агрегатами, які розташовані по периметру приміщення, з розподіленням струмин що покривають всю робочу зону.

В якості повітряно-опалювальних агрегатів використані електричні вентилятори фірми «Вентс». Агрегати підключені до водяної системи опалення, центром якої є ІТП, що запроектований на технічному поверсі. Температурний напір складає 700С. Розташовані агрегати на 3 м вище від робочої зони. Трубопроводи прокладені в шахтах. Регулювання системи відбувається за допомогою щитка керування який має декілька запрограмованих потужностей.

Друга система - це повітряне опалення, що забезпечується електричними калориферами.

Всі елементи є продукцією компанії «Вентс». Система забезпечує подачу теплого повітря через вихрові струмини прямо в робочу зону.

Третя система складається з електричних інфрачервоних випромінювачів, які розташовані по периметру приміщення, та можуть забезпечувати локальні зони комфорту, що є важливим для зон з різними температурними вимогами.

Всі інфрачервоні випромінювачі є продукцією компанії «Білюкс». Випромінювачі встановлені на висоті 4м над робочою зоною. Керування системами відбувається за допомогою пультів, що дозволяє збільшити енергоефективності будівлі за рахунок зменшення споживання.

Порівняльний аналіз систем опалення виробничих приміщень.

## Повітряне опалення з водяними теплообмінниками

Повітряно-водяні системи опалення використовують гарячу воду як теплоносії, яка циркулює через теплообмінники, що нагрівають повітря, яке потім розповсюджується приміщенням за допомогою вентиляторів.

Основні переваги системи:

- можливість централізованого контролю;
- підходить для великих площ приміщень.
- Швидке нагрівання приміщень.

Основні недоліки системи:

- Високі початкові витрати на встановлення.
- Складність у обслуговуванні.
- Необхідність у теплопостачанні теплообмінників.
- Нерівномірне розподілення тепла в приміщенні.

Економічний аналіз:

- Висока вартість встановлення.
- Тривалий термін окупності.
- Помірні експлуатаційні витрати завдяки ефективності системи.

## Повітряне опалення з електричними теплообмінниками

Повітряні системи опалення використовують нагріте повітря, яке розподіляється по приміщенню за допомогою каналів і вентиляторів.

Основні переваги системи:

- Швидке нагрівання приміщень.
- Можливість інтеграції з системами кондиціонування.
- Простота встановлення та обслуговування.

Основні недоліки системи:

- Нерівномірне розподілення тепла в приміщенні.
- Високі експлуатаційні витрати.
- Можливість пересушування повітря.

Економічний аналіз:

- Низька вартість встановлення.

- Високі експлуатаційні витрати через інтенсивну роботу вентиляторів і нагрівачів.
- Середній термін окупності.

### Інфрачервоне променеве опалення

Інфрачервоні системи опалення використовують інфрачервоне випромінювання для прямого нагрівання поверхонь і предметів, які потім передають тепло до навколишнього повітря.

Переваги:

- Ефективне нагрівання робочих зон без потреби нагрівати все приміщення.
- Енергоефективність завдяки прямому нагріванню.
- Зниження тепловтрат через перекриття та стіни.

Недоліки:

- Необхідність правильної установки для уникнення перегріву.
- Обмежена ефективність у приміщеннях з високою вологістю та запиленістю.

Економічний аналіз:

- Середня вартість встановлення.
- Низькі експлуатаційні витрати завдяки високій ефективності.
- Швидкий термін окупності.

Розрахунок вартості монтажу систем опалення

1. Система з повітряно-опалювальними агрегатами з водяними теплообмінниками.

Система теплопостачання теплообмінників під'єднана до вузла теплового вводу, розміщеного в індивідуальному тепловому пункті.

Вартість всіх матеріалів взята у цінах 2024 року.

Вартість повітряно-опалювальних агрегатів, а саме Vents AOB 25, складає 22 466 грн за шт.



За розрахунками запроєктовано 8 агрегатів – 179 730 грн

Змішуваний вузол підключається до калорифера ціна 1 – 23 073грн, загальна кількість 8 шт – 184 590 грн.

Труби для підключення коштують 100 грн за пог.м , довжина складає 70м – 7000 грн

Вартість проектних робіт складає 10% від обладнання – 14 000 грн.

Вартість монтажу складає 50% від загальної вартості системи і дорівнює 90 000 грн

Вартість пусконаладжувальних робіт складає приблизно 5% від вартості обладнання, і дорівнює 9000 грн

Позабюджетні витрати 1,2% від вартості обладнання і дорівнює 3600 грн

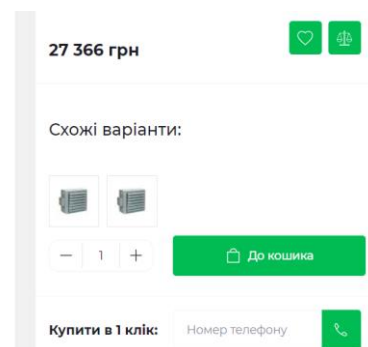
ПДВ 20%, і складає 133 330 грн

Всього: 799 980 грн.

2. Система опалення з електричними повітрянагрівачами.

Вартість всіх матеріалів взята у цінах 2024 року.

Вартість приладу, а саме Vents АОЕ 9 складає 27 366 грн за одиницю.



Загальна вартість за 8 агрегатів складає 218 880 грн.

Вартість проектних робіт складає 10% від вартості обладнання і дорівнює 22 000– грн.

Вартість монтажу 50% від вартості обладнання і дорівнює 110 000грн

Вартість пусконаладжувальних робіт 5% від вартості обладнання і дорівнює 11 000грн

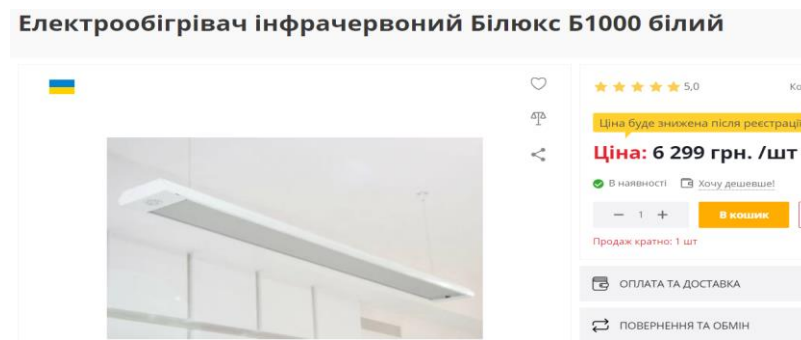
Позабюджетні витрати 1,2%, і дорівнює 2700 грн

ПДВ 20%, і складає 107 020 грн

Всього: 617 800 грн

3. Система опалення, що складається з інфрачервоних випромінювачів

Вартість інфрачервоних випромінювачів, а саме Білюкс Б1000 складає 6299 грн за одиницю.



За розрахованою потужністю системи запроєктовано 30 випромінювачів, загальна сума 188 970 грн

Проводка кабель коштує 90 грн за 1 пог.м – 350м – 31 500

Вартість проектних робіт складає 10% від вартості випромінювачів – 19 000 грн.

Вартість монтажу 50%, і дорівнює 95 500 грн

Вартість пусконаладжувальних робіт 5%, і дорівнює 9 500 грн

Позабюджетні витрати 1,2%, і дорівнює 2 300 грн

ПДВ 20%, і складає 107 150 грн

Всього: 275 901 грн .

Таблиця 3.1

### Вартісні характеристики систем опалення, грн

Найменування	Система опалення		
	Повітряна з водяними повітрянагрівачами	Повітряна з електричними повітрянагрівачами	Проміненеве опалення
Обладнання та матеріали	550 050	225 188	220 500
Проектні роботи	14 000	22 000	19 000
Монтажні роботи	90 000	110 000	95 500
Пусконаладжувальні роботи	9 000	11 000	9 500
Позабюджетні витрати	3 600	2 700	2 300
ПДВ 20%	133 330	107 020	107 150
Загальні витрати	799 980	642 090	642 920

Розрахунок вартості експлуатації систем опалення

Проведемо розрахунок експлуатаційних витрат чергових систем опалення. Розрахунок проводимо за умов тривалості опалювального періоду 182 доби, та використання системи опалення 12 годин на добу (з 8:00 по 20:00).

### 1. Повітряна система з водяними повітряонагрівачами.

Витрата на тепlopостачання рахується за формулою :

$$Q_o = Q_{оп.}^{max} \cdot \frac{t_a - t_{ср.міс.}}{t_a - t_{м.}} \cdot m \cdot n, \quad [\text{Гкал/міс}] \quad (3.1)$$

Де  $Q_{оп.}^{max}$  – максимальне теплове навантаження на опалення приміщення, [Гкал/год] ;  $t_{в.}$  – температура внутрішнього повітря в приміщенні,  $t_{в.}=18$  °С;  $t_{ср.міс.}$  – середня температура зовнішнього повітря,  $t_{ср.міс} = 0,4$

$$Q_o = 56,44 \text{ Гкал}$$

Ціна за 1 Гкал в м.Миколаїв складає 1999,08 грн Гкал

Тому ціна буде становити  $56,44 \times 1999,08 = 112\,828$  грн на рік

Потужність вентилятора одного повітряно-опалювального агрегату складає 136 Вт/год, для 8 агрегатів – 1088 Вт/год. Річна витрата складає  $2376192 \text{ Вт/рік} = 2,376 \text{ Мвт/рік}$ , і при вартості 4,32 грн за 1кВт/год = 10 264 грн за рік

Разом в рік виходить 220 210 грн

### 2. Повітряна система з електричними повітряонагрівачами

Витрата електроенергій калорифера складає 9000 Вт/год при максимальному навантаженні. Витрата електроенергії 8 агрегатами відповідно 24 655,8 кВт/рік і при вартості 4,32 грн за 1кВт/год = 106 510 грн.

### 3. Система опалення з інфрачервоними випромінювачами

Витрата електроенергії одного інфрачервоного випромінювача складає

300 Вт/год, а для 30= 9000 Вт/год. Річна витрата складає 19 656 кВт/рік, і при вартості 4,32 грн за 1кВт/год = 84 910 грн/рік.

## **3.2. Експлуатаційні характеристики систем опалення з метою забезпечення нормованих параметрів повітря за змінних технологічних процесів**

Ефективність експлуатації систем опалення оцінюється за різними критеріями, включаючи здатність підтримувати нормовані внутрішні температури при нестационарних тепловтратах та теплонадходженнях у приміщення.

### Повітряне опалення з водяними теплоагрегатами

Система повітряного опалення з водяними теплоагрегатами є ефективним рішенням для опалення виробничих приміщень. Вона поєднує в собі ефективність водяного нагріву та гнучкість повітряного розподілу тепла, забезпечує як комфортний мікроклімат, так і економічну ефективність.

Система забезпечує оптимальне використання енергії, що знижує експлуатаційні витрати також має можливість точного налаштування температури для різних зон приміщення. Висока енергоефективність забезпечується завдяки можливості використання сучасних теплоізоляційних матеріалів і автоматичних контролерів.

Але за рахунок того, що тепле повітря підіймається в гору, а холодне опускається вниз, утворює теплову подушку під стелею.

При сучасній обв'язці повітрянагревача, який обладнаний автоматичними запобіжними пристроями для контролю тиску і температури води, значно підвищує рівень безпеки, та енергоефективність системи. Має тривалий термін експлуатації за умови регулярного технічного обслуговування і використання якісних компонентів.

Функції які виконує система автоматики:

- 1.включення / виключення системи;
- 2.підтримка необхідної температури повітря в каналі подачі при включеному вентиляторі в робочому режимі;
- 3.підтримка температури зворотної води при ввімкнутом вентиляторі в черговому режимі;
- 4.треннінговий старт насоса.

Система автоматики включає програмований контроллер, проміжні реле,

пускарчі і виконавчі механізми.

Що стосується виконавчих механізмів, то їх може бути скільки завгодно. Основними з них є: привід жалюзійних ґраток, контактор вентилятора, пускарч насоса і регульований клапан. Як правило, якщо не пред'являються вимоги по жорсткій роботі жалюзійних ґраток, то її привід і контактор вентилятора об'єднують в єдині групи. Сигнал на включення / виключення вентилятора передається одночасно з сигналом відкриття жалюзійних ґраток.

Основні елементи автоматизації системи опалення:

Регулятори обертів - служать для регулювання продуктивності вентиляторів. Регулятори обертів бувають одно- і трифазні, плавного регулювання, - симісторні, чи ступінчастого - трансформаторні. При виборі регулятора для вентилятора, керуються максимальним струмом, на який він розрахований. Існують 2-х, 3-х або 5-ти ступінчасті трансформаторні регулятори обертів. Регулятори обертів дозволяють здійснювати управління як одним, так і групою вентиляторів. Головне, щоб сума струмів всіх вентиляторів не перевищувала допустимого максимального струму для даного регулятора.

Частотні перетворювачі дозволяють проводити безпечний запуск двигуна вентилятора будь-якої потужності, і що дуже важливо, - регулювання частоти його обертання шляхом зміни частоти живлячої напруги. Цей спосіб забезпечує плавне регулювання швидкості в широкому діапазоні при високій жорсткості механічних характеристик. Регулювання швидкості при цьому не супроводжується збільшенням ковзання асинхронного двигуна, тому втрати потужності при такому регулюванні мінімальні. Незважаючи на високу вартість, частотні перетворювачі у наш час отримують все ширше застосування, і не тільки у галузі систем кліматизації.

#### Датчики та інші елементи автоматики

Найпростіші і більш складні системи управління і автоматика вентиляційних систем передбачають використання таких елементів, як термостати, гігостати, пресостати. Принцип їх дії полягає у тому, що при досягненні в каналі системи або в приміщенні, де встановлені ці прилади, певної заданої величини, контакти їх розмикаються чи замикаються, відмикаючи або

вмикаючи відповідне обладнання чи інший елемент управління. Застосування даних приладів дозволяє в дискретному режимі керувати параметрами повітря в каналі або в приміщенні чи реагувати на аварійні ситуації в системі, такі, як загроза розморожування водяного калорифера, перегрів електричного нагрівача, забруднення фільтра. Датчики температури, датчики вологості, тиску, датчики CO вимірюють величину відповідного параметра і подають сигнал на управляючий пристрій, контролер або процесор. Ці прилади є невід'ємними елементами всіх систем комплексного управління параметрами повітря у приміщенні.



Рис.3.1. Датчики температури, датчики вологості, тиску

Для управління повітряними дросельними заслінками, двох- і триходовими клапанами використовуються сервоприводи. В залежності від керуючої напруги сервоприводи бувають на 220 або 24 В, двох-, трьох- або багатопозиційні, з пружинним поверненням, або без нього. Вибираючи сервоприводи, крім цього слід враховувати і зусилля повороту.

У даний час для управління системами вентиляції дуже широко використовуються програмовані контролери, в які завантажуються програмне забезпечення, спеціально розроблене для конкретного типу системи, для систем з охолоджувачами, водяними або електричними нагрівачами, для приточно-витяжних систем з рекуператорами різних типів і т.п. На їх базі створюються блоки управління, які в поєднанні з уже згаданими вище елементами, такими як регулятори обертів, частотні перетворювачі, сервоприводи, термостати і пресостати, датчики CO та датчики температури дозволяють якісно виконувати фактично будь-яке завдання з підтримання мікроклімату будь-якого приміщення.

#### Експлуатація системи опалення водяними калориферами

Експлуатація системи опалення водяними калориферами передбачає кілька важливих аспектів, які забезпечують її ефективність, надійність та довговічність.

Розглянемо основні моменти, що стосуються експлуатації такої системи.

### 1. Пусконаладжувальні роботи

Перед початком експлуатації системи необхідно провести комплекс пусконаладжувальних робіт, які включають:

- Перевірку стану всіх елементів системи (трубопроводів, калориферів, насосів, клапанів).
- Тестування системи на герметичність.
- Регулювання та налаштування системи керування для забезпечення оптимальної температури та тиску.
- Промивання системи для видалення можливих забруднень.

### 2. Режим роботи системи

Під час експлуатації важливо підтримувати оптимальний режим роботи системи, який забезпечує комфортний мікроклімат у приміщеннях. Основні параметри, які потребують постійного контролю:

- Температура теплоносія.
- Тиск у системі.
- Рівень теплоносія (води) у розширювальному баку.
- Робота циркуляційних насосів.

### 3. Періодичне обслуговування

Регулярне технічне обслуговування є ключовим фактором для безперебійної роботи системи опалення:

- Огляд та очищення калориферів: калорифери слід очищати від пилу та бруду, який може накопичуватися на поверхні теплопередачі, що знижує ефективність системи.
- Перевірка та заміна фільтрів: у системах з водяними калориферами часто встановлюються фільтри для очищення води від механічних домішок. Фільтри необхідно регулярно перевіряти та замінювати.
- Контроль стану трубопроводів: перевірка на наявність протікань, корозії або інших пошкоджень.
- Регулювання системи керування: налаштування автоматичних регуляторів температури та тиску для забезпечення стабільної роботи системи.

#### 4. Удосконалення та модернізація

З часом можлива потреба у модернізації системи для підвищення її ефективності:

- Встановлення сучасних автоматичних регуляторів: сучасні системи автоматизації дозволяють більш точно контролювати параметри опалення та знижувати енергоспоживання.

- Покращення ізоляції трубопроводів: додаткова ізоляція може зменшити тепловтрати та підвищити загальну ефективність системи.

#### 5. Експлуатація в умовах змінних навантажень

У разі зміни умов експлуатації (збільшення або зменшення кількості тепла, необхідного для обігріву приміщень) система повинна швидко адаптуватися:

- Автоматичне регулювання температури: встановлення автоматичних клапанів та регуляторів, які реагують на зміну температури в приміщенні.

- Зміна режимів роботи насосів: високоефективні насоси можуть автоматично змінювати швидкість циркуляції води залежно від потреб у теплі.

#### Повітряне опалення з електричними повітрянагрівачами

Повітряні системи швидко реагують на зміни температури, забезпечуючи швидке прогрівання або охолодження приміщення. Також вони гнучкі у регулюванні та легко контролювати і налаштовувати температурні режими завдяки системам автоматики.

Вентилятори забезпечують циркуляцію теплого повітря по всьому приміщенню. Термостати і контролери використовуються для регулювання температури та автоматичного керування системою

З іншої сторони, повітря має меншу теплоємність порівняно з водою, що може призводити до нерівномірного розподілу температур у великих приміщеннях. Частіше потребує більшої кількості енергії для підтримання комфортних умов.

Електричні калорифери виготовляються в корпусі з оцинкованої нержавіючої сталі, або з харчової, що зустрічається рідше. Найкращим варіантом вважається калорифер з теплоізолюваним корпусом - він

продовжить терміни служби всіх елементів обладнання, і спростить вам монтаж, тому що не потрібно додатково облаштовувати теплоізоляцію. Часто такий корпус має панель, яку легко відкрити, що спрощує обслуговування калорифера. Що стосується внутрішніх елементів, то основна та найважливіша частина – це ТЕН (нагрівальний елемент). Так само, конструкція електричних калориферів має на увазі клемне, або силове відділення. Воно призначене для утримання всіх елементів підключення приладу до електроживлення, а також елементів автоматики.. Для того щоб забезпечити захист нагрівача, калорифери вбудовані два термостати. Вони запобігають перегріву Тена і працюють за принципом on/off. При перегріві, якщо температура досягає 60-90 ° С, спрацьовує режим «Аварія». Також необхідна установка щита управління КВП, який розмикає подачу живлення ТЕНів калорифера.

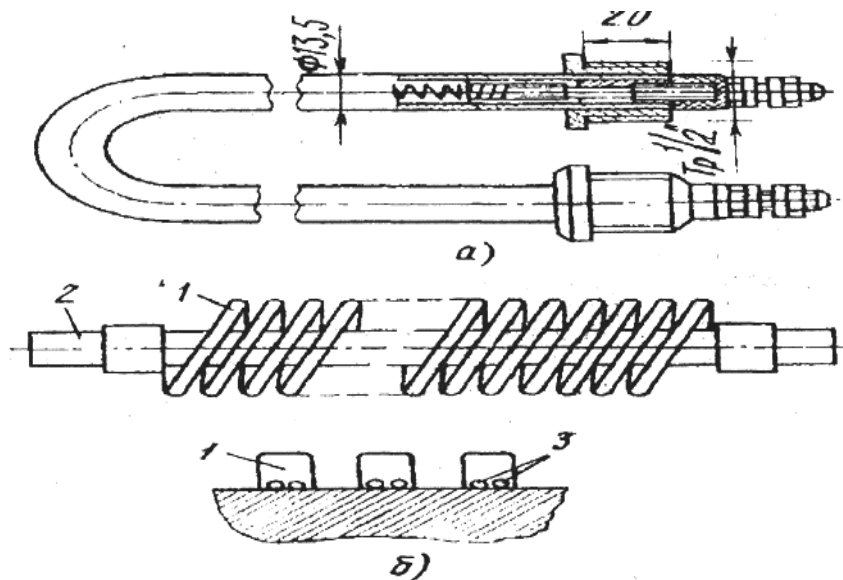


Рис.3.2. Нагрівальний елемент:

*a* - ТЕН, *б* - біспіральний; 1 - спіраль, 2 - ізоляційний стрижень, 3 - ніхромовий провід.

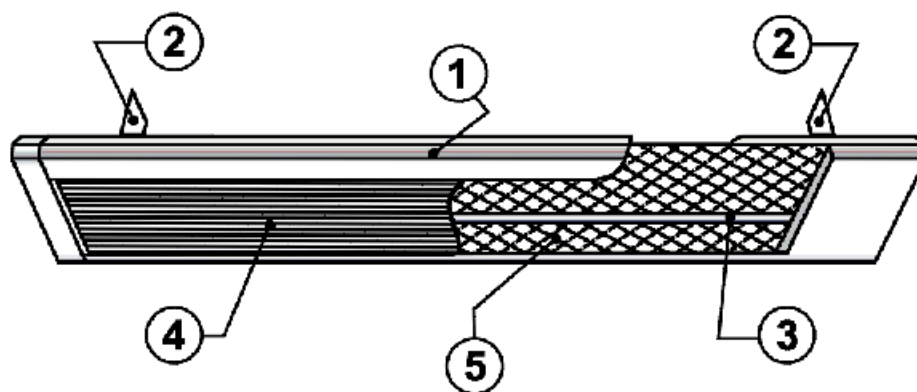
### Інфрачервона променева система опалення

Інфрачервоні обігрівачі нагрівають поверхні і предмети, які потім віддають тепло повітрю, що дозволяє зменшити тепловтрати через перекриття. Променева система забезпечує ожливість ефективного обігріву конкретних зон приміщення, що знижує загальні енергетичні витрати. Також інфрачервоні обігрівачі швидко нагрівають об'єкти в зоні дії, що дозволяє оперативно змінювати температурний режим.

Проте може виникати нерівномірне прогрівання великих приміщень, якщо обігрівачі неправильно розташовані. Також інфрачервоні системи можуть бути дорожчими в установці порівняно з повітряними системами.

Незалежно від фірми виробника і моделі, електричний інфрачервоний обігрівач складається з наступних основних деталей:

- металевого корпусу, покритого шаром термостійкої емалі;
- нагрівального елемента (ТЕНа);
- випромінювальної пластини, виготовленої з алюмінію і покритою шаром теплової ізоляції;
- кріплення (якщо обрана модель призначена для кріплення до стіни або стелі).



- 1 Металевий корпус
- 2 Елемент для кріплення
- 3 ТЕН
- 4 Нагрівальний елемент з анодованого алюмінію
- 5 Теплоізолятор

Рис.3.3. Елемент електричного інфрачервоного обігрівача

При використанні інфрачервоного опалення густина променевої енергії зменшується зі збільшенням відстані від джерела випромінювання. У зв'язку з цим, при розрахунках систем опалення з інфрачервоними джерелами необхідно знаходити точки з максимальною та мінімальною інтенсивністю випромінювання з метою забезпечення належного теплового режиму. Корисну частину тепла, отриманого від випромінювача, складає тепло, що поглинається предметами, огорожувальними конструкціями та людиною.

На інтенсивність та ефективність роботи інфрачервоних нагрівачів у

виробничих приміщеннях з метою їх опалення впливають такі фактори як абсорбційні втрати та втрати на розсіювання. Триатомні гази, а також пил в залежності від відстані до нагрівача, поглинають частину випромінювання, що і визначає втрати на абсорбцію, які складають близько 3–6 %. Втрати на розсіювання спричиняються відбиванням частини променів від поверхонь, що призводить до згасання їх дії.

Компоненти системи автоматики:

#### 1. Термостати:

- Механічні термостати: Прості у використанні, дозволяють задавати бажану температуру вручну.
- Електронні термостати: Мають більш точне регулювання температури та можуть включати додаткові функції, такі як програмування режимів роботи.
- Програмовані термостати: Дозволяють налаштовувати різні температурні режими на добу або тиждень, що підвищує енергоефективність системи.

#### 2. Датчики температури:

- Інфрачервоні датчики: Вимірюють температуру поверхонь у приміщенні для більш точного контролю нагрівання.
- Повітряні датчики температури: Вимірюють температуру повітря, забезпечуючи контроль мікроклімату в приміщенні.

#### 3. Контролери:

- Прості контролери: Керують роботою нагрівачів на основі сигналів від термостатів та датчиків температури.
- Інтелектуальні контролери: Використовують алгоритми для оптимізації роботи системи, враховуючи зовнішні фактори, такі як час доби, рівень сонячного освітлення тощо.

#### 4. Системи дистанційного керування:

- Пульт дистанційного керування: Дозволяє змінювати налаштування системи опалення на відстані.
- Мобільні додатки: Дозволяють керувати системою опалення за допомогою смартфона або планшета, забезпечуючи віддалений доступ до налаштувань.

#### 5. Системи зонірування:

- Зонірування: Дозволяє регулювати температуру в різних зонах приміщення незалежно одна від одної, що підвищує комфорт та знижує енергоспоживання.

Типи систем автоматики:

1. Системи з централізованим керуванням:

- Всі компоненти системи підключені до одного центрального контролера, який здійснює контроль та управління роботою нагрівачів.

- Підходять для великих приміщень або комплексів будівель, де потрібно централізоване керування всіма системами опалення.

2. Системи з децентралізованим керуванням:

- Кожен нагрівач або група нагрівачів мають свій власний контролер, що дозволяє більш гнучко налаштовувати температуру в різних частинах приміщення.

- Підходять для приміщень зі змінними умовами експлуатації або з різними вимогами до мікроклімату в різних зонах.

### **3.3. Технічно-економічне обґрунтування вибору енергощадної системи опалення приміщення ПМПВ**

Промєневе опалення з виявляється найбільш вигідним варіантом для виробничих приміщень з точки зору економічної ефективності та простоти обслуговування. Воно забезпечує ефективне нагрівання робочих зон, знижуючи загальні витрати на опалення але збільшує тепловтрати через перекриття та стіни.

Промєневе опалення підходить для швидкого нагрівання приміщень і є відносно дешевим у встановленні, має низькі експлуатаційні витрати порівняно з іншими варіантами опалення.

## Розрахунок експлуатаційних витрат, грн

Найменування	Система опалення		
	Повітряна з водяними повітронагрівачами	Повітряна з електричними повітронагрівачами	Променеве опалення
Вартість експлуатації	220 210	181 810	155 730

Технічні аспекти

## 1. Висока енергоефективність

Інфрачервоні обігрівачі використовують електромагнітні хвилі для передачі тепла безпосередньо до поверхонь та об'єктів, які потім віддають тепло у навколишнє повітря. Це дозволяє зменшити втрати енергії та досягти вищого ККД (коефіцієнту корисної дії) порівняно з традиційними системами опалення.

## 2. Швидкий обігрів

Інфрачервоні системи забезпечують швидкий нагрів приміщення, оскільки теплові хвилі починають діяти миттєво після увімкнення обігрівачів. Це особливо важливо у виробничих приміщеннях, де необхідно швидко забезпечити комфортні умови для працівників.

## 3. Рівномірний розподіл тепла

Інфрачервоне опалення забезпечує рівномірний розподіл тепла по всьому приміщенню, оскільки тепло передається безпосередньо до поверхонь, а не через повітря. Це дозволяє уникнути зон з надмірним або недостатнім нагрівом.

## 4. Зменшення тепловтрат

Оскільки інфрачервоні обігрівачі нагрівають безпосередньо об'єкти, а не повітря, значно зменшуються втрати тепла через вентиляцію. Це робить інфрачервоне опалення ефективнішим у приміщеннях з великими об'ємами та

висотою стель.

#### 5. Можливість точкового обігріву

Інфрачервоні обігрівачі можуть бути налаштовані для обігріву конкретних зон або робочих місць, що дозволяє забезпечити комфортні умови саме там, де це необхідно. Це корисно у великих виробничих приміщеннях з різними зонами активності.

#### 6. Зменшення пилу і шуму

На відміну від систем повітряного опалення, інфрачервоне опалення не створює циркуляцію повітря, що зменшує підйом пилу та забезпечує більш чисте робоче середовище. Крім того, інфрачервоні обігрівачі працюють тихо, що сприяє поліпшенню акустичного комфорту в приміщенні.

#### 7. Легкість установки і обслуговування

Інфрачервоні обігрівачі мають просту конструкцію, що полегшує їх монтаж та обслуговування. Вони не потребують складних трубопроводів чи систем вентиляції, що знижує витрати на встановлення та підтримку.

#### 8. Зменшення конденсації та вологості

Оскільки інфрачервоні системи нагрівають безпосередньо об'єкти, а не повітря, зменшується ризик конденсації на поверхнях та підвищеної вологості.

Але має певні недоліки:

- Середні початкові витрати на встановлення.
- Потреба у правильному розміщенні інфрачервоних обігрівачів для забезпечення рівномірного нагрівання.
- Можливість дискомфорту через пряме опромінення людей

#### Висновок

Вибір системи опалення з електричними калориферами є економічно обґрунтованим для багатьох приміщень, особливо там, де потрібна швидка та точна регуляція температури без значних початкових витрат. Мінімальні вимоги до обслуговування та можливість зниження експлуатаційних витрат завдяки сучасним системам автоматичного контролю роблять інфрачервоні панелі привабливим варіантом для різних типів будівель.

За розрахунками наведеними в *Таблиці 3.3* видно, що променева система більш енергоефективна в експлуатації відносно інших.

З точки зору забезпечення нормованих внутрішніх температур за нестационарних тепловтрат та теплонадходжень, промене опалення є найбільш вигідним варіантом завдяки високій енергоефективності, низьким експлуатаційним витратам та середньому терміну окупності.

## **Розділ 4**

# **Технології та організація монтажу інженерних систем**

#### 4.1. Технології монтажу системи вентиляції

Монтаж систем вентиляції виконують відповідно до чинних вимог [10], Проектної документації та Проекта виконання робіт (ПВР). Заміна передбачених проектом матеріалів допускається тільки по узгодженню з проектною організацією, Замовником і Генпідрядником.

Спосіб монтаж повітроводів вибирають залежно від їх положення (горизонтальне, вертикальне), розміщення відносно конструкцій (всередині чи ззовні будівлі, біля стіни, біля колон, між фермами, в шахті, на горищі тощо) і характеристики будівлі (одно- чи багатоповерхова, промислова, громадська і т.д.).

Головні вимоги до виконаного монтажу системи вентиляції полягають в досягненні проектних параметрів повітряного середовища у вентиляльованих приміщеннях, забезпеченні якості (дизайну) і термінів експлуатації.

##### Будівельна готовність для виконання монтажних робіт

До початку монтажу вентиляційних систем потрібне завершення і прийняття Замовником таких робіт:

- монтаж межповерхових перекриттів, стін і перегородок;
- отвори в стінах, перегородках, перекриттях і покриттях, необхідні для прокладання повітропроводів;
- оштукатурювання (або оздоблення) поверхонь стін і ніш у місцях прокладання повітропроводів;
- встановлені відповідно до робочої документації закладні деталі в будівельних конструкціях для кріплення повітропроводів;
- забезпечена можливість підключення електроінструментів, а також електрозварювальних апаратів на відстані не більше ніж 50 м один від одного;
- засклені віконні пройми в зовнішніх огороженнях, утеплені входи і зовнішні отвори;
- виконані заходи з охорони праці, які забезпечують безпечне виконання монтажних робіт.

Приймання об'єкту під монтаж здійснює комісія в складі представників монтажної організації, генпідрядника і замовника зі складанням Акту приймання

приміщення чи приміщень (будівлі) під монтаж.

Під час приймання об'єкту під монтаж перевіряють:

- відповідність вимогам чинних норм;
- наявність і правильне оформлення актів приймання-передачі об'єкта;
- геометричні розміри і прив'язки до будівельних конструкцій отворів для проходження повітроводів, монтажних проїомів;
- правильність установки закладних деталей;
- влаштування огорожень проїомів, настилів і навесів.

### Монтажні роботи

У склад робіт, які виконують при монтажі систем вентиляції, входять:

- комплектація повітропроводів і елементів по вузлам і секціям;
- укрупнена збірка у вузли;
- установка риштувань або помостів, драбин;
- монтаж металевих конструкцій для кріплення повітроводів;
- установка вузлів повітропроводів в проєктне положення;
- з'єднання вузлів між собою.

Монтаж металевих повітропроводів виконується, як правило, укрупненими блоками в такій послідовності:

- розмітка місць установки засобів кріплення повітроводів;
- установка засобів кріплення;
- погодження з будівельниками місць розміщення и способів кріплення вантажопідйомних засобів;
- установка вантажопідйомних засобів;
- доставка до місця монтажу деталей повітропроводів;
- перевірка комплектності і якості доставлених деталей повітропроводів;
- збірка деталей повітропроводів в укрупнені блоки;
- установка блока в проєктне положення і закріплення його;
- установка тимчасових заглушок на верхні торці вертикальних повітропроводів.

Нижче наведено схему організації монтажу укрупненими блоками горизонтальних повітропроводів.

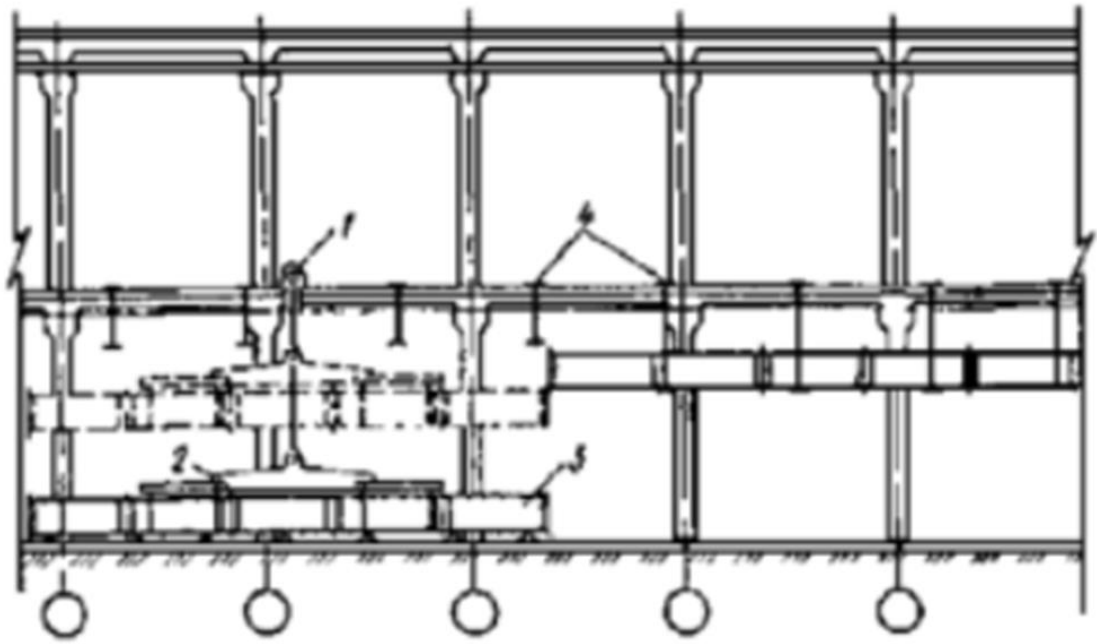


Рис. 4.1. Схема організації монтажу горизонтальних повітропроводів всередині приміщення:

1 – лебідка; 2 – траверса; 3 – укрупнений вузол повітропроводу; 4 – підвіски

Довжина блока визначається розмірами перетину і типом з'єднання повітропроводів, умовами монтажу і наявністю вантажопідйомних засобів.

Довжин укрупнених блоків горизонтальних повітропроводів, які з'єднані на фланцях або зварюванні, не перевищує 10 м.

Довжина укрупнених блоків горизонтальних повітропроводів, які з'єднані на ніпелях чи в розтруб, не перевищує 6 м.

Кріплення вертикальних металевих повітропроводів встановлюють на відстані не більше 4 м один від одного. Не можна виконувати кріплення ростяжок і підвісок безпосередньо до фланця повітропроводу.

Хомути монтують зв щільним захватом по поверхні металевого повітропроводу. Вільно підвішені повітропроводи розчалюють, встановлюючи подвійні підвіски через кожні дві одинарні підвіски при довжині підвіски від 0,5 до 1,5 м. При довжині підвісок більше ніж 1,5 м подвійні підвіски встановлюють через кожну одинарну підвіску.

Як приклади нижче наведено способи монтажного стропування виробів і обладнання (рис. 4.2, рис. 4.3). Стропування повітропроводів виконують тільки інвентарними

вантажопідійомними засобами.



Рис. 4.2. Стропування вертикального повітровода

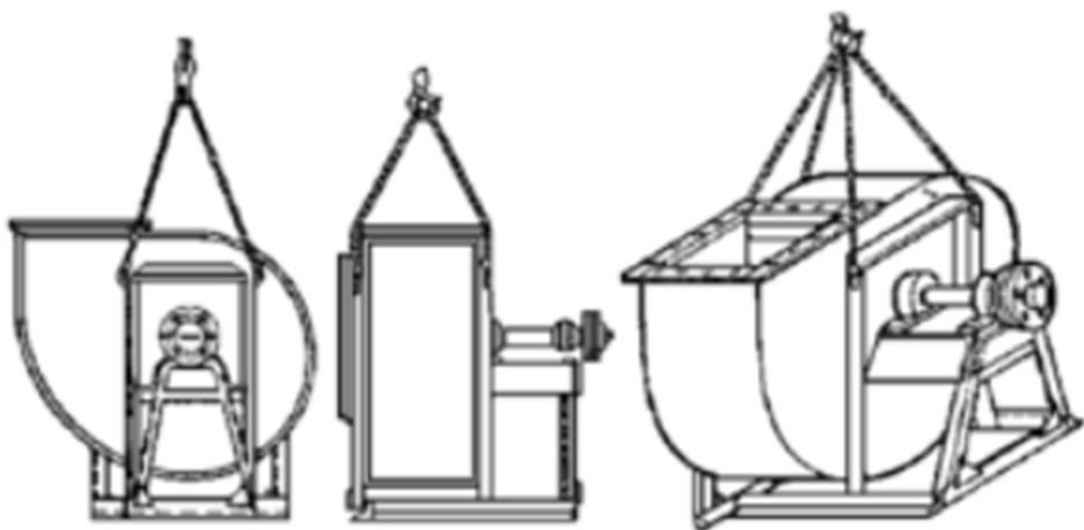


Рис. 4.3. Стропування вентиляторів

Під час монтажу повітропроводів потрібно здійснювати поопераційний контроль відповідно до монтажної схеми в комплектувальній відомості (див. графічну частину роботи - аркуш 10) та Карти операційного контролю (табл. 4.1).

## Карта операційного контролю монтажу металевих повітропроводів

Технологічний процес	Контрольовані показники	Вимірювальний інструмент	Вид контролю	Відповідальний за контроль
Поставка деталей повітропроводів до місця монтажу	Перевірка комплектності системи вентиляції (наявність регулюючих пристроїв, засобів кріплення кріплення і т.д.)	-	Постійний 100%. Візуально. Відповідно до комплектувальної відомості, монтажною схемою, ескізам	
Розмітка місць установки засобів кріплення повітропроводів	Крок установки кріплень відповідно до чинних вимог	Рулетка $I = 10$ м, шнур, висок будівельний $M = 200$ г	Постійний 100%	
Свердління отворів в будівельних конструкціях	Глибина свердління	Глибиномір	Постійний 100%	
Установка засобів кріплення	Міцність установки кріплень	-	Постійний 100% Візуально	
Збірка в укрупнені вузли деталей повітропроводів, регулюючих і повітророзподільчих пристроїв на площадці	Правильність збірки згідно з проектом. Герметичність з'єднань	-	Візуально Постійний 100%	
Підйом на проектну відмітку і з'єднання між собою укрупнених вузлів повітропроводів з попереднім закріпленням	Положення поперечних швів і раз'ємних з'єднань повітропроводів відносно будівельних конструкцій. Вертикальність стояків. Відсутність зломів, кривизни на прямих ділянках повітропроводів	Висок будівельний $m=200$ г, рівень $I = 300$ мм	Візуально Постійний 100%	
Виверка смонтованих воздуховодов и окончательное закрепление их	Горизонтальність установки повітропроводів і дотримання ухилу розподільчих ділянок повітропроводів. Щільність захвату повітропроводу хомутами. Надійність і зовнішній вигляд кріплень	Метр металевий, рулетка $I = 10$ м, рівень $I = 300$ мм	Постійний 100%. Візуально	
Приєднання повітропроводів до вентиляційного обладнання	Правильність установки м'яких вставок (відсутність провисання)	-	Постійний 100%. Візуально	
Опробування дії регулюючих пристроїв	Плавність роботи регулюючих пристроїв	-	Вихідний 100%. Візуально	

## 4.2. Організація будівельно-монтажних робіт

Організація виконання монтажних робіт здійснюється відповідно до нормативних вимог [12] та Проекту виконання робіт (ПВР), який розробляється виконавцем робіт.

Планування і здійснення організаційних заходів по організації будівельного виробництва базується на прийнятій технології виконання будівельних процесів.

Проект виконання робіт розробляється на підставі робочої документації на окремі монтажні роботи і включає:

- календарний план-графік виконання відповідних робіт;
- будівельний генеральний план;
- дані про потребу в основних матеріалах, конструкціях і виробках, а також використовуваних машинах, пристосуваннях і оснащенні;
- технологічні карти виконання робіт із додатком схем послідовності виконання робіт і операційного контролю якості;
- коротку пояснювальну записку.

Календарний план-графік встановлює технологічну послідовність виконання робіт, їх взаємне ув'язування виконання в часі і просторі, терміни виконання різних робіт та потребу в трудових, технічних, матеріальних і фінансових ресурсах.

Вихідними даними для складання календарних планів будівництва окремих будівель і споруд, які розробляються в складі проекту виконання робіт є:

- календарний план будівництва в складі проекту організації будівництва (ПОБ);
- проектно-кошторисна (робоча) документація;
- терміни будівництва (нормативні, директивні ін.);
- дані про будівельну організацію, яка здійснює будівництво (чисельність і склад по професіям робітничих кадрів, кількість і номенклатура механізмів, склад матеріально-технічної бази, досягнутий виробіток і інші);
- технологічні карти на будівельні, монтажні і спеціальні роботи;
- дані інженерних вишукувань про умови району будівництва;

- чинна нормативна, інструктивна, довідкова документація, а також проекти-аналоги.

Календарний план будівництва окремих будівель і споруд складається з двох частин:

1) розрахункової: шифр робіт, перелік робіт, обсяг робіт, нормативний документ, норми часу на одиницю виміру, трудові витрати, число змін, кваліфікаційний склад бригади чи ланки, чисельність робітників в зміну, планова тривалість робіт, відсоток виконання норми;

2) графічної – лінійній та сітковий графіки виконання монтажних робіт, графік зміни чисельності робітників на об'єкті.

Розробка календарного план-графіка виконується в такій послідовності:

- визначають номенклатуру (перелік) робіт із встановленням їх технологічної послідовності;

- розраховують обсяги робіт;

- визначають методи виробництва кожного виду робіт і підбирають механізми;

- розраховують трудомісткість і машиномісткість робіт;

- встановлюють змінність робіт;

- визначають тривалість робіт кожного виду;

- розраховують склад бригад і ланок;

- розробляють графічну частину плану;

- коригують календарний графік за термінами виконання будівництва.

У даній роботі розроблено календарний план-графік (див. графічну частину – аркуш 10) монтажу системи вентиляції з побудовою лінійного і сіткового графіків та графіка зміни чисельності робітників на об'єкті.

## **Розділ 5**

# **Охорона праці та навколишнього середовища**

## **ЗАХОДИ ПРОФІЛАКТИКИ ВИЯВЛЕНИХ ФАКТОРІВ**

### Падіння людей з висоти

Пройми в стінах та пере стінках, які розташовані на висоті 0,7м і більше від рівня перекриття, повинні мати огорожу висотою не менше 1,1м та бортову дошку висотою не менше 0,15 м. Стійкі огорожі встановлюються з кроком не більше 2 м та зв'язують двома горизонтальними зв'язками.

Пройми в перекритті закриваються суцільними настилами або огорожуються захисною огорожею.

При роботі на висоті монтажники та інші робочі повинні бути забезпечені поясами та приладами.

### Падіння конструкцій та інших предметів

Забороняється монтувати елементи без монтажних петель.

Строповку елементів систем вентиляції проводити по раніш розроблених схемах. Способи строповки елементів конструкцій та обладнання повинні забезпечувати їх подавання до місця встановлення в положенні, близькому до проектного.

Під час перерв в роботі не дозволяється залишати елементи конструкцій та обладнання не закріпленими.

### Електричний струм

При влаштуванні електричних мереж на будівельному майданчику необхідно передбачити можливість відключення всіх електроустановок в межах окремих об'єктів та ділянок робіт.

Струмопровідні частини електроустановок повинні бути ізольовані, огорожені або розміщені в місцях, недоступних для дотику до них.

Електрозварювальна установка повинна приєднуватися до джерела живлення через рубильник та запобіжники чи автоматичний вимикач.

### Виробничий шум

Рівні звукового тиску на робочих місцях в нормованому частотному діапазоні не повинні перевищувати нормативних значень.

Для створення нормальних умов праці слід стежити за тим, щоб рівень шуму не перевищував гранично допустимого рівня 85 дБ.

Для захисту робочих від шуму на системах вентиляції передбачене влаштування шумоглушників (секцій шумоглушника припливної камери).

#### Вібрація

Вібрація на робочих місцях не повинна перевищувати нормативних значень.

Для захисту працюючих від вібрації на агрегатах систем вентиляції передбачається встановлення гнучких вставок і віброізоляторів.

#### Освітленість робочих місць

Для ділянок де проводиться монтаж системи вентиляції та опалення передбачено рівномірне освітлення. При цьому освітленість повинна бути не менше 50 лк.

При недостатньому природному освітленні та для освітлення в той період, коли природного світла недостатньо або воно відсутнє, передбачено штучне електричне освітлення.

Освітлення ділянок виконання робіт здійснюється за допомогою ламп накаливання.

#### Атмосферна електрика

Для захисту промислової будівлі від блискавки на покрівлі будівлі встановлена блискавкоприймальна сітка (кроком 3х3м, Ø25мм). Блискавкоприймальна сітка з'єднується з контуром заземлення за допомогою токовідводів, виконаних з круглої сталі діаметром 8мм.

#### Пожежонебезпечність

На випадок пожежі із будівлі запроектовано два входи і виходи. Кожне приміщення обладнане системами пожежної сигналізації та пожежного гасіння. Для запобігання розповсюдження вогню по повітроводам передбачене встановлення вогнезатримуючих клапанів.

#### Термічний фактор

При газовому зварюванні виникає небезпека виникнення пожежі або вибуху. При горінні газового полум'я виникає велика температура та ультрафіолетове випромінювання, яке дуже небезпечно для зору людини.

Балони з газом та киснем потрібно тримати окремо на відстані не ближче 10м один від одного та не ближче 10м від відкритого газового полум'я. Легкозаймісті матеріали повинні бути якнайдалі від відкритого полум'я та гарячих відходів зварювання.

При зварюванні робітник повинен мати захисну одягу та окуляри.

Висновок. Інженерного рішення потребують:

1. Час евакуації людей з приміщення.
2. Розрахунок освітлення.
3. Час евакуації людей

Час евакуації людей із будинку не можна встановити дослідним шляхом, тому що не можна змодельовати поведінку людей в екстремальних умовах. Час евакуації людей розраховують на етапі проектування будинків.

Розрахунковий час евакуації людей і визначається як сума часу руху людського потоку по окремих ділянках шляху:

$t_p = t_1 + t_2 + \dots + t_i$ , де  $t$  - час руху людського потоку на ділянках.

Час руху на ділянках шляху:  $t = l/V$ , [16]

де  $V$ , м/хв - швидкість руху людського потоку по табл. 3 залежно від щільності  $D$ .

Щільність людського потоку  $D$ , що має довжину  $l$  і ширину  $5$ , дорівнює:

$$D = Nf/l\delta \quad (5.1)$$

Розрахункова тривалість вимушеної евакуації людей повинна дорівнювати або бути меншою необхідного часу евакуації.

Якщо час евакуації, отриманий розрахунком, перевищує необхідний, то це значить, що потрібно переглянути ширину сходов і евакуаційних виходів.

Розрахунок закінчується визначенням тривалості повної евакуації людей із будинку залежно від пропускної спроможності зовнішніх дверей:

$$t_p = t_0 + N/\sum \delta q = t_{нб.}, \quad (5.2)$$

де  $t_0$  - час до початку евакуації через зовнішні двері, хв;  $\delta q$  - сумарна ширина зовнішніх дверей, м,  $N$  - загальна кількість людей, що евакуюються з будинку.

### **Розрахуємо час евакуації людей.**

Людині для евакуації з приміщення ПМПВ необхідно подолати шлях від

найдалшого кута від сходів до сходів, по сходах на перший поверх, потім уздовж стіни у тамбур і потім на вулицю.

Час руху людського потоку до сходів при довжині  $L=70$  м і при щільності людського потоку  $D=0,05$  м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Швидкість людського потоку  $V=100$  м/хв, тоді

$$t_1 = 70/100 = 0,70 \text{ хв.} \quad (5.3)$$

Час руху людського потоку на перший поверх по сходах при довжині  $L=26$  м і при щільності людського потоку  $D=0,20$  м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Швидкість людського потоку  $V=68$  м/хв, тоді

$$t_2 = 26/68 = 0,38 \text{ хв.} \quad (5.4)$$

Час руху людського потоку сходів до виходу на вулицю при довжині шляху  $L=8,7$  м і при щільності людського потоку  $D=0,10$  м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Швидкість людського потоку  $V=80$  м/хв, тоді

$$t_3 = 8,7/80 = 0,11 \text{ хв.} \quad (5.5)$$

Час руху людського потоку через зовнішні двері, шириною  $\delta=1$  м, на вулицю при щільності людського потоку  $D=0,40$  м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> і при кількості людей  $N=40$  чоловік. Інтенсивність руху  $q=18,4$  м/хв, тоді

$$t_4 = 40/(1 \cdot 18,4) = 2,17 \text{ хв.} \quad (5.6)$$

Знайдемо загальний розрахунковий час евакуації:

$$t_p = 0,7 + 0,38 + 0,11 + 2,17 = 3,36 \text{ хв} \quad (5.7)$$

Необхідний час евакуації при обсязі приміщення  $42768$  м<sup>3</sup> і категорії виробництва В  $t_n=7,25$  хв.

Розрахункова тривалість вимушеної евакуації людей повинна дорівнювати або бути меншою необхідного часу евакуації.

В нас  $t_p < t_n$  ( $3,36 < 7,25$ ).

Висновок: час евакуації, отриманий розрахунком, не перевищує необхідний, то це значить, що не потрібно переглядати ширину сходових і евакуаційних обліком усіх падаючих на неї прямих і відбитих потоків світла. Перехід від середньої освітленості виходів.

### Розрахунок освітлення

Метод світлового потоку дозволяє забезпечити середню освітленість поверхні з обліком усіх падаючих на неї прямих і відбитих потоків світла. Перехід від

середньої освітленості до мінімального здійснюють приблизно. Відповідно до цих особливостей метод застосовують для розрахунку загального рівномірного висвітлення горизонтальних поверхонь. Необхідний потік лампи

$$\Phi = E_{\text{нк}} A z / (\eta N), \quad (5.8)$$

де  $L$  — освітлювана площа,  $m^2$ ;  $z$  — коефіцієнт мінімальної освітленості. Приблизно при висвітленні приміщення світильниками, розташованими по вершинах квадратних полів, приймають  $z=1,15$ , при висвітленні лініями люмінесцентних світильників  $z=1,1$ ;  $\tau$  — коефіцієнт використання світильників, обумовлений поиндексом приміщення  $i$  і коефіцієнтам відображення стелі  $r_p$ , стін  $r_c$ , поляр;  $N$  — кількість світильників. Індекс приміщення

$$i = ab / [h(a + b)], \quad (5.9)$$

де  $a$  і  $b$  — довжина і ширина приміщення,  $m$ ;  $h$  — розрахункова висота,  $h = H - h_c - h_r$ ,  $m$  ( $h_c$  — висота від світильника до стелі,  $m$ ;  $h_r$  — висота до освітлюваної горизонтальної поверхні від підлоги,  $m$ ).

Розрахуємо освітлення.

Спроекуємо загальне освітлення в приміщенні (ПМПВ) з розмірами  $54,4 \times 48,4 \times 6,0$   $m$ , в котрому освітленість повинна бути за ДБН 2.5.-28-2006 – 95лк.

Визначимо тип, марку та кількість світильників, які потрібні для освітлення приміщення залу відпочинку.

Рішення.

Так як ми будемо застосовувати лампи ЛЛ, то коеф. запасу  $k=1,5$ , приймаємо коеф. мінімальної освітленості  $z=1,1$ .

Орієнтовно можна прийняти коеф. відбиття: стелі  $r_p=30\%$ , стін  $r_c=10\%$  і підлоги  $r_r=10\%$ .

Знайдемо індекс приміщення за формулою :

$$i = ab / [h(a + b)], \quad [15] \quad (5.10)$$

де розрахункова висота  $h = H - h_c - h_r$ ,  $m$ ,

де  $h_c$  — висота від світильника до стелі,  $h_c=0,5$   $m$ ;

де  $h_r$  — висота до освітлюваної горизонтальної поверхні,  $h_r=0,5$   $m$ ;

$$h = 6,0 - 0,5 - 0,5 = 5 \text{ м},$$

$$i = 54,4 \times 48,4 / [5 \times (54,4 + 48,4)] = 5,12 \quad (5.11)$$

Тоді по таблиці значень коефіцієнта використання світильників  $\eta = 62\%$ .  
Потрібний світловий ІС по формулі (8.1) дорівнює

$$\Phi_{\text{л}} = 95 \times 1,5 \times 54,4 \times 48,4 \times 1,1 / 0,62 = 665671 \text{ лм.} \quad (5.12)$$

Для освітлення використовуються люмінесцентні світильники фірми iTwins\70-1-9300 (СУС-2-70). Світильник має світловий потік 9300 лк, тоді для освітлення всієї площі приміщення потрібно  $665671/9300=71,57$ шт.

Приймаємо 72 світильники.

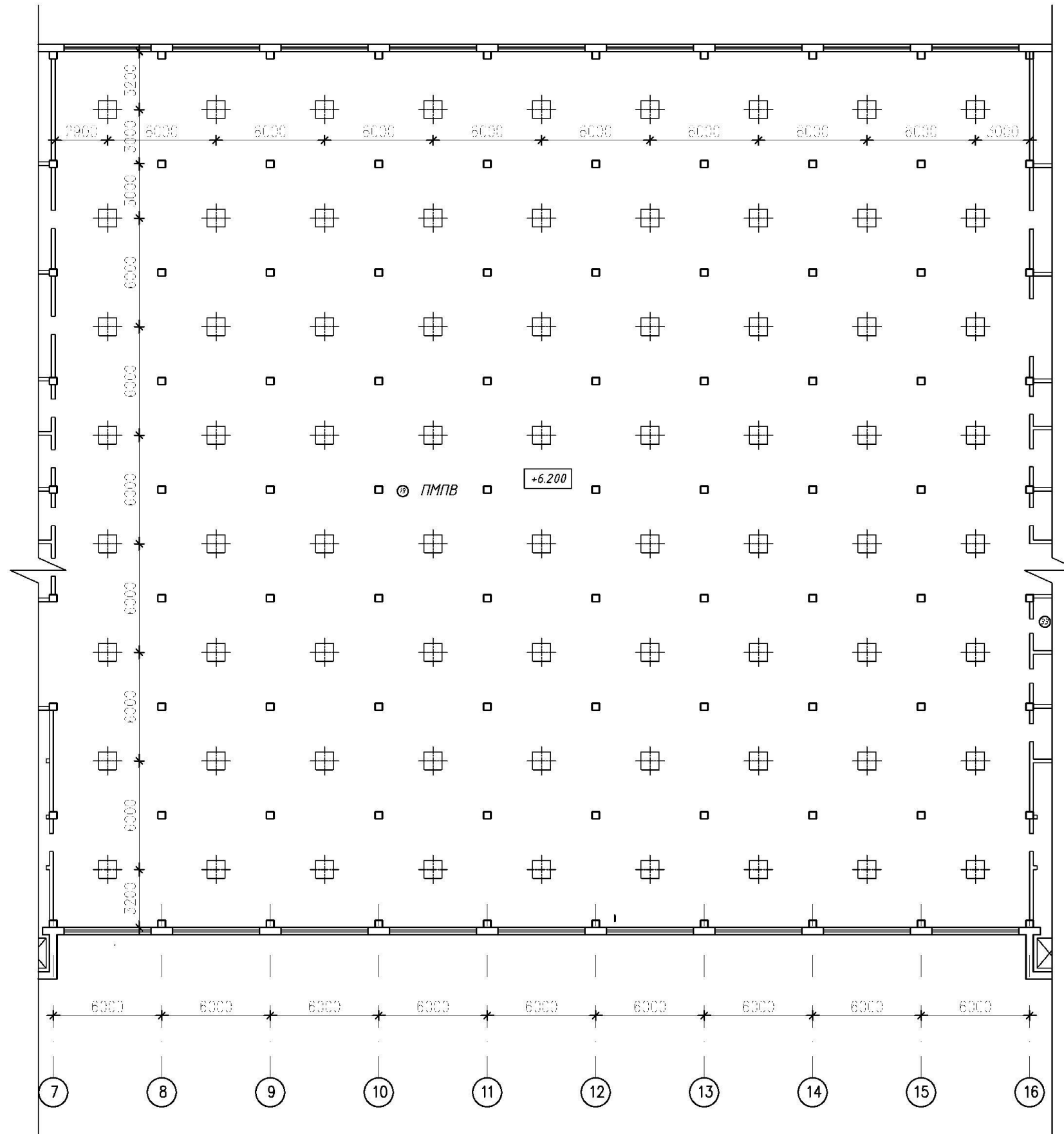
Таблиця 5.1

### Виробничі фактори

№	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	Джерело	Кількість, оцінка	Норматив
1	Падіння людей з висоти	- монтаж систем вентиляції та кондиціонування	$h=12,400$ м	ДБН А.3.2-2-2009
2	Падіння предметів з висоти	- монтаж систем вентиляції та кондиціонування	$h=12,400$ м	ДБН А.3.2-2-2009
3	Електричний струм	електрозварювальні -робоче освітлення	$U=220$ В $U=220$ В	ДБН А.3.2-2-2009
4	Вібрація	- наладка і пуск системи в дію	$V=0,02$ м/с $f=150$ Гц	ДСН 3.3.6.039-99
5	Виробничий шум	- наладка і пуск системи в дію	Рівень 85 дБ	ДСН 3.3.6.039-99
6	Шкідливі речовини	-зварювальні	ПДК $CO_2$ -20мг/м <sup>3</sup>	ДБН А.3.2-2-2009
7	Освітлення робочих місць	- монтажні роботи	300 лк	ДБН В.2.5-28-2006
8	Атмосферна електрика	- блискавка-захист	середня кількість ударів на 1 км <sup>2</sup> =5,5, кат.І	ДСТУ Б В.3.2-15:2011
9	Термічний фактор	- зварювальні	$t_{\text{звар}}=3000$ °С	ДБН А.3.2-2-2009

10	Пожежна небезпека	- зварювальні	Категорія вибухонебезпеч- ності Г межа вибухонебезпеч- ності 65г/м <sup>3</sup> ; Ступінь вогнестійкості II.	НАПБ Б 03.002- 2007 ДБН В.1.1-7-2016 ДБН В.1.2-7-2008
11	Мікроклімат	- температу ра і вологість в робочій зоні	t=28 °C відносна вологість 75% v=0,5 м/с	ДБН В.1.2- 8:2021

Розрахункова схема освітлення приміщення.



## Список літератури

1. . ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 «Будівельна кліматологія». – К.: Мінрегіонбуд, 2010. – 123 с.
2. 7. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель/ДП „Укрархбудінформ”. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Чинні з 01.05.2017. – 30 с.
3. 8. ДБН В.2.5-39.2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – Чинні з 01.07.2009. – 286 с.
4. 9. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою. Чинний з 2017-01-01
5. Опалення промислових об’єктів: методичні вказівки до виконання індивідуального завдання / уклад.: М.П.Сенчук, О.П.Любарець, М.О.Шишина, В.О.Любарець.– К.: КНУБА, 2018. – 84 с.
6. Опалення. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплова потужність систем водяного опалення» курсового та дипломного проектів з дисципліни опалення для студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Теплогазопостачання і вентиляція»./ Уклад.: О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Любарець. – К.: КНУБА, 2016. – 34с.
7. Опалення. Методичні вказівки до виконання розділу «Гідравлічний розрахунок водяного опалення» курсового проекту для студентів напрямку підготовки. 060101 «Будівництво» за професійним спрямуванням «Теплогазопостачання і вентиляція» / Уклад.: О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Мілейковський, В.О.Любарець. – К.: КНУБА, 2015. – 40 с.
8. Опалення. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплотехнічний розрахунок і підбір огороджувальних конструкцій» курсового проекту для студентів напрямку підготовки 6.060101 «Будівництво» за професійним спрямуванням «Теплогазопостачання і вентиляція» /Уклад.:

- Ю.К.Росковшенко, О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Мілейковський, В.О.Любарець. – К.: КНУБА, 2012. – 32 с.
9. Методичні вказівки до виконання курсової роботи: Розробка монтажного проекту системи вентиляції / В.М. Голубенков, П.Л. Зінич – К.:КНУБА, 2008.
- 10.ДБН В.2.5-67: 2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – Чинні від 01.09.2013 – 167 с.
- 11.Електронні посилання (<https://ventsvent.com.ua/elektrychnyi-teploventyliator-vents-aoe-9/>) (<https://moystroy.com.ua/product/teploventyliator-vodyanyj-vents-aoe-25>)
- 12.ДБН А.3.1-5:16. Організація будівельного виробництва. – Чинні з 01.01.2017. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2016. –45 с.
- 13.ДБН А.3.2-2-2014. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. – К.: Мінрегіон України, 2014. – чинні від 01.01.2015.)
- 14.ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – чинні з 01.03.2018.
- 15.ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення"
- 16.НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні
- 17.ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.
- 18.Оксюта Б.О.,Ращенко А.В., Сенчук М.П. Матеріали ІІІ всеукраїнської студентської конференції. Київ КНУБА 19.05.2023