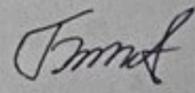


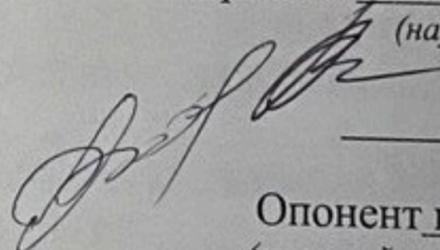
Вінницький національний технічний університет  
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії  
Кафедра інженерних систем у будівництві

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на тему:  
**«Енергоефективна система забезпечення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу»**

Виконав: студент 2-го курсу, групи ТГ-24м  
за спеціальністю 192 – «Будівництво та  
цивільна інженерія»

  
А. А. Брицький  
(підпис, ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. О. Д. Панкевич  
(науковий ступінь, вчене звання,  
ініціали та прізвище)

  
«16» грудня 2025 р.  
(підпис)

Опонент к.т.н. доц. А. В. Бондар  
(науковий ступінь, вчене звання, кафедра)  
(підпис, ініціали та прізвище)

«15» грудня 2025 р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ІСБ  
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.  
(ініціали та прізвище)  
«10» грудня 2025 р.

Вінниця ВНТУ 2025

Факультет: Будівництва, цивільної та екологічної інженерії  
Кафедра: Інженерних систем у будівництві  
Рівень вищої освіти II (магістерський)  
Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво  
Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія  
Освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція»



## ЗАВДАННЯ

### НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Брицького Андрія Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Енергоефективна система забезпечення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу»

керівник роботи Панкевич О. Д., к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "24" вересня 2025 року №313.

2. Строк подання магістрантом роботи 01.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Фрагмент ситуаційного плану, карта місцевості, нормативна література.

4. Зміст текстової частини: Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація)

Стан питання та наукові передумови для реалізації завдання МКР

Обґрунтування проектних пропозицій та рішень

Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень

Техніко – економічні показники проектних рішень

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу  
Схема розміщення елементів системи опалення на 1-му поверсі. Схема розміщення елементів системи опалення на 2-му поверсі. Аксонометрична схема системи опалення та теплового насосу. Схема розміщення елементів системи вентиляції на 1-му поверсі. Схема розміщення елементів системи вентиляції на 2-му поверсі. Аксонометрична схема системи П1, П2, В1, В2. Фрагмент системи опалення, підключення трубопроводу до стіни. Фрагмент системи вентиляції, монтаж приточно-витяжної установки, проходження трубопроводу через буд. констр. Календарний план монтажу системи опалення. Календарний план монтажу систем вентиляції.

Розділ	Прізвище, ініціали консультанта	Завдання видав	Завдання прийняв
1 Стан питання та наукові передумови для реалізації завдання МКР	Панкевич О. Д. к.т.н., доц.		
2 Обґрунтування проєктних пропозицій та рішень	Панкевич О. Д. к.т.н., доц.		
3 Організаційно – технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень	Панкевич О. Д. к.т.н., доц.		
4 Заходи з енергозбереження та безпеки життєдіяльності	Панкевич О. Д. к.т.н., доц.		
5 Техніко – економічні показники проєктних рішень	Лялюк О. Г. к.т.н., доцент кафедри БМГА		

7. Дата видачі завдання 12.10.2025 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Складання технічного завдання та вступу до МКР	24.09 -	вик
2	Стан питання та наукові передумови для реалізації завдання МКР	24.10	вик
3	Обґрунтування проєктних пропозицій та рішень	24.10	вик
4	Організаційно – технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень	12.11	вик
5	Заходи з енергозбереження та безпеки життєдіяльності	12.11	вик
6	Техніко – економічні показники проєктних рішень	20.11	вик
7	Оформлення МКР	2.12	вик
8	Подання МКР на кафедру для перевірки	2.12	вик
9	Попередній захист	7.12	вик
10	Рецензування	7.12.	вик
			вик

Магістрант (підпис)

Брицький А. А. (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (підпис)

Панкевич О. Д. (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК 697.1

Брицький А. А., Енергоефективна система забезпечення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція». Вінниця: ВНТУ, 2025. 87 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 40 назв; табл. 23; рис. 8.

В даній роботі виконано аналітичний огляд сучасного стану використання теплових насосів для створення систем мікроклімату у приміщеннях виробничого комплексу.

Здійснено теоретичне та проектне обґрунтування параметрів систем створення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях із використанням систем теплового насосу. Розроблено математичну модель тепломасообмінних процесів в приміщеннях виробничого комплексу. Розроблено системи вентиляції та опалення. Проведено розрахунок систем та їх окремих елементів, підібрано оптимальні габарити та діаметри трубопроводів, підібрано устаткування, що відповідає сучасним вимогам енергоефективності.

Запропоновано основні організаційно-технологічні рішення щодо забезпечення реалізації проектних рішень. Визначено склад та об'єм робіт, обрано методи їх виконання. Визначено трудомісткість монтажних робіт, на основі якої складено графік виконання робіт.

Визначено техніко-економічні показники та термін окупності систем.

Ключові слова: енергоефективність, опалення, вентиляції, оптимізація енергоспоживання, сталість системи, впровадження технологій, екологічно чисті рішення, сучасні технології, стає функціонування.

## ABSTRACT

Brytsky A. A., Energy-efficient microclimate system in administrative and domestic premises of a production complex. Master's qualification work in specialty 192 - Construction and civil engineering, educational and professional program "Heat and gas supply and ventilation". Vinnytsia: VNTU, 2025. 87 p.

In Ukrainian. Bibliography: 40 titles; table. 23; fig. 8.

This work provides an analytical review of the current state of use of heat pumps to create microclimate systems in the premises of a production complex.

Theoretical and design justification of the parameters of microclimate creation systems in administrative and domestic premises using heat pump systems has been carried out. A mathematical model of heat and mass exchange processes in the premises of a production complex has been developed. Ventilation and heating systems have been developed. The calculation of the systems and their individual elements was carried out, the optimal dimensions and diameters of the pipelines were selected, and equipment was selected that meets modern energy efficiency requirements.

The main organizational and technological solutions were proposed to ensure the implementation of design solutions. The composition and volume of work were determined, and methods for their implementation were selected. The complexity of the installation work was determined, on the basis of which the work schedule was drawn up.

The technical and economic indicators and the payback period of the systems were determined.

Keywords: energy efficiency, heating, ventilation, optimization of energy consumption, system sustainability, implementation of technologies, environmentally friendly solutions, modern technologies, sustainable operation.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 СТАН ПИТАННЯ ТА НАУКОВІ ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАННЯ МКР	9
1.1 Сучасний стан використання систем опалення	9
1.2 Сучасний стан використання систем вентиляції	14
1.3 Сучасний стан використання теплонасосних установок	17
1.4 Теоретичне обґрунтування параметрів систем	24
1.4.1 Характеристика досліджуваної системи	24
1.4.2 Природно-кліматична характеристика району забудови	26
1.4.3 Основні технологічні та будівельні рішення	27
1.4.4 Оцінка впливів на навколишнє середовище	28
1.4.5 Обґрунтування вибору схеми тепlopостачання	30
1.4.6 Економічне обґрунтування застосування автономного опалення	30
1.5 Висновок до першого розділу	31
2 ОБґРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ ПРОПОЗИЦІЙ ТА РІШЕНЬ	33
2.1 Модель теплообмінних процесів в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу	33
2.2 Складання теплових балансів	33
2.2.1. Моделювання теплотехнічних параметрів зовнішніх огороджуючих конструкцій	34
2.2.2. Моделювання теплотехнічних параметрів вікон	36
2.2.3. Моделювання теплотехнічних параметрів перекриття над підвалом	36
2.2.4. Моделювання теплотехнічних параметрів дахового перекриття	38
2.3 Розрахунок теплових втрат приміщень	39
2.4 Вибір опалювальних приладів	41
2.5 Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення	42

2.6	Моделювання гідродинамічних та теплотехнічних режимів ґрунтового зонда	43
2.6.1.	Підбір ґрунтового теплового насоса	43
2.6.2.	Розрахунок джерела тепла	44
2.7	Підбір обладнання	46
2.8	Визначення кількості забрудників у приміщеннях	49
2.9	Розрахунок повітрообміну у приміщеннях	52
2.10	Аеродинамічний розрахунок повітропроводів системи вентиляції	57
2.11	Підбір і визначення кількості повітророзподільних пристроїв	59
2.12	Підбір вентиляційної установки	61
2.13	Висновок до другого розділу	62
3	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ	64
3.1	Аналіз конструктивних особливостей об'єкту монтажу	64
3.2	Технологія виконання монтажних робіт	65
3.3	Перелік основних та допоміжних матеріалів і виробів	67
3.4	Визначення складу і об'ємів робіт	74
3.5	Підбір необхідного технологічного обладнання для виконання монтажних робіт	80
3.6	Потреба в монтажному інструменті	85
3.7	Визначення трудомісткості монтажних робіт	86
3.8	Організація монтажних робіт	96
3.8.1	Визначення складу бригад	98
3.8.2	Техніко-економічні показники	101
3.8.3	Розрахунок витрати електроенергії на монтаж системи опалення та вентиляції	102
3.9.	Технологічний регламент і технічні засоби для проведення випробувань системи при введенні в експлуатацію	104
3.10	Висновок до третього розділу	107

4 ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	109
4.1 Загальні положення	109
4.2 Заходи з енергозбереження	109
4.3 Розрахунок ефективності використання рекуператор	113
4.4 Охорона довкілля	115
4.5 Висновок до четвертого розділу	115
5 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ	117
5.1 Величина капіталовкладень	117
5.2 Загальні техніко-економічні показники	117
5.3. Економічний ефект	118
5.4 Висновок до п'ятого розділу	119
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	122
ДОДАТКИ	127
Додаток А Технічне завдання (обов'язковий)	128
Додаток Б Висновок про перевірку МКР на плагіат (обов'язковий)	132
Додаток В Розрахунок тепловтрат приміщень (довідниковий)	133
Додаток Г Гідравлічний розрахунок системи опалення (довідниковий)	137
Додаток Д Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції (довідниковий)	139
Додаток Е Локальний кошториси (довідниковий)	143
Додаток Ж Графічний матеріал (обов'язковий)	149

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Однією з глобальних проблем сучасності є раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів, що визначає необхідність підвищення енергоефективності будівель та оптимізації систем життєзабезпечення. Відповідно до положень Закону України «Про енергозбереження», пріоритетним напрямом є активне застосування альтернативних джерел енергії та впровадження інноваційних інженерних рішень у системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря для забезпечення стабільного і комфортного мікроклімату у приміщеннях.

Впровадження технологій енергозбереження в інженерні системи будівель має стратегічне значення як на державному рівні, так і для кожного окремого споживача. Ефективність використання первинних енергоносіїв в Україні залишається низькою, що зумовлює значні експлуатаційні витрати. Так, капітальні витрати на облаштування систем опалення, вентиляції та кондиціонування становлять до 20 % загальної вартості будівництва, тоді як витрати на їх експлуатацію можуть досягати 30–50 % вартості утримання будівлі. За цих умов першочерговою задачею є підвищення енергетичної ефективності будівель та суттєве скорочення споживання енергоресурсів шляхом оновлення та модернізації інженерних систем.

Раціональне використання енергії в будівлях можливе, зокрема, через застосування вторинних енергетичних ресурсів, таких як теплота повітря, що видаляється із приміщень системами вентиляції. Існує два основні підходи до відновлення енергетичного потенціалу вентиляційних викидів:

1. Рециркуляція повітря, коли частина видаленого повітря повертається у систему після обробки;
2. Рекуперація теплоти за допомогою теплообмінних апаратів, у яких теплота витяжного повітря передається припливному.

Використання рециркуляції має низку обмежень, зумовлених санітарними нормами, і не допускається у випадках наявності шкідливих домішок чи забруднюючих речовин у відпрацьованому повітрі. Тому технічно та економічно доцільним рішенням є застосування рекуперативних теплообмінників різних типів, які забезпечують значне підвищення енергоефективності без погіршення якості повітря.

Використання сучасних повітряних рекуператорів дозволяє зменшити тепловитрати в системах вентиляції на 40–60 %, що є одним із найефективніших способів скорочення споживання теплової енергії при порівняно невисоких капітальних вкладеннях. Додатковою перевагою є зменшення навантаження на системи тепlopостачання та підвищення загальної енергоефективності будівлі.

Таким чином, перехід до енергозберігаючих технологій у системах опалення, вентиляції та кондиціонування, зокрема через використання теплоти відпрацьованого вентиляційного повітря, є одним із ключових напрямів сучасної енергетичної політики, що відповідає світовим тенденціям та сприяє підвищенню енергонезалежності держави.

**Мета і задачі роботи.** Метою магістерської кваліфікаційної роботи є теоретичне обґрунтування та розроблення проектних рішень із застосування в системах опалення та вентиляції енергозберігаючих технологій для забезпечення їх найбільш ефективної роботи при мінімальних енерговитратах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. За рахунок аналізу наукових та проектних розробок оцінити ефективність застосування рекуперації теплоти вентиляційних викидів.
2. Провести аналіз існуючих теплообмінників та обґрунтувати вибір конкретного типу рекуператора для найбільш енергоефективної роботи системи вентиляції.
3. Підібрати технологічне обладнання за результатами моделювання гідравлічного режиму системи опалення та аеродинамічного режиму системи вентиляції.

4. Розробити організаційно-технічні заходи з реалізації проектних досліджень.

5. Розглянути економічну ефективність впроваджень.

6. Розрахувати енергоефективність.

**Об'єктом дослідження** є теплотехнічні та аеродинамічні процеси енергоефективних систем забезпечення мікроклімату.

**Предметом дослідження** є системи створення мікроклімату у адміністративно-побутових приміщеннях.

**Методи дослідження.** Для досягнення поставленої мети використовувались експериментально-аналітичні методи дослідження. При аналітичному розв'язанні задач рішення отримувались на основі розгляду термодинамічних показників, температури навколишнього середовища та ін..

#### **Наукова новизна одержаних результатів**

На основі проведеного математичного моделювання обґрунтовано оптимальні параметри енергоефективної системи забезпечення мікроклімату. Обґрунтовано доцільність і можливість створення мікроклімату в приміщеннях за допомогою енергоощадних систем опалення і вентиляції.

**Практичне значення роботи** полягає в розробці принципів і конструктивних рішень, а також рекомендації щодо раціональних робочих режимів системи вентиляції та кондиціонування в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу.

**Апробація результатів роботи.** За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тезу конференції.

#### **Публікації:**

А. А. Брицький, О. Д. Панкевич. Оцінка енергоефективності систем вентиляції та кондиціонування на прикладі адміністративної будівлі. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції Енергоефективність в галузях економіки України-2025, Вінниця, 19-21 листопада 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2025/paper/viewFile/26443/217>

71

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА НАУКОВІ ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАННЯ МКР

### 1.1. Сучасний стан використання систем опалення

Система опалення є комплексом технічних елементів, призначених для забезпечення необхідного температурного режиму в приміщеннях у холодний період року. До основних складових системи опалення належать джерело теплової енергії, теплопровідна мережа та нагрівальні прилади (радіатори, конвектори, панельні обігрівачі тощо). Як теплоносій у таких системах застосовують воду, пару або повітря, що транспортують тепло від джерела до об'єкта опалення.

За способом організації тепlopостачання системи поділяють на:

- місцеві,
- центральні.

Місцеві системи опалення (наприклад, газові або електричні котли, електрообігрівачі, повітряні установки) забезпечують нагрівання лише окремих приміщень або невеликих будівель. Вони характерні для житлових будинків, офісних приміщень, а також невеликих виробничих об'єктів, де централізоване тепlopостачання є економічно недоцільним [1].

Централізовані системи опалення забезпечують подачу тепла від однієї котельні або теплового пункту до кількох будівель через розгалужену теплову мережу. До цього типу належать:

- водяне опалення;
- парове опалення;
- повітряне опалення;
- комбіновані системи (опалення з вентиляцією).

Залежно від тиску теплоносія та температури води (чи пари) системи поділяються на:

- низького тиску – до 70 кПа або 100 °С;
- високого тиску – понад 70 кПа або 100 °С.

Водяне опалення низького тиску є найпоширенішим завдяки своїй відповідності санітарно-гігієнічним нормам та експлуатаційній надійності.

Основні його переваги:

- рівномірний розподіл тепла по всьому приміщенню;
- можливість централізованого регулювання температури теплоносія;
- відсутність запахів гару при осіданні пилу на прилади;
- підтримання оптимальної вологості повітря;
- безпечність для користувачів (виключення опіків і висока пожежна безпека).

Недоліком є ризик замерзання теплоносія під час тривалого простою системи та повільне нагрівання великих об'ємів приміщень після зупинки опалення.

Парові системи опалення, навпаки, забезпечують швидке прогрівання приміщень, однак характеризуються низкою недоліків: зниженням відносної вологості повітря, появою запаху гару внаслідок підгоряння пилу, підвищеною небезпекою опіків і пожеж. Їх доцільно застосовувати на великих промислових підприємствах, де одна котельня обслуговує декілька виробничих будівель [2].

Повітряні системи можуть бути як центральними, так і місцевими. Вони забезпечують швидкий нагрів приміщень, не потребують радіаторів, а в літній період можуть виконувати функції вентиляції або охолодження.

Комбіновані системи опалення, що поєднують подачу тепла з припливно-витяжною вентиляцією, є одними з найбільш енергоефективних рішень у сучасному будівництві. Вони дозволяють оптимізувати споживання енергії та забезпечити стабільний мікроклімат у приміщенні.

За способом підключення нагрівальних приладів системи водяного опалення поділяють на:

- однотрубні,
- двотрубні.

Однотрубна схема — найпростіша та економічна. Теплоносій послідовно проходить усі радіатори, поступово охолоджуючись. Через це температура у віддалених кімнатах є нижчою, що вважається головним недоліком системи.

Двотрубна схема передбачає прокладку двох окремих магістралей: подаючої та зворотної. Такий варіант забезпечує однакову температуру теплоносія у всіх радіаторах і дозволяє встановлювати терморегулювальну арматуру, що підвищує енергоефективність будівлі. Недоліком є більша витрата матеріалів, однак переваги системи значно переважають.

Для адміністративно-побутових приміщень доцільним є застосування місцевої системи опалення з використанням газового котла як джерела тепла.

Обрана система забезпечує:

- рівномірний розподіл тепла в приміщеннях;
- можливість регулювання температури теплоносія;
- стабільність вологості повітря;
- безпечну експлуатацію та відсутність запахів гару;
- високий рівень пожежної безпеки.

Схему опалення прийнято двотрубну, вертикальну з верхнім розведенням, при якій радіатори підключаються паралельно. Така система дозволяє забезпечити рівномірний розподіл тепла навіть у будівлях площею до 500 м<sup>2</sup>.

Циркуляція теплоносія здійснюється примусово за допомогою циркуляційного насоса, що сприяє стабільній роботі системи та можливості точного регулювання параметрів опалення. Основні експлуатаційні характеристики системи з верхнім розведенням:

- рівномірне надходження гарячої води до всіх приладів;

- можливість індивідуального регулювання окремих контурів;
- зниження гідравлічного опору системи;
- тривалий термін служби за умови правильної експлуатації.

Викладена вище класифікація систем опалення формує базове уявлення про їх властивості, однак для проєктування сучасних адміністративно-побутових приміщень необхідний також порівняльний аналіз ефективності, що дозволяє обґрунтовано вибрати оптимальну систему. Актуальні тенденції розвитку будівельних технологій орієнтують проєктування на підвищення енергоефективності, зменшення витрат на експлуатацію, покращення мікроклімату та можливість автоматизованого регулювання параметрів роботи системи [1–3].

Аналітичні дані, представлені у таблиці 1.1, демонструють суттєві відмінності між водяними, паровими, повітряними та комбінованими системами з точки зору енергоефективності, експлуатаційних характеристик та рівня комфорту. Особливо важливо, що водяні системи низького тиску забезпечують оптимальне поєднання енергоефективності та безпеки, що робить їх найбільш поширеним сучасним рішенням для офісних і адміністративних будівель [2].

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз основних типів систем опалення

Критерій	Водяне опалення	Парове опалення	Повітряне опалення	Комбіновані системи
1	2	3	4	5
Енергоефективність	Висока	Середня	Середня	Дуже висока
Швидкість прогріву	Середня	Дуже висока	Висока	Висока
Комфорт	Оптимальний	Низький	Залежний від фільтрації	Високий
Безпека	Висока	Низька	Висока	Висока
Монтаж	Середня складність	Висока	Середня	Висока

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Експлуатація	Низькі витрати	Низькі	Середні	Дуже низькі
Сучасність рішення	Висока	Низька	Середня	Дуже висока
Доцільність для офісів	Найкраща	Недоцільна	Можлива	Найкраща, але дорога

У таблиці 1.2 наведено порівняння трубних схем у водяних системах опалення, що дозволяє оцінити їх придатність для адміністративних приміщень. Аналіз показує, що двотрубна система є більш сумісною із сучасними вимогами щодо регулювання температури та забезпечення рівномірності теплового режиму [1,3].

Таблиця 1.2 – Порівняльні характеристики трубних схем

Показник	Однотрубна система	Двотрубна система
1	2	3
Температура на приладах	Знижується по мірі проходження	Стабільна
Регулювання	Обмежене	Повне
Енергоефективність	Середня	Висока
Матеріаломісткість	Низька	Вища
Комфорт у приміщеннях	Нерівномірний	Високий
Сумісність із сучасними котлами	Обмежена	Повна
Доцільність для адміністративних будівель	Невисока	Найкраща

Результати аналізу (див. табл. 1.1 – 1.2) підтверджують, що найбільш ефективними для сучасних адміністративно-побутових будівель є водяні системи з двотрубною схемою та примусовою циркуляцією. Такі системи відповідають вимогам ДБН В.2.5-67:2013, забезпечують стабільний комфорт, можливість автоматичного регулювання, сумісність із сучасними енергоефективними котлами та низьку вартість експлуатації [2,3].

Отже, з урахуванням розглянутих порівняльних характеристик, нормативних вимог і функціонального призначення споруди, для проєктованого адміністративно-побутового об'єкта оптимальним є застосування місцевої двотрубною водяною системою опалення з примусовою циркуляцією та верхнім розведенням теплоносія. Система забезпечує високий рівень енергоефективності, рівномірний та стабільний тепловий режим, можливість індивідуального регулювання параметрів та відповідність сучасним стандартам будівельної галузі [1–3].

## 1.2. Сучасний стан використання систем вентиляції

Вентиляція є невід'ємною складовою будь-якої будівлі чи приміщення, що забезпечує необхідний повітрообмін для підтримання оптимального мікроклімату, санітарно-гігієнічних умов та комфортного перебування людей. Основним завданням систем вентиляції є забезпечення подачі свіжого повітря та видалення відпрацьованого, забрудненого шкідливими газами, пилом, вологою або надлишковим теплом.

Системи вентиляції класифікуються за низкою технічних ознак [1]:

- за способом переміщення повітря: природна та механічна;
- за функціональним призначенням: припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- за зоною обслуговування: загальнообмінна та місцева;
- за конструктивним виконанням: канална або безканална;
- за наявністю рекуперації тепла: з рекуперацією або без неї.

Природна вентиляція – це найпростіший та енергетично незалежний спосіб організації повітрообміну. Її дія базується на фізичних законах конвекції – різниці температур і тисків між внутрішнім і зовнішнім повітрям. Вона може забезпечуватися:

- через нещільності в огорожувальних конструкціях;

- шляхом періодичного провітрювання приміщень;
- через спеціальні припливно-витяжні канали або клапани.

Основні рушійні сили природної вентиляції:

- різниця температури повітря всередині приміщення та зовні;
- різниця атмосферного тиску між нижнім рівнем (зоною припливу)

та верхнім рівнем (зоною витяжки).

Переваги природної вентиляції:

- відсутність потреби у складному обладнанні та джерелах електроенергії;
- простота влаштування та експлуатації;
- безшумна робота.

Недоліки:

- залежність від погодних умов, швидкості та напрямку вітру;
- відсутність можливості точного регулювання повітрообміну;
- подача не підігрітого або перегрітого повітря (що знижує комфорт у зимовий і літній періоди);
- обмежена ефективність у герметичних будівлях із сучасними віконними конструкціями.

Механічна вентиляція забезпечує примусову циркуляцію повітря за допомогою вентиляторів, нагнітачів, фільтрів, калориферів, охолоджувачів та інших технічних засобів. Вона дозволяє контролювати кількість і параметри повітря, що подається або видаляється, незалежно від зовнішніх умов.

Основні переваги механічної системи:

- стабільна робота за будь-яких погодних умов;
- можливість очищення, підігріву чи охолодження повітря;
- можливість створення заданих параметрів мікроклімату (температура, вологість, швидкість руху повітря);
- можливість автоматизованого керування та зонування подачі повітря.

До складу механічних систем можуть входити:

- припливні установки — для подачі свіжого очищеного повітря;
- витяжні установки — для видалення відпрацьованого повітря;
- припливно-витяжні агрегати з рекуперацією тепла — для енергоефективного повітрообміну.

Припливна вентиляція подає свіже повітря у приміщення, створюючи надлишковий тиск, який витісняє забруднене повітря через щілини або спеціальні отвори. Витяжна вентиляція, навпаки, видаляє відпрацьоване повітря, створюючи розрідження, за рахунок якого здійснюється приплив зовнішнього.

Найбільш ефективною є припливно-витяжна вентиляція, у якій процеси подачі й видалення повітря збалансовані. Це дозволяє контролювати напрямки потоків, об'єми повітря та параметри мікроклімату.

Система з рекуперацією тепла передбачає використання теплообмінника (рекуператора), що дозволяє передавати теплову енергію від теплого витяжного повітря до холодного припливного. Завдяки цьому суттєво зменшуються витрати енергії на підігрівання зовнішнього повітря взимку.

Переваги рекупераційної вентиляції [4]:

- зниження споживання енергії на опалення до 40–60%;
- покращення теплового комфорту в холодний період;
- збереження балансу температури та вологості;
- зменшення експлуатаційних витрат.

приміщень або цілу будівлю за допомогою єдиної вентиляційної установки, з'єднаної мережею повітропроводів. Її переваги:

- висока продуктивність;
- можливість комплексного очищення та кондиціонування повітря;
- централізоване управління параметрами мікроклімату.

Недоліком є значні габарити обладнання, складність монтажу та висока вартість переобладнання у разі змін у плануванні будівлі.

Децентралізована вентиляція складається з кількох автономних установок, розташованих у різних приміщеннях. Вона не потребує розгалужених повітропроводів і характеризується гнучкістю в експлуатації, однак має обмежену продуктивність і вищі витрати на обслуговування кожної одиниці обладнання.

Беручи до уваги технічні, енергетичні та санітарно-гігієнічні вимоги, для даного об'єкта прийнято централізовану припливно-витяжну систему вентиляції з рекуперацією тепла.

Ця система забезпечує:

- ефективного видалення відпрацьованого повітря та подачу свіжого;
- утримання стабільної температури в приміщеннях;
- зменшення витрат енергії на опалення завдяки використанню рекуператора;
- обслуговування приміщень першого та другого поверхів з однієї установки;
- можливість інтеграції з системою автоматичного регулювання мікроклімату.

### 1.3. Сучасний стан використання теплонасосних установок

Сучасний етап розвитку енергетичного сектору України характеризується зростанням уваги до впровадження відновлюваних джерел енергії, зокрема геотермальної енергії. Використання теплових насосів є одним із найефективніших способів перетворення низькопотенційного тепла землі, води або повітря в корисну теплову енергію для систем опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування будівель.

Геотермальна енергія як джерело теплоти має значний потенціал для України завдяки відносно стабільним температурним умовам у підповерхневих шарах ґрунту. В умовах українського клімату глибина промерзання ґрунту

зазвичай становить 1,0–1,2 м, залежно від регіону. Нижче цієї глибини температура залишається додатною протягом усього року. На глибині понад 10 м температура ґрунту практично постійна й становить близько +10 °С. Це створює сприятливі умови для використання ґрунтових теплообмінників у системах теплових насосів типу «ґрунт–вода» або «вода–вода».

Теплові насоси перетворюють теплову енергію низького потенціалу, отриману з довкілля, у теплоту високого потенціалу, придатну для використання у побутових і промислових цілях. Ефективність таких систем оцінюється коефіцієнтом перетворення (COP), який зазвичай становить від 3 до 5, тобто на кожен спожитий кіловат електроенергії теплонасосна установка може виробляти 3–5 кВт теплової енергії [5].

Використання теплонасосних систем дозволяє істотно зменшити споживання викопного палива та викиди вуглекислого газу, що відповідає сучасним екологічним вимогам і політиці енергетичної незалежності України. Крім того, такі установки мають тривалий термін служби (до 25–30 років) та відзначаються високою надійністю і низькими експлуатаційними витратами.

На рисунку 1.1 наведено графік зміни температури ґрунту залежно від глибини, який демонструє стабільність теплових умов у ґрунті нижче зони промерзання. Це обґрунтовує доцільність застосування геотермальних теплонасосних систем для опалення та охолодження будівель у більшості регіонів України.

Перспективність використання геотермальної енергії в Україні підтверджується численними дослідженнями, зокрема роботами Інституту відновлюваної енергетики НАН України, де наголошується, що загальний геотермальний потенціал території України може забезпечити значну частину потреб у тепловій енергії, особливо в південних і центральних областях.

Однією з найефективніших технологій енергозбереження у сфері теплопостачання є застосування теплонасосних установок, що використовують енергію ґрунту. До 80 % теплової енергії, необхідної для опалення будівель,

може бути отримано безкоштовно з ґрунтових шарів, тоді як лише близько 20 % енергії витрачається на роботу самого теплового насоса (ТН). Таким чином, при використанні теплових насосів економія коштів на опаленні становить у середньому 70–75 % порівняно з традиційними системами, що працюють на природному газі або твердому паливі [1–3].

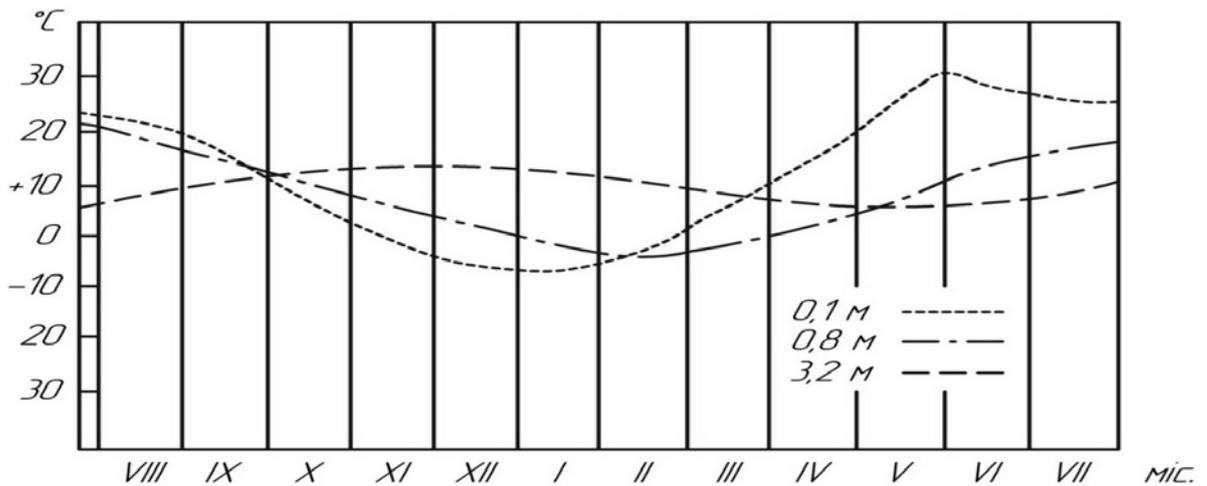


Рисунок 1.1 – Графік залежності температури ґрунту від глибини

За принципом роботи теплонасосні системи можуть функціонувати з відкритим або закритим контуром теплообміну.

Відкритий контур передбачає вилучення теплоти безпосередньо з природного джерела – потоку підземних або поверхневих вод, після чого охолоджена вода повертається в докільля. Така схема потребує стабільного водного ресурсу з постійним дебітом і контрольованою якістю води.

Закритий контур передбачає циркуляцію теплоносія в герметичній системі труб, занурених у ґрунт. Теплота передається через стінки теплообмінних труб від землі до робочого середовища – зазвичай це водно-гліколева суміш або інший екологічно безпечний антифриз.

Найпоширенішим типом закритих систем є ґрунтовий колектор (рис. 1.2), який може бути виконаний у горизонтальному або вертикальному варіанті.

Горизонтальні ґрунтові теплообмінники розміщуються у верхніх шарах землі, де накопичується тепло від сонячного випромінювання, атмосферних

опадів і тепла повітря. Умови теплообміну значною мірою залежать від вологості ґрунту: чим більший вміст води, тим вищий коефіцієнт теплопередачі та ефективність роботи системи. Пластикові трубопроводи зазвичай укладаються на глибину 1,2 м – нижче рівня промерзання ґрунту в більшості регіонів України, що забезпечує стабільність температури теплоносія навіть у зимовий період.

Як теплоносієм у ґрунтових колекторах застосовується незамерзаюча рідина, що не чинить шкідливого впливу на довкілля. Важливою умовою ефективної експлуатації системи є забезпечення вільного доступу теплової енергії до ґрунту — над колектором заборонено здійснювати будівництво, асфальтування або бетонування поверхні, оскільки це створює теплоізоляційний бар'єр і знижує надходження природного тепла до ґрунту [2,4].

Завдяки використанню ґрунтових теплових насосів (див. рис. 1.2) можливо забезпечити не лише опалення, але й охолодження будівель у літній період, що робить такі системи універсальними та енергоефективними. Впровадження геотермальних теплонасосних технологій сприяє зменшенню споживання традиційних енергоресурсів, підвищенню енергетичної незалежності держави та покращенню екологічного стану навколишнього середовища.

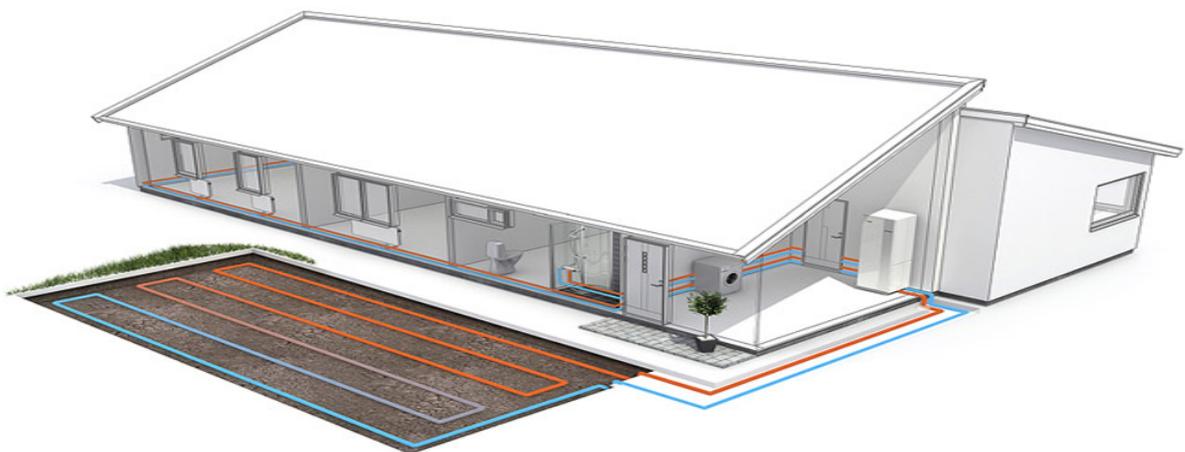


Рисунок 1.2 – Ґрунтовий ТН ґрунт-вода (горизонтальний колектор)

Вертикальний ґрунтовий колектор (див. рис. 1.3) є одним із найефективніших типів систем відбору теплової енергії з надр землі. Ґрунт на певній глибині є стабільним джерелом тепла, оскільки температура нижче зони промерзання практично не залежить від сезонних коливань і протягом року залишається сталою. Як правило, температура ґрунту на глибині понад 10 метрів становить близько  $+8...+12$  °С, що забезпечує сталі умови для роботи теплонасосної установки незалежно від пори року [1,2].

Для влаштування вертикального колектора здійснюється буріння свердловин глибиною від 50 до 100 метрів, у які встановлюються герметичні зонди U-подібної форми. Трубопроводи виготовляються з високоміцного поліетилену або поліетилену низького тиску (ПЕ100, ПЕ-Ха), що забезпечує тривалий термін експлуатації та герметичність системи. У середині зондів циркулює теплоносій – водно-гліколева суміш (розсіл), температура замерзання якої зазвичай становить від  $-7$  °С до  $-16$  °С. Ця рідина поглинає теплоту з навколишнього ґрунту та передає її у випарник теплового насоса, де відбувається подальше перетворення низькопотенційного тепла в корисну енергію для опалення або гарячого водопостачання [3,4].

Однією з головних переваг вертикальних систем є їхня висока теплопродуктивність та компактність. Для розміщення декількох свердловин достатньо відносно невеликої земельної ділянки, що дозволяє застосовувати такі системи навіть у щільній міській забудові або на обмежених територіях. Крім того, відсутність потреби у великих земляних роботах робить вертикальний колектор зручним рішенням для реконструкції існуючих об'єктів без суттєвого втручання у ландшафт [2,5].

Вертикальні колектори відзначаються також тривалим строком служби – понад 50 років – і стабільною ефективністю впродовж усього періоду експлуатації. За рахунок використання теплового насоса можливо забезпечити тепlopостачання різних типів об'єктів – від індивідуальних житлових будинків до громадських і промислових будівель – без потреби у додаткових джерелах

енергії. У літній період така система може працювати в режимі реверсу, забезпечуючи природне охолодження приміщень за рахунок передачі надлишкового тепла назад у ґрунт.

Таким чином, вертикальні геотермальні системи відзначаються високим рівнем енергоефективності, екологічною безпечністю та універсальністю застосування, що робить їх доцільними для широкого впровадження в енергетичному секторі України в контексті переходу до відновлюваних джерел енергії.

Після тривалого вилучення теплової енергії з ґрунту необхідний певний час для повного відновлення його теплового балансу. Процес відновлення триває приблизно стільки ж, скільки тривав період експлуатації, протягом якого відбувався відбір теплоти. Це пов'язано з повільними процесами теплопередачі у ґрунті, що мають переважно дифузійний характер. Тому при проектуванні геотермальних систем важливо враховувати річний тепловий баланс, щоб запобігти поступовому охолодженню ґрунтового масиву та забезпечити стабільну роботу теплового насоса впродовж усього терміну експлуатації [1,2].

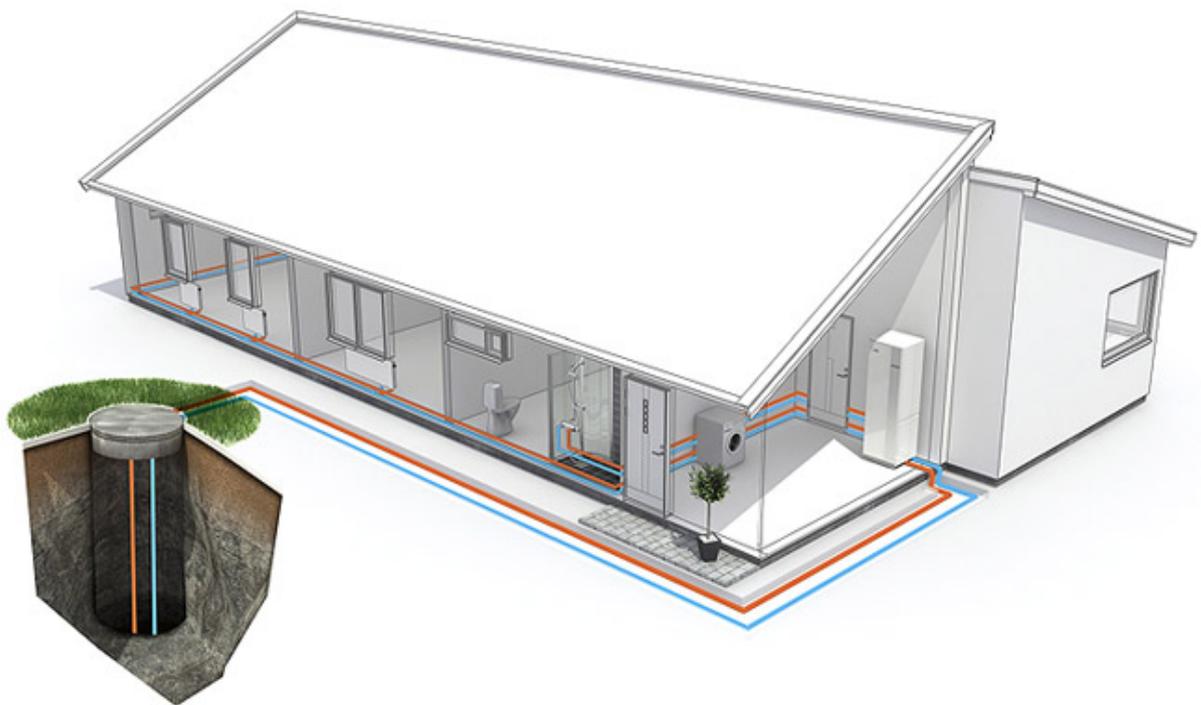


Рисунок 1.3 – Ґрунтовий ТН ґрунт-вода (вертикальний колектор)

Основними перевагами використання теплових насосів (ТН) у системах теплопостачання є:

- Автоматизований режим роботи та компактність обладнання. Теплові насоси функціонують повністю автоматично, не потребують постійного контролю оператора та мають компактні розміри і незначну масу. Це дозволяє розміщувати установку безпосередньо у технічних приміщеннях будівель без необхідності створення окремих котелень або димових каналів.

- Екологічна безпечність. Робота теплового насоса не супроводжується викидами шкідливих речовин у навколишнє середовище, таких як оксиди вуглецю, сірки чи азоту. Завдяки цьому ТН вважаються одним із найбільш екологічно чистих способів теплопостачання, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та директивам ЄС щодо декарбонізації енергетики [3].

- Тривалий термін служби та низькі експлуатаційні витрати. Конструктивна надійність системи дозволяє експлуатувати теплові насоси понад 20 років без потреби у капітальному ремонті. При цьому технічне обслуговування мінімальне, а витрати на експлуатацію значно нижчі порівняно з традиційними котельними установками на викопному паливі.

- Висока енергетична ефективність. Тепловий насос забезпечує коефіцієнт перетворення енергії (COP) на рівні 3–5, тобто з кожного 1 кВт·год електроенергії отримується від 3 до 5 кВт·год теплової енергії. Це робить такі системи у 3–4 рази ефективнішими за класичні електричні обігрівачі або газові котли [4].

Енергонезалежність та універсальність застосування. Робота ТН не залежить від поставок палива, оскільки основним джерелом енергії є низькопотенційне тепло ґрунту, повітря або води, наявне практично в будь-якому регіоні. Завдяки цьому теплові насоси можна використовувати в різних кліматичних зонах України – як у помірному, так і в холоднішому північному регіоні. Вони однаково ефективно працюють у приватних житлових будинках,

адміністративних спорудах, виробничих цехах і закладах соціальної інфраструктури [5,6].

Додатковими перевагами теплонасосних установок є можливість роботи у зворотному циклі – тобто не лише для опалення взимку, але й для охолодження приміщень у літній період, що дозволяє забезпечити комфортний мікроклімат упродовж року. Також існує можливість інтеграції системи ТН з сонячними колекторами або фотоелектричними панелями, що підвищує рівень автономності та енергоефективності об'єкта.

Таким чином, впровадження теплонасосних систем сприяє зменшенню енергоспоживання, скороченню викидів парникових газів та підвищенню енергетичної незалежності України, особливо у сфері житлово-комунального господарства та бюджетних установ.

#### 1.4. Теоретичне обґрунтування параметрів систем

##### 1.4.1. Характеристика досліджуваної системи

Об'єктом дослідження є система теплопостачання та вентиляції адміністративно-побутових приміщень виробничого комплексу, розташованого в смт Крижопіль Вінницької області. Кліматичні умови регіону належать до помірно континентальних, із середньою температурою зовнішнього повітря в опалювальний період близько  $-3,5$  °C та середньою тривалістю опалювального сезону приблизно 180 діб. Ці показники враховані під час вибору та розрахунку параметрів системи теплопостачання.

Конструкція зовнішніх стін – багатошарова, із внутрішнім та зовнішнім штукатурними шарами, основним несучим матеріалом є цегляна кладка, а міжшаровим теплоізоляційним прошарком виступає утеплювач мінераловатного типу. Така конструкція забезпечує нормативний рівень опору теплопередачі, що відповідає вимогам [7].

Поверховість будівлі – 2 поверхи; висота поверху становить 3,3 м, що відповідає стандартним вимогам до адміністративних споруд.

Загальна площа будівлі – 185,4 м<sup>2</sup>, будівельний об'єм – 1223,64 м<sup>3</sup>, що забезпечує оптимальні умови для розміщення офісних, санітарно-побутових та технічних приміщень.

Тип системи: двотрубна, вертикальна з верхнім розведенням теплоносія. Така схема забезпечує рівномірний розподіл теплової енергії по всіх опалювальних приладах, а також зручність експлуатації та регулювання.

Джерело теплозабезпечення: індивідуальний тепловий пункт (ІТП), обладнаний газовим котлом у поєднанні з тепловим насосом розсіл–вода, що дозволяє знизити питомі витрати енергії та підвищити загальний коефіцієнт енергоефективності системи (COP  $\approx$  3,5–4,0).

Теплоносій: вода, циркуляція якої забезпечується циркуляційним насосом у примусовому режимі.

Тип: механічна припливно-витяжна з рекуперацією тепла, що дозволяє ефективно підтримувати баланс повітрообміну та зменшити тепловтрати через вентиляційні канали.

Джерело повітрозабезпечення: централізована припливно-витяжна установка з роторним або пластинчастим рекуператором, що забезпечує повернення до 60–80 % теплової енергії витяжного повітря.

Система передбачає автоматизоване керування, регулювання швидкості повітряного потоку та температури припливного повітря відповідно до зовнішніх кліматичних умов.

Таким чином, досліджувана система є комбінованим рішенням, що поєднує сучасні енергоощадні технології опалення та вентиляції, спрямовані на підвищення комфортності мікроклімату, зниження експлуатаційних витрат і зменшення вуглецевого сліду будівлі.

#### 1.4.2. Природно-кліматична характеристика району забудови

Проектована двоповерхова будівля розташована у смт Крижопіль Вінницької області, у південній частині регіону. Територія відзначається рівнинним рельєфом з незначними локальними підвищеннями, що забезпечує рівномірний розподіл сонячної радіації та сприятливі умови для природного провітрювання будівель.

Температурна зона – I, що визначає нормативні показники тепловтрат та розрахункові температури зовнішнього повітря для систем опалення [8].

Опади: річна кількість опадів становить 500–550 мм, з яких близько 85 % припадає на теплий період року (квітень–жовтень). Це свідчить про достатню природну зволоженість, що враховується при проектуванні систем дренажу та вентиляції.

Температурні показники зовнішнього повітря [8]:

- у найхолоднішій п'ятиденці з імовірністю забезпеченості  $k = 0,92 - -21$  °C;
- у найхолоднішій добі з імовірністю забезпеченості  $k = 0,98 - -29$  °C.

Дані параметри використовуються при визначенні розрахункового теплового навантаження на будівлю та виборі потужності опалювальної установки.

Середня швидкість вітру:

- у холодний період (січень) – 3,9 м/с;
- у теплий період (липень) – 1,0 м/с.

Ці показники враховуються при проектуванні вентиляційних систем та розташуванні повітрязабірних елементів.

Тривалість опалювального періоду – 182 доби, що відповідає середньостатистичним даним по Вінницькій області та визначає період експлуатації систем опалення.

Кліматичні умови району дозволяють застосовувати комбіновані системи теплопостачання з високою енергоефективністю, включаючи індивідуальні

газові котли та теплові насоси, а також ефективно використовувати системи рекуперації тепла у вентиляційних установках.

Таким чином, природно-кліматичні умови смт Крижопіль є сприятливими для експлуатації сучасних енергоефективних систем опалення та вентиляції, забезпечуючи стабільний мікроклімат у адміністративно-побутових приміщеннях протягом усього року.

#### 1.4.3. Основні технологічні та будівельні рішення

Для організації системи опалення в адміністративно-побутових приміщеннях застосована двотрубна вертикальна система водяного опалення з верхньою розводкою теплоносія, що забезпечує рівномірний розподіл теплової енергії по всіх приміщеннях та дозволяє ефективно регулювати мікроклімат у будівлі.

Для прокладання розводки використані поліпропіленові труби високого тиску, що забезпечують довговічність, стійкість до корозії та температурного розширення, а також зменшують тепловтрати в порівнянні з металевими трубопроводами.

Горизонтальні та вертикальні магістралі підключені за схемою верхнього розведення, що дозволяє проводити паралельне підключення всіх радіаторів та спрощує монтаж регулюючих елементів.

Усі приміщення обладнані сталевими панельними радіаторами фірми «Vogel & Noot», тип 11VM [10] з боковим підключенням, що забезпечує ефективну конвекційну та випромінювальну тепловіддачу.

Вибір радіаторів даного типу зумовлений їх високою енергетичною ефективністю, надійністю у експлуатації та можливістю монтажу терморегулюючих вентилів.

Контроль за тепловіддачею здійснюється за допомогою терморегулюючих вентилів, встановлених на кожен радіатор.

Використання регулюючих вентилів дозволяє зменшити тепловтрати та скоротити енергоспоживання системи, а також підтримувати комфортну температуру у кожному приміщенні відповідно до потреб користувачів.

В якості теплоносія використовується вода з температурою подачі 70 – 85 °С, що відповідає нормативним вимогам для водяних систем опалення адміністративних та виробничих будівель.

Використання води у вказаному температурному режимі дозволяє оптимізувати роботу опалювальної системи, забезпечити стабільну температуру повітря та зменшити ризик перегріву або недостатнього обігріву приміщень.

Запропоновані технологічні рішення забезпечують високу енергоефективність, надійність системи, а також можливість централізованого контролю та регулювання режимів опалення, що відповідає сучасним вимогам до енергоощадних будівель.

#### 1.4.4. Оцінка впливів на навколишнє середовище

У приміщеннях адміністративно-побутової будівлі не спостерігаються шкідливі впливи на навколишнє середовище, що підтверджує екологічну безпечність обраних технічних рішень. Для забезпечення комфортного мікроклімату та нормального самопочуття людей у приміщеннях використовуються сучасні системи опалення, які відповідають вимогам енергоефективності та санітарно-гігієнічним нормам.

Опалювальні прилади є основними елементами системи опалення і повинні відповідати комплексним вимогам: технологічним, санітарно-гігієнічним, техніко-економічним, архітектурно-будівельним та монтажним. У розглянутому випадку всі ці умови повністю задоволені, що забезпечує надійну, ефективну та безпечну експлуатацію системи.

Найефективнішим є встановлення радіаторів непосредньо біля зовнішніх огорожувальних конструкцій, під вікнами приміщень.

Таке розташування сприяє оптимальному формуванню конвекційних потоків, які перешкоджають проникненню холодного повітря від зовнішніх стін і забезпечують рівномірний розподіл тепла по всьому об'єму приміщення.

Вимоги до опалювальних приладів [11,12].

Економічні:

- мінімальна металоємність;
- зменшена приведена вартість виготовлення та монтажу;
- оптимальні експлуатаційні витрати на обслуговування.
- Теплотехнічні:
- ефективна передача теплової енергії від теплоносія до повітря

приміщення;

- забезпечення високого коефіцієнта теплопередачі та швидкого прогріву повітря.

Експлуатаційно-побутові:

- висока механічна міцність;
- безпечність та зручність під час транспортування, монтажу та

обслуговування.

Архітектурно-будівельні:

- компактні габаритні розміри та об'єм;
- естетична форма, що гармонійно вписується в інтер'єр приміщень.

У відповідності до зазначених вимог, для системи опалення прийняті панельні сталеві радіатори фірми «Vogel & Noot», тип 11VM [10], які забезпечують ефективну тепловіддачу, надійність експлуатації та енергетичну ефективність системи. Таке рішення дозволяє одночасно підвищити комфорт користувачів будівлі та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

#### 1.4.5. Обґрунтування вибору схеми теплопостачання

Джерелом теплопостачання адміністративно-побутових приміщень виробничого комплексу обрано індивідуальний тепловий пункт (ІТП). Для будівлі запроектована двотрубна система водяного опалення з вертикальною схемою та верхньою розводкою теплоносія, що забезпечує рівномірне прогрівання всіх приміщень, у тому числі найвіддаленіших, та дозволяє ефективно регулювати тепловий режим кожного приміщення [13].

В якості теплоносія використовується вода, що зумовлено її високою теплоємністю, низькою динамічною в'язкістю та екологічною безпечністю. Використання води також дозволяє створювати природну циркуляцію теплоносія за рахунок різниці густини при різних температурах, що підвищує енергоефективність системи.

#### 1.4.6. Економічне обґрунтування застосування автономного опалення

Для порівняння розглянемо витрати на теплову енергію при централізованому та автономному опаленні у смт. Крижопіль:

Вихідні дані на 2025 рік.

Централізоване опалення:

Вартість 1 Гкал: 1355,83 грн (без змін).

1 Гкал = 1163 кВт·год, отже:

$$\text{Ціна 1 кВт}\cdot\text{год: } \frac{1355.83}{1163} = 1.65 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год.}$$

Автономне опалення (газ):

Теплотворна здатність газу G20:  $34 \text{ МДж/м}^3 = 9,45 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^3$ .

Ціна 1 м<sup>3</sup> газу у 2025: 7,42 грн (фіксований тариф для населення).

$$\text{Ціна 1 кВт}\cdot\text{год: } \frac{7,42}{9,45} = 0.785 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год.}$$

Розрахунок споживання.

Потужність котла: 46 кВт.

Тривалість сезону: 182 дні.

Теоретичне споживання:

$$46 \cdot 182 \cdot 24 = 200\,928 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Реалістичне споживання (50%):

$$200\,928 / 2 = 100\,464 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Економія:

$$117\,040 - 78\,864 = 38\,176 \text{ грн}.$$

Відносна економія:

$$(38\,176 / 117\,040) \cdot 100\% = 32,6\%.$$

Таким чином, використання індивідуального опалення забезпечує значне скорочення витрат на теплову енергію порівняно з централізованим опаленням.

Використання теплового насоса у поєднанні з газовими котлами дозволяє [11]:

- використовувати газові котли лише у пікові навантаження;
- оптимізувати споживання енергоресурсів;
- додатково економити кошти за рахунок використання низькопотенційної енергії ґрунту або повітря;
- підвищити екологічну безпеку системи за рахунок зменшення викидів в атмосферу.

Обране рішення відповідає сучасним вимогам енергоефективності, екологічності та економічної доцільності для адміністративно-побутових приміщень середнього масштабу.

### 1.5. Висновок до першого розділу

Проведений аналіз дозволив уточнити та конкретизувати технічні переваги різних типів систем опалення з урахуванням експлуатаційних умов адміністративно-побутових приміщень. На основі порівняння (див. табл. 1 та 2) встановлено, що найбільш раціональним рішенням для будівель площею до

500 м<sup>2</sup> є водяне опалення низькотемпературного типу у двотрубній схемі з примусовою циркуляцією теплоносія.

Таке рішення є оптимальним з огляду на:

1. Стабільність теплового режиму — двотрубна система забезпечує однакову температуру у всіх приладах, що є критичним для адміністративних приміщень із різним функціональним призначенням.

2. Енергоефективність — використання сучасного газового або конденсаційного котла у поєднанні з насосною циркуляцією зменшує витрати енергії та підвищує керованість системи.

3. Надійність експлуатації — вертикальна схема з верхнім розведенням має низький гідравлічний опір та меншу чутливість до повітряних пробок.

4. Можливість зонального регулювання — сучасна терморегулювальна арматура дозволяє адаптувати роботу системи до реальних теплових навантажень окремих приміщень.

5. Відповідність чинним нормативам — обрана система повністю узгоджується з вимогами ДБН В.2.5-67:2013 та сучасними принципами енергоощадності.

Таким чином, водяна двотрубна система з примусовою циркуляцією та верхнім розведенням є технічно та економічно обґрунтованим рішенням для проєктованої будівлі. Її вибір забезпечує оптимальне поєднання надійності, енергоефективності та експлуатаційного комфорту при мінімальних витратах на обслуговування.

## РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ ПРОПОЗИЦІЙ ТА РІШЕНЬ

2.1. Модель теплообмінних процесів в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу

Розробка наближеної математичної моделі з використанням рівнянь теплових балансів розробляється для аналізу та розрахунку теплообмінних процесів, створення та забезпечення комфортних умов в будівлі за допомогою систем забезпечення мікроклімату [14].

Основним алгоритмом даної математичної моделі є складання розрахункової схеми теплообміну (див. рис. 2.1), рівняння теплового балансу, складання задач та розв'язання рівнянь.

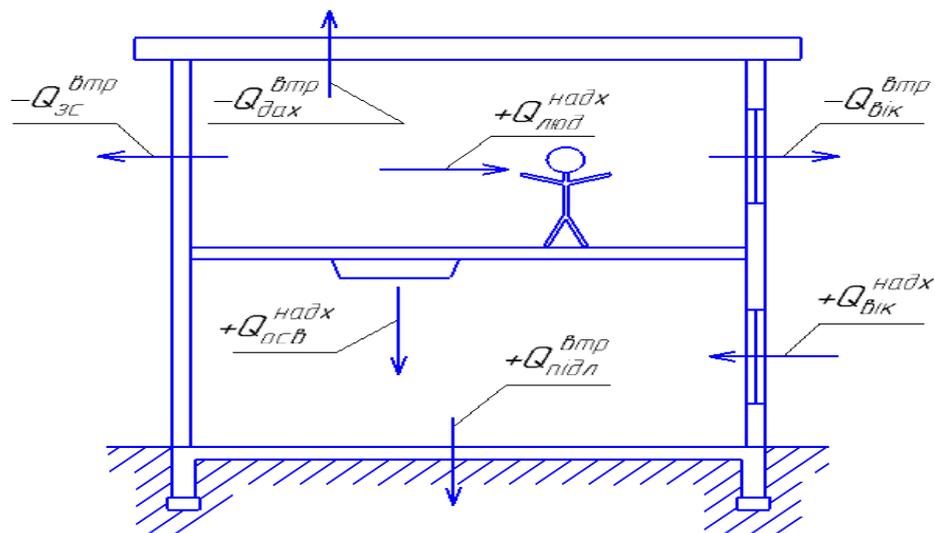


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема теплообміну будівлі

2.2. Складання теплових балансів

У загальному вигляді рівняння теплового балансу має вигляд (2.1):

$$\Delta Q = \sum_{i=1}^n Q_{\text{над}i} - \sum_{j=1}^m Q_{\text{втр}j} \quad (2.1)$$

де  $\sum_{i=1}^n Q_{надi}$  – сумарні теплонадходження до приміщення, Вт;

$\sum_{j=1}^m Q_{втрj}$  – сумарні тепловтрати приміщення, Вт.

Розрахунки необхідно проводити для теплого, перехідного та холодного періоду. Теплонадходження  $\sum_{i=1}^n Q_{надi}$  визначаються за формулами [14]:

для літнього періоду (2.2) :

$$\sum_{i=1}^n Q_{надi} = Q_l + Q_{cp}^e + Q_{cp}^{cm} + Q_{cp}^d + Q_{умт} + Q_{обл} ; \quad (2.2)$$

для холодного та перехідного періоду (2.3):

$$\Delta Q = Q_l + Q_{умт} + Q_{обл} ; \quad (2.3)$$

де  $Q_l$  - теплонадходження від людей, Вт;

$Q_{cp}^e$  - теплонадходження від сонячної радіації через вікна, Вт;

$Q_{cp}^{cm}$  - теплонадходження від сонячної радіації через стіни, Вт;

$Q_{cp}^d$  - теплонадходження від сонячної радіації через дах, Вт;

$Q_{обл}$  - теплонадходження від обладнання, Вт;

$Q_{умт}$  - теплонадходження від штучного освітлення, Вт.

Кінцевою метою теплотехнічного розрахунку є визначення коефіцієнта теплопередачі окремих огорожувальних конструкцій будинку (зовнішні стіни, стеля верхнього поверху, перекриття, вікна), а також визначення товщини шару утеплювача.

### 2.2.1. Моделювання теплотехнічних параметрів зовнішніх огорожуючих конструкцій

Виконаємо розрахунок опору теплопередачі зовнішніх стін будівлі, та підберемо оптимальну товщину утеплювача.

Для умов експлуатації Б згідно ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» вибираємо теплотехнічні характеристики будівельних матеріалів:

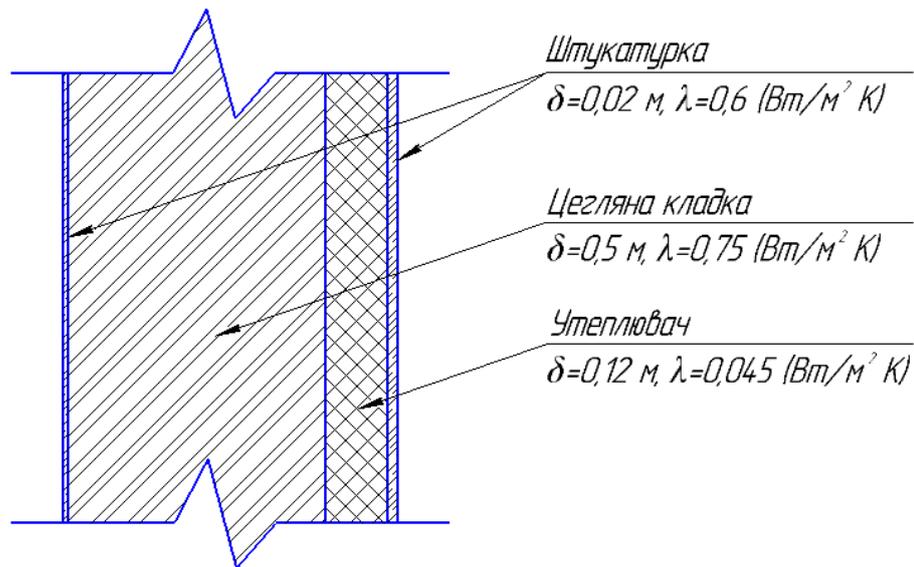


Рисунок 2.2 – Схема до розрахунку теплотехнічних параметрів конструкції зовнішньої стіни

Штукатурка:  $\lambda_1 = 0,6 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $\delta_1 = 0,01 \text{ м}$ .

Кладка цегли:  $\lambda_2 = 0,75 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $\delta_2 = 0,50 \text{ м}$ .

Утеплювач (шар мінераловатних плит):  $\lambda_3 = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

Штукатурка:  $\lambda_1 = 0,6 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $\delta_1 = 0,01 \text{ м}$ .

Розраховуємо необхідний опір теплопередачі утеплювача:

Нормативний термічний опір теплопередачі для стін для 1-ї температурної зони  $R_{\text{стнорм}} = 4,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ , коефіцієнти тепловіддачі внутрішнього повітря до стіни  $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  і від стіни до зовнішнього повітря  $\alpha_{\text{зн}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Визначимо термічний опір стіни без утеплювача, необхідний опір і товщину утеплювача:

$$\sum R = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_{\text{зн}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,6} + \frac{0,50}{0,75} + \frac{x}{0,045} + \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,6} =$$

$$= 4,0 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right) \quad (2.4)$$

$$x = 0,11 \text{ (м)}$$

Приймаємо товщину утеплювача 12 см, перераховуємо, і отримуємо приведений термічний опір стіни:

$$R_{прив} = 4,08 \left( \frac{m^2 K}{Вт} \right), k = 0,3.$$

### 2.2.2. Моделювання теплотехнічних параметрів вікон

Для 1-ї температурної зони термічний опір вікон повинен бути не менше нормативного значення  $R_{вік}^{норм} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$ . Оберемо дерев'яні вікна українського виробника "Plus 68" [15].

Їх технічні характеристики :

Склопакет Pilkington: 26 мм однокамерний енергозберігаючий з газом аргоном 4і-16 Аргон-4. Склопакети європейського рівня.

Термічний опір:  $R_v = 0,77 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K)$ .

Фурнітура: австрійська МАСО з функцією мікропровітрювання та регулювання у трьох площинах, з захистом від піднімання та додатковими функціями: блокування повороту ручки.

Ущільнювач: один з полі пластичного полімеру.

Термовологовідвід: алюмінієвий на рамі та на створці вікна, прикритий дерев'яною декоративною планкою у колір вікна.

Тоді:  $R_v = 0,77, k = 1,3$ .

### 2.2.3. Моделювання теплотехнічних параметрів перекриття над підвалом

Нормативний термічний опір для 1 - ї температурної зони становить для неопалювальних підвалів, розташованих нижче рівня землі  $R_{пернорм} = 3,75 (m^2 \cdot K)/Вт$  ; коефіцієнти тепловіддачі від внутрішнього повітря до перекриття  $\alpha_{вн} = 8,7 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K)$  і від перекриття до повітря підвалу  $\alpha_{зн} = 6 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K)$ .

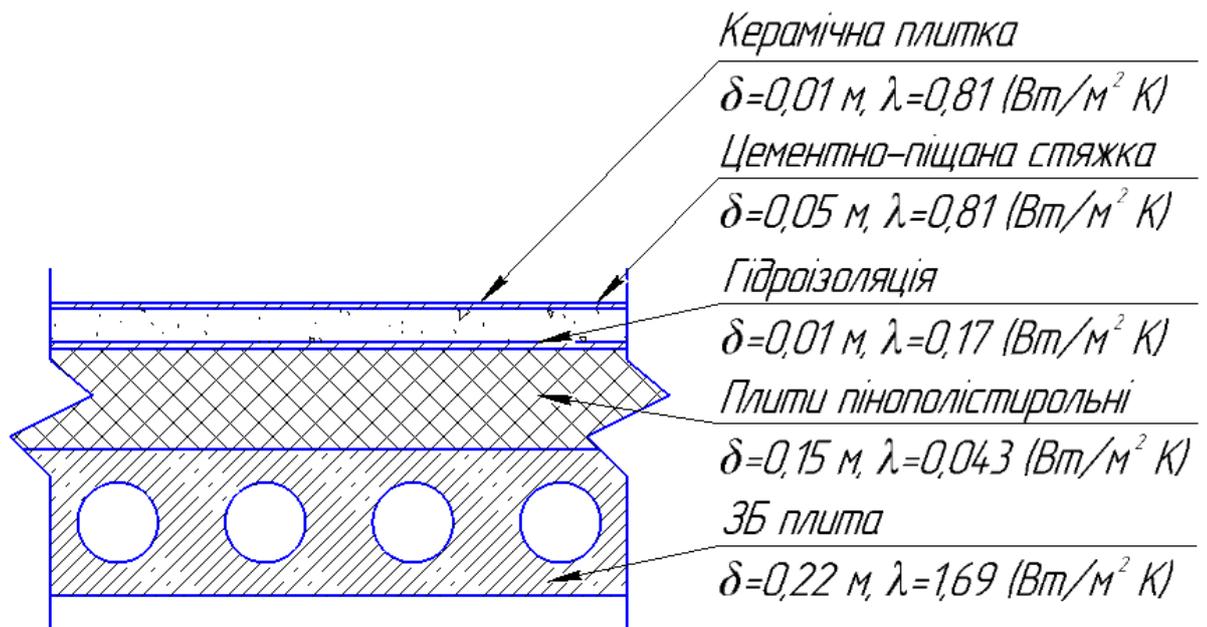


Рисунок 2.3 – Схема до розрахунку теплотехнічних параметрів конструкції перекриття над підвалом.

Розрахунок проводимо аналогічно розрахунку зовнішніх стін.

Керамічна плитка:  $\delta_1=0,01\text{м}, \lambda_1=0,81\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

Цементно-піщана стяжка:  $\delta_2=0,05\text{м}, \lambda_2=0,81\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

Гідроізоляція (рубероїд):  $\delta_3=0,01\text{м}, \lambda_3=0,17\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

Плити пінополістирольні екструзійні:  $\delta_3=0,15\text{м}, \lambda_3=0,043\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

ЗБ плита:  $\delta_3=0,22 \text{ м}, \lambda_3=1,69 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Визначаємо термічний опір всієї конструкції без утеплювача [7]:

$$\begin{aligned}
 \sum R &= \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + \frac{1}{\alpha_{\text{зн}}} = \\
 &= \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,05}{0,81} + \frac{0,01}{0,17} + \\
 &+ \frac{x}{0,043} + \frac{0,22}{1,69} + \frac{1}{6} = 3,75 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

$$x = 0,138 \text{ м.}$$

Приймаємо в якості утеплювача плити пінополістирольні екструзійні товщиною 15см. Перераховуємо:

$$R_{прив} = 4,03 \left( \frac{m^2 K}{Вт} \right), k = 0,24.$$

#### 2.2.4. Моделювання теплотехнічних параметрів дахового перекриття

Нормативний термічний опір для 1 – ї температурної зони становить  $R_{пернорм} = 4,95 (m^2 \cdot K) / Вт.$ ; коефіцієнти тепловіддачі від внутрішнього повітря до перекриття  $\alpha_{вн} = 8,7 Вт / (m^2 \cdot K)$  і від перекриття до повітря даху  $\alpha_{зн} = 12 Вт / (m^2 \cdot K)$ .

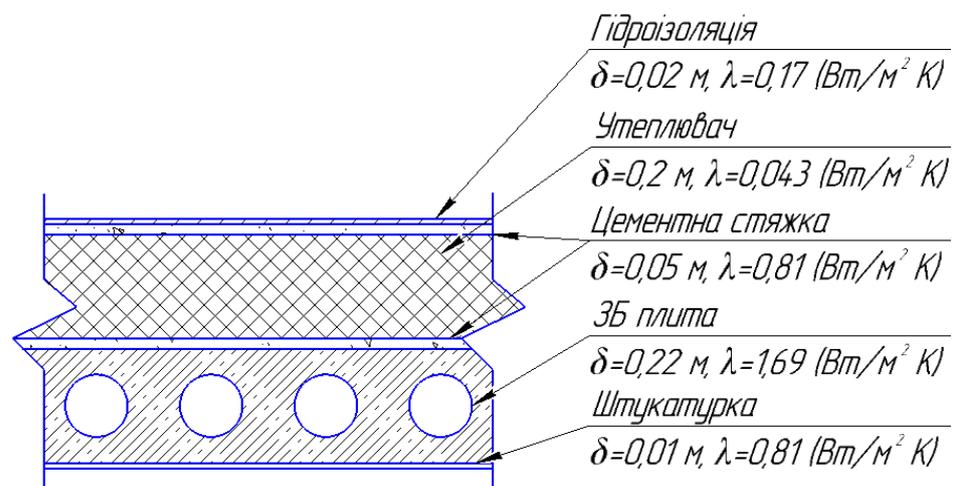


Рисунок 2.4 – Схема до розрахунку теплотехнічних параметрів конструкції дахового перекриття.

Розрахунок проводимо аналогічно розрахунку перекриття над підвалом.

Штукатурка:  $\delta_1 = 0,01 \text{ м}, \lambda_1 = 0,81 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$ ;

ЗБ плита:  $\delta_2 = 0,22 \text{ м}, \lambda_2 = 1,69 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$ ;

Цементна стяжка:  $\delta_3 = 0,05 \text{ м}, \lambda_3 = 0,81 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$ ;

Пінопласт:  $\delta_3 = 0,2 \text{ м}, \lambda_3 = 0,043 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$ ;

Цементна стяжка:  $\delta_3 = 0,05 \text{ м}, \lambda_3 = 0,81 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$ .

Гідроізоляція:  $\delta_3 = 0,02 \text{ м}, \lambda_3 = 0,17 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$ .

Визначаємо термічний опір всієї конструкції без утеплювача [7]:

$$\begin{aligned}
\sum R &= \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + \frac{1}{\alpha_{\text{зн}}} = \\
&= \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,22}{1,69} + \frac{0,05}{0,81} + \\
&+ \frac{x}{0,043} + \frac{0,05}{0,81} + \frac{0,02}{0,17} + \frac{1}{12} = 4,95 \left( \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}} \right)
\end{aligned} \tag{2.6}$$

$x = 0,19$  м.

Приймаємо як утеплювач пінопласт товщиною 20 см.

Перераховуємо:

$$R_{\text{прис}} = 5,23 \left( \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}} \right), k = 0,19.$$

### 2.3. Розрахунок теплових втрат приміщень

Система опалення будівлі повинна забезпечувати повну компенсацію тепловтрат, що виникають під час її експлуатації. До складу таких втрат входять тепловтрати через огорожувальні конструкції (стіни, віконні та дверні прорізи, перекриття, покриття, підлогу) та втрати тепла, пов'язані з нагріванням зовнішнього повітря, яке надходить до внутрішніх приміщень унаслідок інфільтрації через нещільності огорожень. Забезпечення балансу між тепловтратами та тепловою потужністю системи опалення є ключовою вимогою до енергоефективності будівлі та її здатності підтримувати нормативний мікроклімат у холодний період року [8].

Сумарні тепловтрати будівлі  $Q_3$  складаються з двох основних складових:

- головних тепловтрат  $Q_г$ , що визначаються теплопередачею через огорожувальні конструкції відповідно до їх опору теплопередачі та площі;
- додаткових тепловтрат  $Q_д$ , пов'язаних з інфільтрацією, вентиляційним повітрообміном та іншими експлуатаційними факторами.

Правильне визначення обох складових має принципове значення для точного розрахунку теплового навантаження системи опалення та вибору обладнання необхідної теплової потужності. Розрахунки виконуються з урахуванням кліматичних параметрів регіону, проектних температур внутрішнього повітря та нормованих значень опору теплопередачі для огорожень відповідно до чинних будівельних норм [16].

Для спрощення ідентифікації приміщень у процесі розрахунків запроваджується єдина система нумерації та позначень. На планах будівлі приміщення маркуються послідовно, починаючи з першого поверху: №101, 102, 103 тощо. Сходові клітки позначаються великими літерами українського алфавіту – А, Б.

У таблицях теплотехнічних розрахунків застосовується уніфікована система умовних позначень огорожувальних конструкцій:

- ЗС – зовнішня стіна;
- ВО – вікно з однокамерним склопакетом;
- СТ – стеля;
- ПД – підлога;
- ДО – двері одинарні.

Для коректного визначення тепловтрат кожна огорожувальна конструкція додатково характеризується орієнтацією у просторі, оскільки тепловий баланс залежить від напрямку сторін світу та інсоляційних умов.

Використовуються такі позначення:

- ПН – північ;
- ПД – південь;
- ЗХ – захід;
- СХ – схід.

Зазначена система класифікації та позначень дає змогу уніфікувати підхід до виконання теплотехнічних розрахунків, мінімізувати ймовірність помилок, а також забезпечити узгодженість між планувальними рішеннями та

розрахунками теплового навантаження. Крім того, стандартизовані позначення істотно спрощують подальшу розробку робочої документації та забезпечують її відповідність нормам у сфері будівництва та енергоефективності [16].

Головні тепловтрати  $Q_{\Gamma}$ , Вт, визначають за формулою:

$$Q_{\Gamma} = 1/R_{0\phi} \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \quad (2.7)$$

де:  $F$  – площа теплопередаючої поверхні огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>;

$R_{0\phi}$  – повний фактичний термічний опір огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>·°C/Вт;

$t_{\text{в}}$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, °C.

$t_{\text{з}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °C, приймається середня температура найбільш холодної п'ятиденки;

$n$  – коефіцієнт, що враховує додатковий захист огорожувальної конструкції від зовнішніх температур (див. додаток Б).

#### 2.4. Вибір опалювальних приладів

Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в будинку передбачається застосування двотрубною водяною системи опалення з верхньою розводкою, підключеної до індивідуального теплогенератора (газового або електричного котла відповідно до проектного рішення). Такий тип системи забезпечує стабільний гідравлічний режим, рівномірний розподіл теплоносія між опалювальними приладами та підвищену надійність у порівнянні з однотрубними схемами [14].

Вибір двотрубною схеми з верхньою розводкою обумовлений її експлуатаційними перевагами:

- утворенням природної циркуляції в аварійних або безживильних режимах;
- зменшенням ризику заводування стояків;

- можливістю встановлення приладів автоматичного регулювання тепловіддачі;
- підвищеною енергоефективністю завдяки рівномірному розподілу тепла у всіх приміщеннях.

У якості опалювальних приладів прийнято використовувати радіатори марки «Vogel & Noot» [10], які зарекомендували себе високою тепловою потужністю, корозійною стійкістю та сумісністю з сучасними системами автономного опалення. Для даного проєкту застосовуються панельні сталеві радіатори типу 11VM, що мають однопанельну конструкцію з конвекторною решіткою та бічним підключенням. Згідно з технічними специфікаціями виробника, радіатори цього типу забезпечують оптимальне співвідношення теплової віддачі та компактних габаритів.

## 2.5. Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення

Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення виконується після завершення визначення тепловтрат усіх приміщень, добору та розміщення опалювальних приладів, а також після розроблення аксонометричної схеми системи. Така послідовність забезпечує точність розрахункових параметрів та можливість оптимізації діаметрів трубопроводів з урахуванням реальних витрат теплоносія [16].

Основним завданням гідравлічного розрахунку є визначення оптимальних внутрішніх діаметрів трубопроводів на кожній розрахунковій ділянці циркуляційних кілець, що дозволяє забезпечити необхідну пропускну здатність трубопроводів та стабільний гідравлічний режим роботи системи. Розрахунок виконується для всіх циркуляційних кілець, проте починається з головного (найбільш навантаженого й найдовшого) циркуляційного кільця, яке проходить через опалювальний прилад, розташований на найбільш віддаленій ділянці системи.

Вибране циркуляційне кільце поділяється на окремі розрахункові ділянки. Межі ділянок визначаються у точках зміни витрати теплоносія, тобто у місцях підключення або відгалуження опалювальних приладів. Для кожної ділянки характерним є протікання сталої кількості води, що дає можливість встановити гідравлічні параметри з урахуванням фактичних витрат теплоносія.

Для виконання попереднього підбору діаметра трубопроводів необхідно визначити два основних параметри:

- витрату теплоносія на ділянці ( $G$ , кг/год), що залежить від теплового навантаження суміжних приладів та параметрів теплоносія;
- допустиму питому середню втрату тиску на одиницю довжини трубопроводу ( $R_d$ , Па/м), яка забезпечує раціональний баланс між гідравлічним опором та економічністю системи.

Значення рекомендованих питомих втрат тиску для різних режимів циркуляції наведено в додатку В до нормативних документів. Вибір  $R_d$  здійснюється з урахуванням типу системи опалення, швидкості руху теплоносія, шумових характеристик та конструктивних обмежень [2].

Підібрані діаметри труб перевіряються за фактичними швидкостями руху теплоносія в межах нормативно дозволених значень. Подальший розрахунок включає визначення гідравлічних втрат тиску на всіх ділянках кільця, а також перевірку сумарного опору системи для забезпечення можливості її балансування та правильного добору циркуляційного насоса.

## 2.6. Моделювання гідродинамічних та теплотехнічних режимів ґрунтового зонда

### 2.6.1. Підбір ґрунтового теплового насоса

Підбираємо тепловий насос розсіл-вода Viessmann Vitocal 350-G [17] потужністю 25,2 кВт, що складає 80% загального теплового навантаження. Такий вибір обґрунтовано економічною доцільністю, так як зазвичай

тепловтрати будинку менші, що наведено на рисунку 2.5. У холодні дні будуть вмикатись газові котли.

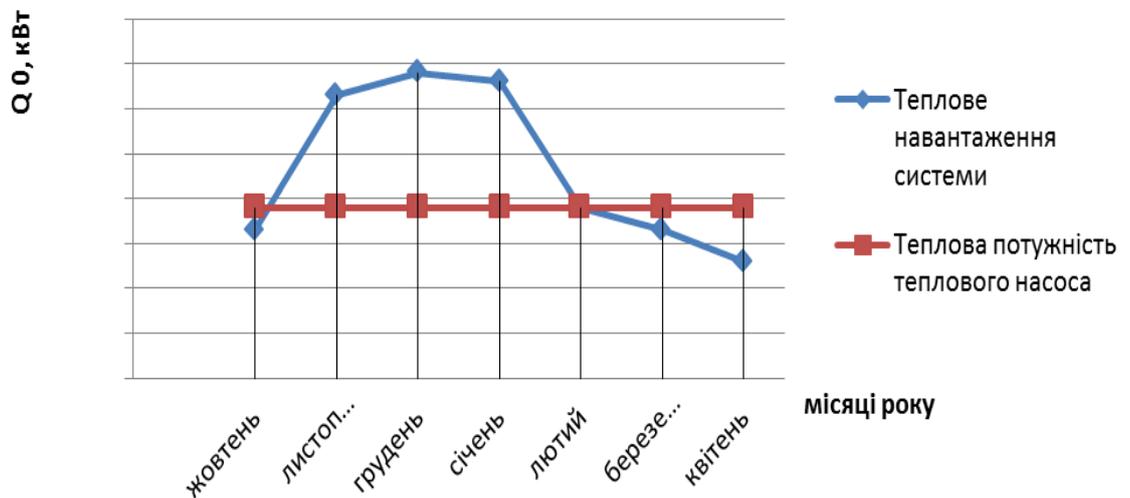


Рисунок 2.5 – Графік покриття теплового навантаження на будинок тепловим насосом

### 2.6.2. Розрахунок джерела тепла

У даному випадку розглядається подвійний U-подібний трубчастий зонд. Проміжок між трубами і ґрунтом заповнюється матеріалом з хорошою теплопровідністю. Рекомендована мінімальна відстань між двома ґрунтовими зондами: 5 м. до 50 м.; 6м. до 100 м. глибини свердловини.

Загальне навантаження на будівлю дорівнює 31,5 кВт., 80% необхідної теплової енергії забезпечуватиметься тепловим насосом Viessmann Vitocal потужністю 25,2 кВт. Розрахунок зондів проводиться наступним чином.

Середній забір потужності  $q_E = 50 \text{ Вт/м}$  довжини зонда. Тоді, довжина зонда:

$$l = \frac{Q_K}{q_E} = \frac{25200}{60} = 420 \text{ (м)}. \quad (2.8)$$

де  $q_z$  – питомий відбір потужності зондом (Вінницька область знаходиться на Українському щиті, тому питомий відбір тепла візьмемо 60 Вт/м).

Відповідно до технічних рекомендацій проектування геотермальних систем, довжина вертикальних ґрунтових теплообмінних зондів та колекторів не повинна перевищувати 100 м, що забезпечує оптимальний гідравлічний режим, мінімальні втрати тиску та коректну роботу теплового насоса [1]. З урахуванням зазначених вимог для проекту остаточно прийнято шість подвійних ґрунтових зондів довжиною 70 м кожний, виготовлених із поліетиленової труби PE32×3,0 мм. Зонди розміщуються на відстані 10 м один від одного з метою виключення теплового взаємовпливу між ними. Об'єм теплоносія, який уміщується в трубі такого типу, становить 0,531 л/м.

Загальна довжина подавальної мережі становить 60 м, що необхідно враховувати при визначенні сумарного об'єму рідини для заповнення ґрунтового контуру. Для облаштування всієї системи зондів потрібно 480 м труби PE32×3,0 мм, що відповідає сумарному об'єму теплоносія:  $V = 480 \text{ м} \times 0,531 \text{ л/м} = 255 \text{ л}$ .

Таким чином, для заповнення ґрунтового теплообмінного контуру необхідно 255 л робочої рідини.

У якості теплоносія передбачається використання незамерзаючого розчину на основі пропіленгліколю, що є безпечним, нетоксичним і рекомендованим для геотермальних систем згідно з європейськими нормами [2]. Концентрація пропіленгліколю визначається за температурою кипіння холодоагенту у випарнику. Для теплових насосів, що працюють із холодоагентами з температурою кипіння  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ , рекомендована концентрація становить 40 %.

Виходячи із загального об'єму 255 л, кількість компонентів становить:

- чистий пропіленгліколь – 102 л (40 %),
- вода – 153 л (60 %).

Заповнення ґрунтового колектора необхідно здійснювати вже готовим змішаним розчином, що забезпечує рівномірні фізико-технічні властивості теплоносія по всій системі.

Продуктивність теплового насоса становить 5350 л/год. Оскільки система включає 6 контурів, пропускна здатність одного контуру визначається як  $5350/6=890$  л/год.

Втрати тиску в одному контурі становлять 0,66 бар, тому для шести контурів  $0,66*6=3,96$  бар.

За умови довжини підвідної ділянки трубопроводу 20 м та діаметра труби 32 мм, орієнтовні втрати напору складають 0,1 бар. Таким чином, сумарні гідравлічні втрати становлять  $3,96+0,1=4,06$  бар.

Отриманий результат є визначальним для подальшого добору циркуляційного насоса. У даному випадку обґрунтовано вибрано насос Wilo TOP-S 80/10 DM PN10 [18], який забезпечує необхідний напір та витрату для стабільної роботи всієї геотермальної системи.

Бак-акумулятор призначений для підтримання теплового режиму системи у випадку аварійного вимкнення електроживлення. Згідно з рекомендаціями, мінімальний об'єм бака-акумулятора визначається із розрахунку 10–20 л на 1 кВт теплової потужності теплового насоса [3]. Для даної системи прийнято об'єм буферної ємності 500 л, що забезпечує необхідний запас теплової енергії та стабільність роботи установки.

## 2.7. Підбір обладнання

За результатами теплотехнічного розрахунку встановлено, що тепловтрати будівлі становлять:

- через огорожувальні конструкції – 17,4 кВт;
- на вентиляційне повітря – 14 кВт.

Сумарне теплове навантаження будівлі становить 31,5 кВт. Для забезпечення надійності, резервування та гнучкості в роботі системи опалення прийнято комбіновану схему теплогенерації:

- два газові котли, кожен із номінальною потужністю не менше 70 % розрахункового навантаження будівлі;

- тепловий насос, здатний покривати 80 % теплового навантаження.

З урахуванням цих вимог та технічних характеристик обладнання до встановлення обрано:

- два газові котли Viessmann Vitopend 100-W (модель WH1D260);

- один тепловий насос Viessmann Vitocal 350-G [17].

Технічні параметри газового котла Viessmann Vitopend 100-W:

- Номінальна теплова потужність – 23 кВт;

- Габаритні розміри: товщина – 340 мм, ширина – 400 мм, висота – 725 мм;

- Маса – 31 кг.

Технічні параметри теплового насоса Viessmann Vitocal 350-G:

- Номінальна теплова потужність – 25,2 кВт;

- Габаритні розміри: товщина – 1085 мм, ширина – 780 мм, висота – 1267 мм;

- Маса – 285 кг.

Прийняте обладнання забезпечує можливість роботи системи як у стандартному режимі, так і в режимі резервування, що відповідає сучасним вимогам енергоефективності та надійності джерел теплопостачання [1].

## 2. Підбір опалювальних приладів

Для системи опалення передбачено використання панельних сталевих радіаторів «Vogel & Noot», які характеризуються високим коефіцієнтом тепловіддачі, корозійною стійкістю та сумісністю з двотрубними системами.

Технічні параметри радіаторів Vogel & Noot типу 11VM [10]:

- Тип — 11VM, бокове підключення;

- Висота — 500 мм;

- Діапазон довжин — 520–1120 мм;

- Об'єм теплоносія — 3,3 л;

- Теплова потужність — 0,64–1,74 кВт залежно від довжини;
- Маса — 9,26–19,34 кг.

Підбір довжини радіаторів виконано відповідно до необхідної теплової потужності окремих приміщень, визначеної за даними теплотехнічного розрахунку.

### 3. Підбір трубопроводів

Згідно з результатами гідравлічного розрахунку, для магістральних і розподільчих ділянок системи опалення підібрано поліпропіленові трубопроводи «Kan-therm» PN20 [20], які мають необхідну міцність, термостійкість і гідравлічні характеристики.

Прийняті діаметри трубопроводів:

- 25×4,2 мм;
- 32×5,4 мм;
- 40×6,7 мм;
- 50×8,3 мм.

Діаметри вибрані відповідно до витрат теплоносія на ділянках, допустимої швидкості руху, а також нормативних значень втрат тиску [2].

### 4. Підбір циркуляційних насосів

Згідно з гідравлічним розрахунком встановлено:

- сумарні втрати тиску — 22 кПа;
- необхідний гідравлічний напір — 3,3 м;
- витрата теплоносія — 1,73 м<sup>3</sup>/год.

Враховуючи отримані параметри, для забезпечення циркуляції теплоносія в системі опалення вибрано насос Wilo TOP-S 30/10 [18], який відповідає необхідним показникам продуктивності, напору та робочого діапазону.

## 5. Підбір розширювального бака

Для компенсації температурного розширення води в системі передбачається встановлення мембранного розширювального бака REFLEX NG 25 [21].

Основні технічні характеристики бака REFLEX NG 25 [21]:

- Місткість — 25 л;
- Тип мембрани — фіксована, незмінна;
- Тип під'єднання — різьбове;
- Максимальна робоча температура мембрани — 70 °С;
- Матеріал корпусу — високоякісна листова сталь;
- Покриття — полімерне порошкове, біле;
- Наявність заводського пневмоклапана для регулювання тиску

повітряної камери.

Вода або теплоносій надходять у бак через різьбовий патрубок, забезпечуючи стабільний тиск у системі під час коливань температури та запобігаючи гідравлічним ударами.

## 2.8. Визначення кількості забрудників у приміщеннях

Джерелами шкідливих виділень є : сонячна радіація, що надходить через світлові прорізи та штучне освітлення. Розрахунок ведеться для теплого і холодного періодів року.

Кількість тепла, що надходить через світлові прорізи за рахунок сонячного випромінювання визначається за формулою [22]:

$$Q = (q_1 \cdot F_{01} + q_2 \cdot F_{02}) \cdot \beta_{c.n.} \cdot k_0 + \frac{t_3 - t_6}{R_0} \cdot F_0, (Вт), \quad (2.9)$$

де  $F_{01}$  - площа світлового прорізу, який опромінюється прямим сонячним випромінюванням, м<sup>2</sup>;

$F_{02}$  - площа світлового прорізу, який не опромінюється прямим сонячним випромінюванням,  $\text{м}^2$ ;

$\beta_{c.n.}$  - коефіцієнт пропускання сонячної радіації сонцезахисними пристроями;

$k_0$  - коефіцієнт, який залежить від типу скління;

$q_1$  та  $q_2$  – відповідно кількість тепла, яка надходить через одинарне скління світлових прорізів при прямому і розсіяному сонячному випромінюванню,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$  :

$$q_1 = (q_{в.п.} + q_{в.н.}) \cdot k_1 \cdot k_2, \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right), \quad (2.10)$$

$$q_2 = q_{в.п.} \cdot k_1 \cdot k_2, \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right), \quad (2.11)$$

Де  $q_{в.п.}$  – надходження тепла через одинарне скління від прямого випромінювання,  $\left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right)$ ;

$q_{в.п.}$  – надходження тепла через вертикальне скління від розсіяного сонячного випромінювання,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$  ;

$k_1$  – коефіцієнт, який враховує затемнення прорізів віконними рамами;

$k_2$  – коефіцієнт, який враховує забрудненість скла.

Відповідно до розміщення даного будинку на генплані і відсутність поблизу нього огорож, приймаємо, що всі світлові прорізи освітлюються прямим сонячним випромінюванням. Тоді формула набуде вигляду :

$$Q = (q_1 \cdot F_{01}) \cdot \beta_{c.n.} \cdot k_0 + \frac{t_3 - t_в}{R_0} \cdot F_0, (\text{Вт}) \quad (2.12)$$

В зв'язку з великим затуханням коливань температури в стінових огороженнях надходження тепла за рахунок сонячного випромінювання через стіни не враховується.

Кількість тепла, що виділяється при штучному освітлені визначається за формулою:

$$Q_{осв} = F \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв}, (Вт), \quad (2.13)$$

де  $F$  – площа приміщення,  $м^2$ ;

$q_{осв}$  – питома виділення теплоти,  $\frac{Вт}{лк}$ ;

$\eta_{осв}$  - доля теплової енергії, яка потрапляє в приміщення.

Результати розрахунків наведено у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Тепло- і вологонадходження у приміщення

Приміщення	Період року	Теплонадходження від: Вт.				Вологонадходження від людей, кг/го.
		Сонячної радіації,	Штучного освітлення	Людей,	Сумарні,	
1	2	3	4	5	6	7
102	Теплий	134,3	86,58	-	220,88	-
	Холодний	134,3	86,58	-	220,88	-
103	Теплий	436,7	57,96	-	494,66	-
	Холодний	436,7	57,96	-	494,66	-
104	Теплий	436,7	53,46	-	490,16	-
	Холодний	436,7	53,46	-	490,16	-
105	Теплий	1660,45	495,9	-	2156,35	-
	Холодний	1660,45	495,9	-	2156,35	-
106	Теплий	427,9	63	-	490,9	-
	Холодний	427,9	63	-	490,9	-
107	Теплий	-	23,6	-	23,6	-
	Холодний	-	23,6	-	23,6	-
108	Теплий	-	75,6	-	75,6	-
	Холодний	-	75,6	-	75,6	-
109	Теплий	430,8	37,8	-	468,6	-
	Холодний	430,8	37,8	-	468,6	-
110	Теплий	537,2	182,07	-	719,27	-
	Холодний	537,2	182,07	-	719,27	-
111	Теплий	436,7	96,3	-	533	-
	Холодний	436,7	96,3	-	533	-
112	Теплий	436,7	133,2	-	569,9	-
	Холодний	436,7	133,2	-	569,9	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
201	Теплий	2214	696,6	-	2910,6	-
	Холодний	2214	696,6	-	2910,6	-
202	Теплий	537,2	183,6	-	720,8	-
	Холодний	537,2	183,6	-	720,8	-
203	Теплий	427,9	96,3	-	524,2	-
	Холодний	427,9	96,3	-	524,2	-
204	Теплий	430,8	115,2	-	546	-
	Холодний	430,8	115,2	-	546	-
205	Теплий	855,9	231,12	-	1087,02	-
	Холодний	855,9	231,12	-	1087,02	-

### 2.9. Розрахунок повітрообміну у приміщеннях

Для визначення необхідного повітрообміну в приміщенні вентиляційна система повинна проектуватися з урахуванням вихідних параметрів, що характеризують кількість і склад шкідливих викидів, які надходять у внутрішнє повітря. До таких параметрів належать [22,23]:

- кількість шкідливих виділень, що утворюються в приміщенні протягом однієї години (тепло, волога, гази, пари, пилові домішки тощо);
- допустима концентрація шкідливих речовин у 1 м<sup>3</sup> повітря приміщення, встановлена відповідно до санітарних норм та ДСП;
- концентрація шкідливих викидів у зовнішньому повітрі, яке подається системою вентиляції.

На підставі цих характеристик визначається необхідний об'єм повітря, який забезпечує підтримання нормативних параметрів мікроклімату та допустимих концентрацій забруднюючих речовин.

У житлових та громадських будівлях повітрообмін найчастіше визначають за кратністю повітрообміну або за нормованим об'ємом повітря, що подається на одну людину. Ці методи рекомендовані чинними будівельними нормами, зокрема ДБН В.2.5-67:2013.

Кратність повітрообміну характеризує кількість разів, на яку повітря приміщення повністю оновлюється протягом однієї години. Вона використовується переважно для приміщень, де технічні або санітарні умови визначають потребу у сталому рівні повітрозаміни.

Кратність повітрообміну визначається за формулою:

$$k = \frac{L}{V_n} \cdot (200\delta^{-1}), \quad (2.14)$$

де  $L$  – об'єм вентиляційного повітря,  $\frac{m^3}{200\delta}$ ;

$V_n$  – внутрішній об'єм приміщення,  $m^3$ .

Необхідний повітрообмін за надлишками тепла визначається за формулою:

$$L = \frac{3,6 \cdot Q_{надл}}{\rho \cdot c \cdot (t_{вид} - t_{np})} \cdot \left( \frac{m^3}{200\delta} \right), \quad (2.15)$$

де  $Q_{надл}$  – кількість тепла, яке виділяється в приміщенні, Вт;

$\rho$  - густина повітря в приміщенні,  $\frac{kg}{m^3}$ ;

$c$  – масова теплоємність повітря,  $\frac{kJ}{kg \cdot K}$ ;

$t_{вид}$  – температура повітря, що видаляється витяжною вентиляцією, °C;

$$t_{вид} = t_{np} + k_m (t - t_{np}), (°C); \quad (2.16)$$

$t_{np}$  – температура припливного повітря, °C.

Необхідний повітрообмін за надлишками вологи в приміщенні визначається за формулою:

$$L = \frac{W}{\rho(d_{вид} - d_{np})} \cdot \left( \frac{m^3}{200\delta} \right), \quad (2.17)$$

де  $W$  – виділення вологи в приміщення,  $\frac{g}{200\delta}$ ;

$\rho$  – густина повітря в приміщенні,  $\frac{kg}{m^3}$ ;

$d_{\text{вид}}$  – вміст вологи, що видаляється місцевою вентиляцією,  $\frac{\text{г}}{\text{кг}}$  сухого повітря;

$d_{\text{пр}}$  – вміст вологи в припливному повітрі,  $\frac{\text{г}}{\text{кг}}$  сухого повітря.

Необхідний повітрообмін по газовим виділенням визначається за формулою [14]:

$$L_{\kappa} = \frac{K}{K_{\text{доп}} - K_{\text{пр}}} \left( \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right); \quad (2.18)$$

де  $K$  – вагова кількість газів, що виділяються в приміщенні,  $\frac{\text{мг}}{\text{год}}$  ;

$K_{\text{доп}}$  – гранично допустима концентрація газів,  $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$  ;

$K_{\text{пр}}$  – концентрація газів в припливному повітрі,  $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$  .

Розрахунок ведеться за всіма шкідливими викидами в приміщенні і приймається найбільше з отриманих значень, але це значення повинно бути не менше нормального повітрообміну для приміщення даного типу.

Результати розрахунків наведено у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок повітрообміну у приміщеннях

№пр им.	Приміщення	LQ, м <sup>3</sup> /год	Lw, м <sup>3</sup> /год	Lс.н., м <sup>3</sup> /год	Lн.к, м <sup>3</sup> /год	Lр, м <sup>3</sup> /год
1	2	3	4	5	6	7
102	Коридор	109,98	-	-	-	109,98
103	Прим. для брудн. спецодягу	246,3	-	-	106,26	246,3

Продовження таблиці 2.2

104	Прим. для чист. спецодягу	244,06	-	-	98,01	244,06
105	Ж. гардеробна	1073,7	-	-	909,15	1073,7
106	Душова жіноча	-	-	300	-	300
107	Інвентарна	-	-	-	10	10
108	Сан. вузол ж.	-	-	100	-	100
109	Прим. гігієни ж.	-	-	100	-	100
110	Коридор	358,14	-	-	-	358,14
111	Електрощитова	265,4	-	-	105,93	265,4
112	Опал. пункт	283,7	-	-	146,52	283,7
201	Ч. гардеробна	1449,26	-	-	1277,1	1449,26
202	Коридор	358,9	-	-	-	358,9
203	Душова ч.	-	-	225	-	225
204	Сан. вузол. ч.	-	-	125	-	125
205	Ч. гардеробна	541,2	-	-	423,72	541,2

Після визначення розрахункових повітрообмінів для кожного окремого приміщення виконується складання повітряного балансу будівлі, що є одним із ключових етапів проектування системи вентиляції. Повітряний баланс дозволяє встановити взаємну відповідність між кількістю повітря, яке необхідно подавати до приміщення, та об'ємом повітря, що має бути видалений для забезпечення нормативних умов мікроклімату та допустимих концентрацій шкідливих речовин.

Повітряний баланс складається з урахуванням таких факторів [23]:

- розрахункового надходження свіжого повітря відповідно до нормативів;
- об'єму повітря, що видаляється механічною або природною витяжкою;

- взаємообміну повітря між суміжними приміщеннями;
- забезпечення необхідного перепаду тиску між «чистими» і «брудними» зонами будівлі;
- загального балансу притоку та витяжки для всієї системи вентиляції.

Усі розрахункові дані зводяться у повітряний баланс приміщень, що є основою для:

- добору продуктивності вентиляційного обладнання;
- визначення діаметрів повітроводів;
- розрахунку швидкостей руху повітря;
- подальшого формування аеродинамічної схеми вентиляційної системи.

Підсумований повітряний баланс подано у таблиці 2.3, де наведено об'єми повітря, які необхідно подавати ( $L_{\text{прит.}}$ ) та видаляти ( $L_{\text{вит.}}$ ) з кожного приміщення відповідно до отриманих розрахункових параметрів.

Таблиця 2.3 – Повітряний баланс приміщень

Приміщення	Об'єм, $V$ , $\text{м}^3$	Повітрообмін		Система	
		$L_{\text{п}},$ $\text{м}^3/\text{год}$	$L_{\text{в}}, \text{м}^3/\text{год}$	Припливна	Витяжна
1	2	3	4	5	6
102	31,746	600	110	П1	-
103	21,252		246	-	В1
104	19,602		244	-	В2
105	181,83	1374	1074	П1	В3
106	23,1		300	-	В4
107	11,55		10	-	В5
108	27,72		100	-	В6

Продовження таблиці 2.3

109	13,86		100	-	B7
110	66,759	1117	358	П1	-
111	35,31		265	-	B8
112	48,84		284	-	B9
201	255,42	1674	1449	П2	B10
202	67,32	1025	359	П2	
203	35,31		225	-	B11
204	42,24		125	-	B12
205	84,744		541	-	B13

## 2.10. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів системи вентиляції

Аеродинамічний розрахунок повітропроводів виконується з метою визначення їх оптимальних геометричних розмірів, величин втрат тиску на кожній ділянці, а також для забезпечення нормованої швидкості руху повітря у мережі вентиляційної системи. Розрахунок здійснюється у два основні етапи, які виконують у такій послідовності.

### Етап 1. Розбиття системи на ділянки та визначення витрат повітря

На першому етапі система повітропроводів умовно ділиться на окремі розрахункові ділянки. Межами ділянок вважаються місця підключення відгалужень, решіток, дифузорів або зміни напрямку руху повітря. Для кожної ділянки визначається витрата повітря, що протікає через неї, відповідно до повітряного балансу приміщень.

Отримані значення витрат повітря ( $L$ , м<sup>3</sup>/год) та довжини ділянок ( $l$ , м) наносяться на аксонометричну схему вентиляційної системи. Це дозволяє точно оцінити розташування ділянок, визначити сумарну довжину повітропроводів та спростити подальший аеродинамічний аналіз.

## Етап 2. Визначення поперечного перерізу повітропроводів

На другому етапі, задаючись рекомендованими швидкостями руху повітря, прийнятими згідно з нормами (наприклад, для горизонтальних повітропроводів — 2...5 м/с залежно від їх призначення та типу вентиляції), розраховують необхідну площу поперечного перерізу повітропроводів для кожної ділянки.

Площа поперечного перерізу повітропроводу визначається за формулою [24]:

$$f = \frac{L}{V}, \text{ (м}^2\text{)} \quad (2.19)$$

де  $L$  – розрахункова витрата повітря на ділянці, м<sup>3</sup>/с;

$V$  – рекомендована швидкість руху повітря на ділянках, м/с, для горизонтального повітропроводу в громадських будівлях  $V=5\dots 8$  м/с.

За отриманим значенням поперечного перерізу підбирають стандартні розміри повітропроводів, а також визначають еквівалентні діаметри прямокутних повітропроводів. Еквівалентні діаметри прямокутних повітропроводів визначаються за формулою:

$$d_e = \frac{2ab}{a+b}, \text{ (м)} \quad (2.20)$$

Визначаємо фактичну швидкість руху повітря на ділянках за формулою:

$$V = \frac{L}{f}, \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right) \quad (2.21)$$

3. Визначаємо втрати тиску на тертя на ділянках за формулою:

$$p_T = \lambda_T \frac{1}{d} \frac{\rho V^2}{2}, \text{ (Па)}, \quad (2.22)$$

де  $\lambda_T$  - коефіцієнт опору тертя, який визначається за формулою:

$$\lambda_T = 0,11 \left( \frac{68}{\text{Re}} + \frac{k}{d} \right)^{0,25}, \quad (2.23)$$

$\text{Re}$  – число Рейнольдса, яке визначається за формулою:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}, \quad (2.24)$$

$d$  – діаметр повітропроводу, м;

$k$  – абсолютна шорсткість повітропроводів, м;

$\nu$  – коефіцієнт кінетичної в'язкості повітря, м<sup>2</sup>/с і дорівнює  $1,5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с.

(див. додаток Г).

## 2.11. Підбір і визначення кількості повітророзподільних пристроїв

Для припливу повітря в приміщення використовуємо сталеві оцинковані повітропроводи та стельові дифузори. На припливних каналах загальнообмінної вентиляції встановлюємо стельові дифузори типу ДКП 250 та ДКП 315 [24,25].

Підбір дифузорів для припливу повітря наведено в таблиці 2.4.

Витяжні пристрої приймаються з умови швидкості у живому перерізі решітки 2-4 м/с, у якості який приймаємо витяжні решітки AR-1. Підбір решіток для видалення повітря наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Підбір припливних стельових дифузорів

Приміщення	Тип дифузора	Площа приміщення, м <sup>2</sup>	Об'єм приміщення, м <sup>3</sup>	Кількість, шт	Крок розташування по довжині, м	Крок розташування по ширині, м
1	2	3	4	5	6	7
102	ДКП 250	9,62	31,746	2	1,2	1,1

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
105	ДКП 315	55,1	181,83	3	1,8	2,8
110	ДКП 250	20,23	66,759	4	2,1	0,7
201	ДКП 250	77,4	255,42	6	1,6	2,8
202	ДКП 250	20,4	67,32	4	2,1	0,8

Таблиця 2.5 – Підбір решіток для видалення повітря

Приміщення	Витрата повітря, м3/с	Розміри	Площа живого перерізу, м2	Швидкість руху повітря, м/с	Кількість
1	2	3	4	5	6
103	0,084	200x200	0,027	3	1
104	0,083	200x200	0,027	3	1
105	0,074	250x200	0,023	3,2	4
106	0,041	100x300	0,0145	2,82	2
107	0,0027	50x100	0,002	2,3	1
108	0,029	100x200	0,0081	3,5	2
109	0,029	100x200	0,0081	3,5	1
111	0,053	100x400	0,016	3,3	2
112	0,056	100x400	0,016	3,5	2
201	0,067	200x250	0,023	2,91	6
203	0,0625	200x250	0,023	2,71	1
204	0,028	100x200	0,0081	3,45	3
205	0,05	100x400	0,016	3,1	4

## 2.12. Підбір вентиляційної установки

За результатами аеродинамічних розрахунків загально обмінних систем, а також за допомогою електронного каталогу обладнання було проведено підбір двох прикливо-витяжних установок КЦКП-3,15-УЗ [24, 25], для першого та другого поверху.

Перший поверх адміністративно-побутових приміщень:

Установка тип КЦКП-3,15-УЗ [24, 25].

Приплив: 3091 м<sup>3</sup>/ год.

Витяжка: 3091 м<sup>3</sup>/ год.

В установці використовуємо:

- Шумоглушник, КЦКП-3,15-SLCR [25];
- Фільтр панельний ФВП-І-66-48-G3/С;
- Обертовий теплообмінник, тип RRU-P-C19-4000/2700-2540;
- Водяний повітрянагрівач тип ВНВ243.1-043-065-02-2,2-08-2/С;
- Повітроохолоджувач безпосереднього охолодження тип ВОВ243.1-043-065-04-3,0-06-1/С;
- Вентилятор АДН 180 R;
- Маса 225 кг.

Другий поверх адміністративно-побутових приміщень:

Установка тип КЦКП-3,15-УЗ.

Приплив: 2699 м<sup>3</sup>/ год.

Витяжка: 2699 м<sup>3</sup>/ год.

В установці використовуємо:

- Шумоглушник, КЦКП-3,15-SLCR;
- Фільтр панельний ФВП-І-66-48-G3/С;
- Обертовий теплообмінник, тип RRU-P-C19-1600/900-800;
- Водяний повітрянагрівач тип ВНВ243.1-043-065-02-2,5-12-2/С;

- Повітроохолоджувач безпосереднього охолодження тип BOB243.1-043-065-04-3,0-04-1/G;
- Вентилятор ADH 180 R;
- Маса 226 кг.

### 2.13. Висновок до другого розділу

У результаті виконання теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій визначено, що сумарні тепловтрати будівлі становлять 17,4 кВт на опалення та 14 кВт на вентиляцію. Отримані значення стали підґрунтям для добору теплогенерувального обладнання та формування параметрів системи опалення.

За підсумками моделювання та гідравлічного розрахунку системи опалення встановлено:

- сумарні гідравлічні втрати тиску — 22 кПа;
- необхідний гідравлічний напір — 3,3 м;
- витрата теплоносія — 1,73 м<sup>3</sup>/год.

На основі цих параметрів підібрано діаметри трубопроводів поліпропіленової системи: Ø25×4,2 мм; Ø32×5,4 мм; Ø40×6,7 мм; Ø50×8,3 мм, що забезпечують відповідний розрахунковий потік теплоносія та нормативну швидкість його руху по ділянках.

Враховуючи сумарні тепловтрати будівлі (опалення + вентиляція), підібрано опалювальні прилади загальною тепловою потужністю 35,6 кВт та теплогенеруюче обладнання сумарною потужністю 46 кВт. Як основне джерело теплопостачання додатково прийнято тепловий насос Viessmann Vitocal 350-G потужністю 25,2 кВт, що відповідає 80 % загального теплового навантаження, забезпечуючи енергоефективний та резервований режим роботи системи.

За виконаними розрахунками розроблено:

- плани розміщення опалювальних приладів на поверхах будівлі;

- аксонометричну схему системи опалення (див. аркуші 1, 2, 3);
- плани підключення та схему роботи теплогенерувального обладнання.

У рамках проектування системи вентиляції складено тепловий баланс приміщення та розраховано параметри місцевих витяжних систем, продуктивність яких становить 5790 м<sup>3</sup>/год. Аналогічна продуктивність забезпечена і для припливних систем — 5790 м<sup>3</sup>/год, що гарантує збалансований повітрообмін у будівлі.

На підставі розрахункових витрат виконано аеродинамічний розрахунок повітроводів, підібрано:

- повітроводи необхідних перерізів;
- вентиляційне обладнання (вентилятори, припливні установки, калорифери);
- регулюючу та захисну арматуру (клапани, решітки, заслінки).
- Розроблено:
- плани розташування вентиляційного обладнання;
- аксонометричні схеми припливних та витяжних систем (див. аркуші 4, 5, 6).

### РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

#### 3.1. Аналіз конструктивних особливостей об'єкту монтажу

В даній кваліфікаційній магістерській роботі запроектована система опалення та система вентиляції адміністративно-побутових приміщень виробничого комплексу смт. Крижопіль.

Система опалення передбачається для забезпечення нормованих мікрокліматичних умов в приміщеннях.

Система опалення двотрубна з верхньою розводкою із поліпропіленових труб «Kan term» PN 20. Подаючі і зворотні трубопроводи прокладаються відкрито частково в конструкції підлоги.

Джерелом теплопостачання служить індивідуальний тепловий пункт з параметрами теплоносія – вода 85-70 0С. Розрахункові тепловтрати на опалення складають 17,4 кВт, на вентиляцію - 14 кВт, втрати тиску в системі опалення складають 22 кПа.

Система опалення складається з:

- Індивідуального теплового пункту, який містить: два опалювальні котли «Viessmann Vitopend 100-WH1D260», один тепловий насос Viessmann Vitocal 350-G [17] потужністю 25,2 кВт, що складає 80% загального теплового навантаження, циркуляційні насоси фірми «Wilo» TOP - S 30/10 [18], розширювальний бак фірми Reflex NG 25 [21].

- Нагрівальних приладів: сталевих панельних радіаторів «Vogel Noot»;

- Мережі трубопроводів із поліпропіленових труб фірми «Kan term»;

- Регулювальної арматури фірми «Danfoss».

- Опалювальні пристрої розташовують під вікнами, відстані від підлоги, стін, підвіконня обумовлюються конструкцією приладів.

Система вентиляції складається з:

- Вентиляційної установки КЦКП-3,15-У3;
- Мережі сталевих оцинкованих повітропроводів;
- Стельових дифузорів ДКП 250, 315;
- Розподільчих решіток витяжного повітря.

Для адміністративно-побутових приміщень прийнята припливно-витяжна вентиляція. Подача та видалення повітря здійснюється за допомогою вентиляційної установки КЦКП-3,15-У3.

### 3.2. Технологія виконання монтажних робіт

Монтажні положення трубопроводів:

1. вісі трубопроводів повинні бути паралельні площинам будівельних конструкцій;
2. відстань від вісі неізоляованого трубопроводу до стіни визначають по формулі:

$$n = 0.5 \cdot d, \text{ (мм)}, \quad (3.1)$$

де  $d$  - діаметр трубопроводу, мм

Розрахунок відстані від вісі неізоляованого трубопроводу до стіни для діаметрів  $d = 25$  мм,  $d = 32$  мм,  $d = 40$  мм,  $d = 50$  мм:

- для  $d = 25$  мм:  $n_1 = 0.5 \cdot 25 = 12,5$  мм;
- для  $d = 32$  мм:  $n_2 = 0.5 \cdot 32 = 16$  мм;
- для  $d = 40$  мм:  $n_3 = 0.5 \cdot 40 = 20$  мм;
- для  $d = 50$  мм:  $n_4 = 0.5 \cdot 50 = 25$  мм.

3. підводи до опалювальних приладів необхідно виконувати з нахилом в напрямку руху теплоносія. Нахил приймають 5-10 мм на всю довжину підводу.

4. Якщо довжина підводу до 500 мм., то його потрібно прокладати без нахилу;

5. Підводи прикріпляти до стін, якщо довжина підводу перевищує 1,5 м.;
6. Нагрівальні прилади встановлювати на кронштейнах.

Приймання об'єктів під монтаж системи опалення відбувається актом встановленої форми, який підписує представник генпідрядника, який виконує будівельні роботи (майстер або викнроб).

Будівельний об'єкт може бути прийнятий до виконання монтажних робіт із улаштування систем опалення, вентиляції та кондиціонування лише за умови забезпечення відповідного рівня будівельної готовності. До таких вимог належать:

- завершене влаштування міжповерхових перекриттів і сходових клітин, що забезпечує можливість переміщення персоналу та обладнання між поверхами;
- виконання отверстій у стінах і перекриттях для прокладання трубопроводів, повітропроводів та інших інженерних комунікацій згідно з проєктними рішеннями;
- оштукатурювання ніш і ділянок стін у місцях встановлення опалювальних приладів, стояків та розводки трубопроводів, що гарантує належну якість монтажу та подальшої експлуатації;
- підготовка монтажних проходів і технологічних прорізів для внесення та встановлення крупногабаритного обладнання, включно з вентиляційними агрегатами, котлами, насосами та теплообмінниками;
- нанесення на стіни позначок рівня чистої підлоги, що слугує базовою відміткою при встановленні опалювальних, вентиляційних та кондиціонерних систем;
- підготовка основ та опор під водонапірні баки, розширювальні баки, котельне обладнання, насосні агрегати, включно з улаштуванням необхідних фундаментів та закладних елементів;

- підведення електросилових ліній для підключення монтажного інструменту та обладнання, забезпечення нормативного рівня освітленості робочих зон, організація безпечного доступу працівників до місць монтажу та можливість транспортування матеріалів;
- підготовка риштувань, підмостків та інших засобів підвищеної робочої зони, необхідних для монтажу на висоті;

Окрім зазначених вимог, перед початком монтажних робіт необхідно організувати спеціально відведені місця для складування матеріалів, сантехнічних заготовок, повітропроводів та обладнання. Також повинно бути підготовлено окреме приміщення для зберігання дрібногабаритних матеріалів, інструменту, інвентарю та засобів монтажу, що забезпечує їх захист від пошкоджень та полегшує логістику під час робіт.

### 3.3. Перелік основних та допоміжних матеріалів і виробів

Основні матеріали і обладнання системи опалення наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Відомість потреби в основних матеріалах системи опалення

№	Найменування	Тип, марка	Од. виміру	К-сть	Маса, кг	
					Од.	Заг. к-ст
1	2	3	4	5	6	7
1	Газовий котел «Viessmann Vitopend»	100-WH1D260	шт	2	31	62
2	Тепловий насос Viessmann Vitocal	350-G	шт	1	285	285
3	Буферна ємність 500 л.		шт	1	154	154

Продовження таблиці 3.1

4	Розширювальний бак	REFLEX NG 25	шт	1	6	6
5	Циркуляційний насос	WILO-TOP-S- 30\10	шт	4	2	8
6	Зворотній клапан du =20 мм		шт	2	0,07	0,14
7	Зворотній клапан du =32 мм		шт	4	0,09	0,36
8	Горизонтальний повітрязбірник du = 159/150, H=355 мм. з автоматичним повітровідведенням		шт	2	5,9	11,8
9	Кран кульовий du =25 мм		шт	10	0,38	3,8
10	Кран кульовий du =32 мм		шт	10	0,42	4,2
11	Кран трьохходовий		шт	4	0,4	1,6
12	Спускний кран du = 15 мм		шт	4	0,2	0,8
13	Терморегулятор з термостатичною голівкою	«Danfoss» RTD-N	шт	39	0,19	7,41
14	Труба сталева водогазопровідна - du = 15 мм - du = 25 мм - du = 32 мм		п.м.	1,5 3,5 10	1,28 2,39 3,09	1,92 8,36 30,9
15	Ізоляція трубопроводів - du = 15 мм - du = 25 мм - du = 32 мм	«Climaflex»	п.м.	1,5 3,5 10	0,09 0,1 0,11	0,135 0,35 1,1
16	Кріплення трубопроводів		кг	10	-	10
17	Фарба масляна		кг	6	-	6

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
18	Труба поліпропіленова «Kan-therm» - Ø 25×4,2 мм - Ø 32×5,4 мм - Ø 40×6,7 мм - Ø 50×8,3 мм	PP-R Stabi	п.м.	129,5 45,8 60,1 5,4	0,29 0,46 0,68 1	37,5 21,06 40,8 5,4
19	Трійник «Kan»	Ø 32×5,4 Ø 40×6,7 Ø 50×8,3	шт	24 8 10	0,021 0,052 0,091	0,5 0,42 0,91
20	Відвід 90° «Kan»	Ø 25×4,2 мм Ø 40×6,7 мм Ø 50×8,3 мм	шт	19 4 2	0,018 0,044 0,097	0,34 0,176 0,194
21	Хрестовина	Ø 20×3,4 мм	шт	16	0,025	0,4
22	Муфта із зовнішньою різьбою 20×½"		шт	39	0,11	4,29
23	Муфта із внутрішньою різьбою 20×½"		шт	39	0,11	4,29
24	Кран кульовий поліпропіленовий Д25		шт	39	0,14	5,46
25	Сталевий панельний радіатор з боковим підключенням «Vogel Noot»	11 VM	кВт	20,6	16,66- 25,59	585,3
26	Кріплення радіаторів		кг	124	-	124
27	Газохід d=200 мм		п.м.	8,2	11,3	92,6
28	Земляний зонд (труба PE 32x3,0 мм)		м	480	0,376	
29	Комплект пристроїв для підключення розсольного контур		шт	1		
Загальна маса основних матеріалів $\sum m = 1373,5$ кг						

Прилади та устаткування для монтажу зібрані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Відомість потреби в приладах та устаткуванні для монтажу

№ п.п	Найменування матеріалу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	Зварювальний апарат для PP-R труб	СВА - 1600 T	шт	1	5,8	5,8
2	Зварювальний апарат для сталевих труб	СВ - 300 РВ	шт	1	4,5	4,5
3	Різьбонарізний апарат Rems Amigo	Set NPT 1/2"-2"	шт	1	3,5	3,5
4	Гідропрес Rems Push 2		шт	1	13	13
5	Перфоратор Bosch PHB 2100 RE		шт	1	2,2	2,2
6	Болгарка Bosch GWS 660	УШМ	шт	1	1,9	1,9
7	Фарборозпилювач	KP-20	шт	1	0,5	0,5
8	Компресор поршневий	WERK BM-2T24	шт	1	23	23
Загальна маса приладів та устаткування $\Sigma = 54,4$ кг						

Загальна маса усіх деталей системи опалення, включаючи набір інструментів становить 1180,9 кг.

Основні матеріали та обладнання, необхідні для влаштування та ефективного функціонування системи вентиляції, згруповано та детально представлено в таблиці 3.3. У ній наведено перелік основних елементів, їх технічні характеристики, призначення та особливості застосування, що дає змогу комплексно оцінити склад системи та забезпечити правильний вибір комплектуючих під час проєктування й монтажу вентиляційних мереж.

Таблиця 3.3– Відомість потреби в основних матеріалах системи вентиляції

№ п.п	Найменування матеріалу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	Припливно-витяжна установка тип КЦКП-3,15-УЗ.	3,15-УЗ	шт	2	226	451
2	Повітропровід із оцинкованої сталі, товщина стінки 0,5 мм., розміром: 100х100 мм. 150х100 мм. 200х100 мм. 200х150 мм. 200х200 мм. 250х200 мм. 250х250 мм. 250х300 мм. 300х300 мм. 350х300 мм. 400х300 мм. 400х350 мм.		п. м.	24,2 5,3 13 4,4 7,9 18,7 10,6 8,1 16,7 1,5 17,4 3	1,6 2 2,62 2,82 3,17 3,63 4,03 4,53 4,84 5,24 5,64 6,45	40,47 10,9 32,2 12,7 26,1 69,5 43,7 36,7 82,7 8,05 100,6 18,5
3	Трійник прямокутний із оцинкованої сталі, товщина стінки 0,5 мм., розміром: з 200х150 мм. до 150х150 мм, 150х100 мм з 200х200 мм. до 150х100 мм, 200х150 мм з 250х200 мм. до 150х100 мм, 200х200 мм з 250х300 мм. до 200х100 мм, 250х200 мм з 300х300 мм. до 200х100 мм, 250х300 мм		шт	1 1 3 1 1	1,2 1,2 1,4 1,8 1,9	1,2 1,2 4,2 1,8 1,9

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7
3	з 400х300 мм. до 200х100 мм, 300х300 мм			1	2,1	2,1
	з 400х300 мм. до 150х100 мм, 400х300 мм			2	2	4
	з 200х100 мм. до 100х100 мм, 100х100 мм			1	0,9	0,9
	з 200х200 мм. до 100х100 мм, 200х100 мм			1	1,1	1,1
	з 250х200 мм. до 100х100 мм, 200х200 мм			1	1,2	1,2
	з 250х250 мм. до 100х100 мм, 250х200 мм			2	1,4	2,8
	з 250х300 мм. до 100х100 мм, 250х250 мм		шт	1	1,5	1,5
	з 300х300 мм. до 100х100 мм, 250х300 мм			1	1,6	1,6
	з 350х300 мм. до 100х100 мм, 300х300 мм			1	1,7	1,7
	з 400х300 мм. до 100х100 мм, 350х300 мм			1	1,9	1,9
	з 400х350 мм. до 100х100 мм, 400х300			1	2	2
	з 250х250 мм. до 150х100 мм, 250х200 мм			1	1,5	1,5
4	Відвід 90° із оцинкованої сталі, товщина стінки 0,5 мм, розмір: 100х100 мм.					
	150х100 мм.			1	0,61	0,61
	400х300 мм.			1	0,86	0,86
	400х350 мм.			11	3,51	38,6
				1	3,8	3,8

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7
5	Перехід прямокутний: 150x100-100x100 мм.			3	3,7	11,2
	200x100-100x100 мм.			2	0,4	0,8
	300x300-250x300 мм.			2	0,9	1,9
	400x300-300x300 мм.			2	1,1	2,2
6	Витяжна вентиляційна решітка. Розмір: 200x200 мм.	AR-1	шт	2	0,9	1,8
	250x200 мм.			4	1,2	4,8
	100x300 мм.			2	0,6	1,2
	050x100 мм.	AR-1	шт	1	0,3	0,3
	100x200 мм.			6	0,5	3
	100x400 мм.			6	0,9	5,4
	200x250 мм.			7	1,2	8,4
	7	Дифузор регульований: ДКП 250;		шт	16	2,7
ДКП 315.		3			3,9	11,7
8	Заглушка з оцинкованої сталі, товщина стінки 0,5 мм. Розмір: 100x100 мм.		шт	2	0,12	0,24
Загальна маса матеріалів $\sum m = 965,7$ кг						

Загальна маса усіх деталей системи вентиляції становить 965,7 кг.

Загальна маса усіх деталей системи становить 2146,6 кг.

### 3.4. Визначення складу і об'ємів робіт

До складу робіт з монтажу системи опалення, передбачених даною бакалаврською дипломною роботою, входять такі основні технологічні операції:

1. Доставлення деталей, матеріалів та обладнання до місць виконання монтажних робіт із забезпеченням їх цілісності та збереження.
2. Пробивання гнізд та технічних отворів у бетонних та цегляних конструкціях для прокладання трубопроводів і встановлення опалювальних елементів.
3. Прокладання трубопроводів опалення з поліпропіленових труб діаметром  $\text{Ø}50 \times 8,3$  мм відповідно до проєктної марки та трасування.
4. Прокладання трубопроводів опалення з поліпропіленових труб діаметром  $\text{Ø}40 \times 6,7$  мм.
5. Прокладання трубопроводів опалення з поліпропіленових труб діаметром  $\text{Ø}32 \times 5,4$  мм.
6. Прокладання трубопроводів опалення з поліпропіленових труб діаметром  $\text{Ø}25 \times 4,2$  мм.
7. Монтаж радіаторних опалювальних приладів, включаючи закріплення, під'єднання та встановлення регулювальної арматури.
8. Встановлення термостатичних клапанів на подаючих лініях радіаторів для локального регулювання температури.
9. Встановлення газового котла відповідно до технічних умов і вимог безпеки.
10. Обв'язка вузлів нагріву та прокладання трубопроводів котлового контуру з дотриманням схем підключення.
11. Встановлення мембранного розширювального бака з під'єднанням до системи опалення.

12. Встановлення теплового насоса, його анкерування, підключення гідравлічних та електричних контурів.
13. Встановлення горизонтального повітрязбірника на магістралях системи.
14. Монтаж циркуляційних насосів із належним встановленням зворотних клапанів і відсічної арматури.
15. Встановлення зворотних клапанів, кульових кранів та спускних кранів на сталевих трубопроводах діаметром до 50 мм.
16. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів (манометри, термометри, витратоміри).
17. Улаштування теплоізоляції трубопроводів у місцях, передбачених проєктом.
18. Гідравлічне випробування системи опалення, перевірка герметичності та працездатності елементів.
19. Зароблення отворів і гнізд, утворених під час монтажних робіт.
20. Буріння свердловин для розсольного трубопроводу геотермального контуру.
21. Улаштування геотермальних зондів у пробурені свердловини та їх під'єднання.
22. Гідравлічне випробування розсольного контуру з перевіркою герметичності та відповідності робочим параметрам.
23. Вивезення залишків матеріалів, тари, упаковки та обладнання, що не підлягає використанню, з місця монтажу та приведення об'єкта до належного санітарно-технічного стану.

До складу робіт з монтажу системи вентиляції, передбачених даною бакалаврською дипломною роботою, входять такі основні технологічні операції:

1. Доставлення деталей, матеріалів та вентиляційного обладнання до місць виконання монтажних робіт із дотриманням вимог щодо транспортування та тимчасового зберігання.
2. Встановлення кронштейнів, підвісів та опорних конструкцій для монтажу вентиляційного обладнання та повітроводів відповідно до проектних рішень.
3. Пробивання гнізд і технічних отворів у цегляних стінах, необхідних для прокладання повітроводів, встановлення решіток та проходження повітряних трас.
4. Прокладання повітроводів із оцинкованої сталі товщиною 0,5 мм з периметром до 600 мм, включаючи монтаж прямих ділянок, фасонних частин, відгалужень і з'єднань.
5. Прокладання повітроводів із оцинкованої сталі товщиною 0,5 мм з периметром 800–1000 мм, з урахуванням необхідності підсилення та застосування додаткових елементів кріплення.
6. Прокладання повітроводів із оцинкованої сталі товщиною 0,7 мм з периметром до 900 мм.
7. Прокладання повітроводів із оцинкованої сталі товщиною 0,7 мм з периметром від 1100 до 1600 мм, включаючи монтаж магістральних ділянок та великогабаритних коробів.
8. Встановлення припливних дифузорів, забезпечення їх герметичного з'єднання з повітропроводами та коректного орієнтування для рівномірного розподілу повітря.
9. Встановлення витяжних вентиляційних решіток на відповідних ділянках системи з дотриманням вимог щодо монтажу, шумових характеристик та естетичного вигляду.
10. Встановлення припливно-витяжної установки КЦКП-3,15-УЗ, включно з її кріпленням, підключенням до повітроводів, електроживлення та систем автоматизації.

11. Випробування вентиляційної системи, що включає перевірку герметичності повітроводів, працездатності обладнання, відповідності фактичних витрат повітря розрахунковим, а також налаштування регулюючих елементів.

12. Вивезення залишків матеріалів, будівельного сміття та невикористаного обладнання з місця монтажу, приведення робочої зони у належний технічний і санітарний стан.

Об'єм робіт з монтажу системи опалення становитиме:

1. Доставка деталей на робочий майданчик. Вимірник - 1т. Загальна вага усіх деталей 1180,9 кг (1,18 т). Приймаємо об'єм  $V=1,18$ .

2. Пробивання гнізд та отворів в бетонних та цегляних конструкціях. Вимірник - 100 шт. Загальна кількість 35 шт. Приймаємо об'єм  $V=0,35$ .

3. Прокладання трубопроводів опалення із поліпропіленових труб  $\varnothing 50 \times 8,3$  мм. Вимірник - 100 м. Загальна довжина - 5,4 м. Приймаємо об'єм  $V=0,054$ .

4. Прокладання трубопроводів опалення із поліпропіленових труб  $\varnothing 40 \times 6,7$  мм. Вимірник - 100 м. Загальна довжина - 60,1 м. Приймаємо об'єм  $V=0,6$ .

5. Прокладання трубопроводів опалення із поліпропіленових труб  $\varnothing 32 \times 5,4$  мм. Вимірник - 100 м. Загальна довжина - 45,8 м. Приймаємо об'єм  $V=0,46$ .

6. Прокладання трубопроводів опалення із поліпропіленових труб  $\varnothing 25 \times 4,2$  мм. Вимірник - 100 м. Загальна довжина - 129,5 м. Приймаємо об'єм  $V=1,29$ .

7. Встановлення радіаторів. Вимірник - 100 кВт. Загальні тепловтрати 35604 Вт (35,6 кВт). Приймаємо об'єм  $V=0,35$ .

8. Встановлення термостатичних клапанів. Вимірник - шт. Загальна кількість 39 шт. Приймаємо об'єм  $V=39$ .

9. Встановлення котла. Вимірник - шт. Загальна кількість 2 шт. Приймаємо об'єм  $V=2$ .
10. Обв'язування вузлів нагріву і прокладання трубопроводів. Вимірник - 100 м. загальна кількість - 15 м. Приймаємо об'єм  $V=0,15$ .
11. Встановлення розширювального баку. Вимірник - шт. Загальна кількість 1 шт. Приймаємо  $V=1$ .
12. Встановлення теплового насосу. Одиниця вимірювання – 1 ємність. Приймаємо об'єм  $V=1$ .
13. Встановлення горизонтального повітрязбірника  $d=159/150$  мм. Вимірник - шт. Загальна кількість 2 шт. Приймаємо об'єм  $V=2$ .
14. Встановлення циркуляційних насосів. Вимірник - шт. Загальна кількість 4 шт. Приймаємо  $V=4$ .
15. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів. Вимірник - 1 комплект. Приймаємо  $V=1$ .
16. Фарбування сталених трубопроводів опалювального пункту. Вимірник - 100 м<sup>2</sup>. Загальна довжина трубопроводу - 15 м. Приймаємо об'єм  $V=0,027$ .
17. Встановлення ізоляції трубопроводів. Вимірник - 10 м. Загальна довжина трубопроводу -15 м. Приймаємо об'єм  $V=1,5$ .
18. Гідравлічне випробування системи. Вимірник 100 м. Загальна довжина трубопроводу 255,8. Приймаємо об'єм  $V=2,55$ .
19. Зароблення отворів і гнізд. Вимірник - 100 шт. Загальна кількість 35 шт. Приймаємо об'єм  $V=0,35$ .
20. Буріння свердловин. Одиниця вимірювання – 100 м. Приймаємо об'єм  $V=4,2$ .
21. Влаштування зондів. Одиниця вимірювання – 1000 м. Приймаємо об'єм  $V=0,48$ .
22. Гідравлічне випробування розсольного контуру. Одиниця вимірювання – 100 м. Приймаємо об'єм  $V=4,8$ .

23. Вивезення деталей і обладнання з місця монтажу. Вимірник - 1 т. Загальна вага 31,4 кг (0,031 т.). Приймаємо об'єм робіт  $V=0,031$ .

Об'єм робіт з монтажу системи вентиляції становитиме:

1. Доставка деталей на робочий майданчик. Одиниці вимірювання - 1 т. Загальна вага усіх деталей 965,7 кг (0,96 т.). Приймаємо об'єм робіт  $V=0,96$ .

2. Встановлення кронштейнів під вентиляційне обладнання. Вимірник - 100 кг. виробів. Маса вентиляційного обладнання - 965,7 кг. Приймаємо об'єм  $V=9,65$ .

3. Пробивання гнізд і отворів у цегляних стінах. Вимірник - 100 шт. Загальна кількість 12 шт. Приймаємо об'єм  $V=0,12$ .

4. Прокладання повітропроводів із оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм., периметром до 600 мм. Вимірник - 100 м<sup>2</sup>. Загальна площа - 20,25 м<sup>2</sup>. Приймаємо  $V=0,2$ .

5. Прокладання повітропроводів із оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм., периметром 800, 1000 мм. Вимірник - 100 м<sup>2</sup>. Загальна площа - 16,92 м<sup>2</sup>. Приймаємо  $V=0,17$ .

6. Прокладання повітропроводів із оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм., периметром до 900 мм. Вимірник - 100 м<sup>2</sup>. Загальна площа - 19,91 м<sup>2</sup>. Приймаємо  $V=0,2$ .

7. Прокладання повітропроводів із оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм., периметром з 1100 до 1600 мм. Вимірник - 100 м<sup>2</sup>. Загальна площа - 59,76 м<sup>2</sup>. Приймаємо  $V=0,6$ .

8. Встановлення припливних дифузорів. Вимірник 1 шт. Загальна кількість припливних дифузорів - 19 шт. Об'єм робіт  $V=19$ .

9. Встановлення витяжних вентиляційних решіток. Загальна кількість витяжних вентиляційних решіток - 30 шт. Об'єм робіт  $V=30$ .

10. Встановлення приточно-витяжної установки КЦКП-3,15-УЗ. Вимірник - 1 шт. Об'єм робіт приймаємо  $V=2$ .

11. Випробування системи. Вимірник 1 система.  $V=4$ .

12. Вивезення деталей, обладнання і будівельного сміття з місця монтажу. Вимірник 1 т. Загальна вага 27,1 кг. Об'єм робіт приймаємо  $V=0,027$ .

3.5. Підбір необхідного технологічного обладнання для виконання монтажних-збірних робіт

Труби, деталі, конструкції та обладнання для системи опалення та вентиляції завозяться автомобілем IVEKO Daily 35S 11V [27], технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики автомашини

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Вантажопідйомність	кг	5000
Кількість осей:		
всього	шт	2
ведучих	шт	1
Вантажна висота	мм	2200
Найбільша швидкість	км/год	140
Радіус повороту	м	8,5
Колія колес:		
передні	мм	2000
задні	мм	2100
Витрата палива	л/100 км	14
Габаритні розміри:		
довжина	мм	7800
ширина	мм	2100
висота	мм	3000
Маса	кг	5990

Для піднімання модулів та необхідного обладнання на дах будинку використовують кран на автомобільному ході КС-4572А [28]. Його технічні характеристики наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики крану КС-4572А

1	2	3
Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність (максимальна)	кг	16000
Довжина стріли	м	21,7
Виліт стріли	м	21,7
Швидкість піднімання вантажу	м/хв	12
Висота підйому	м	21,7
Витрата пального	л/(маш·год)	8,4

Для зварювання поліпропіленових трубопроводів використовуємо зварювальний пристрій «Калибр СВА-1600Т» [29], його технічні характеристики наведені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики зварювального пристрою СВА-1600Т

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Діаметр зварювання	мм	62
Потужність електродвигуна	кВт	1,6
Маса	кг	5,8

Для нарізання різьб використовується пристрій різьбонарізний [30] «Rems Amigo 2 Set NPT 1/2"-2"». Його технічна характеристика наведена в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики різьбонарізного пристрою «Rems Amigo 2 Set NPT 1/2"-2"»

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Мінімальний діаметр	дюйм	1/2
Максимальний діаметр	дюйм	2
Потужність електродвигуна	кВт	1,7
Маса	кг	6,5

Для випробування трубопроводів на міцність та щільність використовується гідравлічний прес REMS Push [31]. Його технічні характеристики наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики гідравлічного пресу REMS Push

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Об'єм	л	12
Максимальний тиск	бар	60
Розміри	мм	500×190×140
Маса	кг	7,8
Потужність	кВт	0,77

Отвори пробиваємо за допомогою ручного перфоратора «Bosch PHB 2100 RE» [32], його характеристики наведені у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Технічні характеристики перфоратора Bosch

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Діаметр свердлення	мм	30
Частота обертів шпинделя	об/хв	2300
Потужність електродвигуна	кВт	0,55
Маса	кг	2.2

Для розрізання труб використовується кутова шліфувальна машина Bosch GWS 660 [33]. Технічні характеристики наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Технічні характеристики кутової шліфувальної машини Bosch GWS 660

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Діаметр диску	мм	115
Шв. обертання диску	об/хв	11000
Потужність електродвигуна	кВт	0,66
Маса	кг	1,9

Для фарбування сталевих трубопроводів використовуємо фарборозпилювач КР-20. Його технічні характеристики наведені у таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Технічні характеристики фарборозпилювача КР-20

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Видатність	м <sup>2</sup> /год	160-218
Витрата фарби	г/хв	18-23
Витрата повітря	м <sup>3</sup> /год	13,6-18
Маса	кг	0,5

Для випробування повітропроводів на міцність та щільність використовується компресор поршневий WERK BM-2T24 [34]. Технічні характеристики наведені в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Технічні характеристики компресору WERK BM-2T24

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Об'єм	м <sup>3</sup> /год	0,024
Максимальний тиск	бар	10
Розміри	мм	630×270×610
Маса	кг	23
Потужність	кВт	1,5

Для буріння свердловин зондів розсольного контуру використовується бурова установка ЛБУ-50 [35]. Технічні характеристики наведені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Технічні характеристики компресору WERK BM-2T24

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Максимальна потужність приводу	кВт	165
Глибина свердловин	м	16 – 200
Діаметр отворів	мм	190 – 850
Подача бура	м	3,25 – 3,9

### 3.6. Потреба в монтажному інструменті

Набір інструментів для монтажників системи опалення та вентиляції наведений в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Набір інструментів для системи опалення та вентиляції

Найменування	Кількість	Вага, кг
1	3	4
Ключ гайковий двухсторонній:		
М12-17-19 мм	4	0,6
М16-22-21 мм	4	0,8
Плоскогубці комбіновані	4	1
Молоток слюсарний	4	0,8
Стрічка вимірвальна, 20 м	4	0,2
Рівень металевий	2	0,3
Висок	2	0,3
Ящик переносний для інструменту	4	10

$\Sigma = 14$  кг.

Набір інструментів та пристосувань для зварювальних робіт наведений в таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 – Набір інструментів та пристосувань для зварювальних робіт

Найменування	Марка	Одиниця виміру	Кількість	Вага
1	2	3	4	5
Зварювальний апарат	СВ-300РВ, СВА - 1600 Т	шт.	2	11,5

## Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5
Ножниці для РР-Р труб		шт.	1	0,5
Ключ гайковий розвідний		шт.	1	0,3
Молоток слюсарний, 800 г		шт.	2	1,2
Плоскогубці комбіновані		шт.	2	1
Рашпіль круглий		шт.	2	0,4
Щітка сталева		шт.	2	0,1
Електротримач пружинний		шт.	1	0,2
Щиток для електрозварника		шт.	1	0,3
Ящик переносний для інструменту		шт.	4	20

$\Sigma = 35,5$  кг.

## 3.7. Визначення трудомісткості монтажних робіт

Трудомісткість робіт, люд-дні, визначається за формулою [26]:

$$Q = V \times N_{ч}, \quad (3.2)$$

де  $N_{ч}$  - норма часу;

$V$  - об'єм робіт.

Тривалість виконання робіт, визначається за формулою:

$$T = \frac{Q}{8 \times N \times k}, \quad (3.3)$$

де  $N$  – кількість робітників в бригаді;

$k$  – поправковий коефіцієнт (1÷1,3).

Показники трудомісткості і тривалості робіт з монтажу системи опалення:

1) Доставка деталей і обладнання до місця монтажу.

Об'єм : 1,18.

Норма часу :  $N_{ч} = 2,1$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 2,1 \times 1,18 / 8 = 0,31$  люд-днів.

Склад ланки : водій - 1; монтажник 3р. - 1.

$T = 0,31 / 2 = 0,15$  дня.

Приймаємо  $T = 0,15$  дня.

2) Прокладання поліпропіленових трубопроводів  $\varnothing 50 \times 8,3$  мм.

Об'єм : 0,054

Норма часу :  $Nч = 200,08$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 0,054 \times 200,08 / 8 = 1,35$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

Кількість бригад - 1.

$T = 1,35 / 2 = 0,67$  дня.

Приймаємо  $T = 0,5$  днів.

3) Прокладання поліпропіленових трубопроводів  $\varnothing 40 \times 6,7$  мм.

Об'єм : 0,6

Норма часу :  $Nч = 229,6$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 0,6 \times 229,6 / 8 = 17,22$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

Кількість бригад - 2.

$T = 17,22 / 4 = 4,3$  дня.

Приймаємо  $T = 4$  дні.

4) Прокладання поліпропіленових трубопроводів  $\varnothing 32 \times 5,4$  мм.

Об'єм : 0,46

Норма часу :  $Nч = 172,2$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 0,46 \times 172,2 / 8 = 9,9$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

Кількість бригад - 2.

$T = 9,9 / 4 = 2,5$  дня.

Приймаємо  $T = 2$  дня.

5) Прокладання поліпропіленових трубопроводів  $\varnothing 25 \times 4,2$  мм.

Об'єм : 1,29

Норма часу : Нч = 211,56 люд-год.

Трудовісткість  $Q = 1,29 \times 211,56 / 8 = 34,11$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

Кількість бригад - 3.

$T = 34,11 / 6 = 5,6$  днів.

Приймаємо  $T = 5$  днів.

6) Встановлення радіаторів.

Об'єм : 0,35

Норма часу : Нч = 96,92 люд-год.

Трудовісткість  $Q = 0,35 \times 96,92 / 8 = 4,2$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

$T = 4,2 / 2 = 2,1$  дня.

Приймаємо  $T = 2$  дні.

7) Встановлення термостатичних клапанів.

Об'єм : 39

Норма часу : Нч = 2,41 люд-год.

Трудовісткість  $Q = 39 \times 2,41 / 8 = 12$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

Кількість бригад - 1. Приймаємо  $T = 5$  днів.

8) Встановлення котла.

Об'єм : 2

Норма часу : Нч = 75,44 люд-год.

Трудовісткість  $Q = 2 \times 75,44 / 8 = 18,86$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 2.

Кількість бригад - 2.

$T = 18,86 / 6 = 3,14$  дня.

Приймаємо  $T = 3$  дні.

9) Обв'язування вузлів нагріву і прокладання трубопроводів.

Об'єм : 0,15

Норма часу :  $Nч = 61,34$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 0,15 \times 61,34 / 8 = 1,15$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 4.

$T = 1,15 / 4 = 0,28$  дня.

Приймаємо  $T = 0,25$  дні.

10) Монтаж розширювального баку.

Об'єм : 1

Норма часу :  $Nч = 5,95$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 1 \times 5,95 / 8 = 0,74$  люд-днів.

Склад ланки: монтажник 4р - 2; 3р - 1.

$T = 0,74 / 3 = 0,23$  дні.

Приймаємо  $T = 0,23$  дня.

11) Встановлення теплового насосу

Об'єм : 1

Норма часу :  $Nч = 21,98$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 1 \times 21,98 / 8 = 2,75$  люд-днів.

Склад ланки: монтажник 4р - 1; 3р - 1.

$T = 2,75 / 2 = 1,37$  дні.

Приймаємо  $T = 1$  день.

12) Встановлення повітрозбірника.

Об'єм : 2

Норма часу :  $Nч = 1,82$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 2 \times 1,82 / 8 = 0,45$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 3р - 2 чол.

$T = 0,45 / 2 = 0,22$  днів.

Приймаємо  $T = 0,22$  дня.

13) Встановлення циркуляційних насосів.

Об'єм : 4

Норма часу :  $Nч = 21,32$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 4 \times 21,32 / 8 = 10,66$  люд-днів.

Склад ланки: монтажник 4р - 1; 3р - 1

Кількість бригад -2.

$T = 10,66 / 4 = 2,6$  днів.

Приймаємо  $T = 2,5$  днів.

14) Встановлення клапанів зворотніх, кранів кульових та спускних.

Об'єм : 34

Норма часу :  $Nч = 2,41$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 34 \times 2,41 / 8 = 10,24$  люд-днів.

Склад ланки: монтажник 4р - 1; 3р - 1.

Кількість бригад -2.

$T = 10,24 / 4 = 2,56$  днів.

Приймаємо  $T = 2,5$  днів.

15) Встановлення контрольно-вимірювальних приладів.

Об'єм : 1

Норма часу :  $Nч = 0,36$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 1 \times 0,36 / 8 = 0,045$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р -1.

$T = 0,045 / 1 = 0,045$  дня.

Приймаємо  $T = 0,045$  дня.

16) Фарбування трубопроводів.

Об'єм : 0,027

Норма часу :  $Nч = 48,71$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 0,027 \times 48,71 / 8 = 0,16$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 3р - 1.

$T = 0,16 / 1 = 0,16$  дня.

Приймаємо  $T = 0,16$  дня.

17) Встановлення ізоляції трубопроводів.

Об'єм : 1,5

Норма часу :  $Nч = 9,12$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 1,5 \times 9,12 / 8 = 1,71$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 3р - 2.

$T = 1,71 / 2 = 0,85$  дня.

Приймаємо  $T = 0,75$  дня.

18) Гідравлічне випробування:

Об'єм : 2,55

Норма часу :  $Nч = 8,22$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 2,55 \times 8,22 / 8 = 2,62$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 5р - 1; 4р - 1.

$T = 2,62 / 2 = 1,31$  дня.

Приймаємо  $T = 1,25$  дня.

19) Зароблення отворів і гнізд:

Об'єм : 0,35

Норма часу :  $Nч = 124,11$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 0,35 \times 124,11 / 8 = 5,4$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

$T = 5,4 / 2 = 2,7$  дня.

Приймаємо  $T = 2,5$  дня.

20) Буріння свердловин:

Об'єм : 4,2

Норма часу :  $Nч = 31,1$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 4,2 \times 31,1 / 8 = 16,3$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

$T = 16,3 / 2 = 8,1$  дня.

Приймаємо  $T = 8$  днів.

21) Влаштування зондів:

Об'єм : 0,48

Норма часу :  $Nч = 106,1$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 0,48 \times 106,1 / 8 = 6,36$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

$T = 6,36 / 2 = 3,18$  дня.

Приймаємо  $T = 3$  дні.

22) Гідравлічне випробування розсольного контуру:

Об'єм : 4,8

Норма часу :  $Nч = 8,22$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 4,8 \times 8,22 / 8 = 4,9$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

$T = 4,9 / 2 = 2,45$  дня.

Приймаємо  $T = 2$  дні.

23) Вивезення деталей і обладнання з місця монтажу:

Об'єм : 0,031

Норма часу :  $Nч = 2,1$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 0,031 \times 2,1 / 8 = 0,008$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 3р - 1.

$T = 0,008 / 1 = 0,008$  дня.

Приймаємо  $T = 0,008$  дня.

На основі визначеної трудовісткості та тривалості монтажних робіт, складений календарний план виконання робіт.

Показники трудовісткості і тривалості робіт з монтажу системи вентиляції:

1) Доставка деталей і обладнання до місця монтажу.

Об'єм : 0,96.

Норма часу :  $Nч = 2,1$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 0,96 \times 2,1 / 8 = 0,25$  люд-днів.

Склад ланки : водій - 1; монтажник 3р. - 1.

$T = 0,25 / 2 = 0,12$  дня.

Приймаємо  $T = 0,12$  дня.

2) Встановлення кронштейнів під вентиляційне обладнання.

Об'єм : 9,65.

Норма часу :  $Nч = 4,53$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 9,65 \times 4,53 / 8 = 5,46$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

$T = 5,46 / 2 = 2,73$  дня.

Приймаємо  $T = 2,5$  дня.

3) Пробивання отворів і гнізд у цегляних стінах.

Об'єм : 0,12

Норма часу :  $Nч = 110,91$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 0,12 \times 110,91 / 8 = 1,66$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 2; 3р - 1.

$T = 1,66 / 3 = 0,55$  дня.

Приймаємо  $T = 0,5$  дня.

4) Прокладання повітропроводів з оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм.

периметром до 600 мм.

Об'єм : 0,2.

Норма часу :  $Nч = 261,8$  люд-год.

Трудовісткість  $Q = 0,2 \times 261,8 / 8 = 6,5$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 2; 3р - 1.

$T = 6,5 / 3 = 2,1$  дня.

Приймаємо  $T = 2$  дні.

5) Прокладання повітропроводів з оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм.

периметром 800, 1000 мм.

Об'єм : 0,17.

Норма часу :  $Nч = 239,7$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 0,17 \times 239,7 / 8 = 5,09$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

$T = 5,09 / 2 = 2,54$  дня.

Приймаємо  $T = 2,5$  дня.

6) Прокладання повітропроводів з оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм.  
периметром до 900 мм.

Об'єм : 0,2.

Норма часу :  $Nч = 239,7$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 0,2 \times 239,7 / 8 = 5,9$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

$T = 5,9 / 2 = 2,9$  дня.

Приймаємо  $T = 2,5$  дня.

7) Прокладання повітропроводів з оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм.  
периметром від 1100 до 1600 мм.

Об'єм : 0,6.

Норма часу :  $Nч = 207,4$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 0,6 \times 207,4 / 8 = 15,55$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

Кількість бригад - 2.

$T = 15,55 / 4 = 3,88$  дня.

Приймаємо  $T = 3,5$  дня.

8) Встановлення припливних дифузорів.

Об'єм : 19.

Норма часу :  $Nч = 2,07$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 19 \times 2,07 / 8 = 4,91$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

Кількість бригад - 2.

$T = 4,91 / 4 = 1,2$  дня.

Приймаємо  $T = 1$  день.

9) Встановлення витяжних вентиляційних решіток.

Об'єм : 30.

Норма часу :  $Nч = 2,36$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 30 \times 2,36 / 8 = 8,85$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 4р - 1; 3р - 1.

Кількість бригад 2.

$T = 8,85 / 4 = 2,21$  дня.

Приймаємо  $T = 2$  дні.

10) Встановлення приточно-витяжної установки КЦКП-3,15-УЗ.

Об'єм : 2.

Норма часу :  $Nч = 12,75$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 2 \times 12,75 / 8 = 3,18$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 5р - 1; 4р - 1.

$T = 3,181 / 2 = 1,59$  дня.

Приймаємо  $T = 1,5$  дні.

11) Випробування системи .

Об'єм : 4.

Норма часу :  $Nч = 14,87$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 4 \times 14,87 / 8 = 7,4$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 5р - 1; 4р - 1.

$T = 7,4 / 2 = 3,7$  дня.

Приймаємо  $T = 3$  дні.

12) Вивезення деталей з місця монтажу .

Об'єм : 0,027.

Норма часу :  $Nч = 2,1$  люд-год.

Трудомісткість  $Q = 0,027 \times 2,1 / 8 = 0,007$  люд-днів.

Склад ланки : монтажник 3р - 1.

$T = 0,007 / 1 = 0,007$  дня.

Приймаємо  $T = 0,007$  дня.

### 3.8. Організація монтажних робіт

Монтажні процеси можуть організовуватися трьома основними методами: послідовним, паралельним та послідовно-паралельним. Вибір конкретного методу визначається складністю систем, технологічною взаємопов'язаністю операцій, наявністю ресурсів та вимогами до термінів виконання робіт.

Послідовний метод передбачає виконання монтажних робіт на кожному наступному об'єкті лише після повного завершення аналогічних робіт на попередньому. Особливістю цього методу є [36]:

- низький рівень одночасного завантаження трудових і матеріально-технічних ресурсів;
- відсутність паралельних робіт, що знижує організаційну складність;
- значне збільшення загального терміну будівництва, оскільки роботи не перекриваються в часі.

Такий метод є найменш ефективним при високій інтенсивності будівництва або при наявності декількох взаємопов'язаних систем (опалення, вентиляція, кондиціонування).

При паралельному методі монтаж систем опалення та вентиляції виконується одночасно на всіх об'єктах або ділянках, що дозволяє максимально скоротити тривалість будівництва. Характерні риси:

- загальний термін будівництва дорівнює тривалості робіт на одному об'єкті;
- максимальна інтенсивність використання ресурсів;
- значні вимоги до організації, координації та безпеки виконання робіт;
- необхідність великої кількості робочої сили та техніки.

Цей метод доцільний при значних обсягах і високих темпах робіт, але часто є ресурсомістким.

Послідовно-паралельний метод поєднує переваги двох попередніх. Він передбачає:

- виконання частини робіт послідовно, якщо цього вимагають технологічні процеси, наприклад:

- монтаж магістральних трубопроводів до встановлення приладів;

- завершення будівельно-оздоблювальних робіт перед монтажем обладнання;

виконання інших робіт паралельно, де це не створює технологічних конфліктів, наприклад:

- паралельне прокладання окремих ділянок повітроводів та трубопроводів;

- монтаж обладнання на різних поверхах.

Переваги методу:

- скорочення строків виконання монтажних робіт за рахунок раціонального поєднання процесів;

- рівномірніше використання ресурсів у порівнянні з послідовним методом;

- зменшення загальної трудомісткості організаційних операцій;

- забезпечення технологічної сумісності операцій.

Обґрунтування вибору методу

У даному проєкті монтаж систем опалення та вентиляції виконується послідовно-паралельним методом, що є найбільш оптимальним з огляду на [36]:

- взаємну залежність окремих монтажних процесів;

- необхідність дотримання будівельної готовності приміщень;

- значні обсяги робіт, які можуть виконуватися одночасно без взаємних перешкод;

- вимоги до скорочення загальної тривалості монтажного періоду.

Застосування послідовно-паралельного методу дозволяє забезпечити ефективну організацію монтажних робіт, оптимальний розподіл ресурсів та відповідність графіку виконання будівництва.

### 3.8.1. Визначення складу бригад

Монтаж системи опалення та вентиляції на об'єкті виконується послідовно-паралельним методом, що забезпечує оптимальний розподіл трудових ресурсів, скорочення загальної тривалості монтажного циклу та дотримання технологічної послідовності робіт [36].

Для реалізації проектних рішень формуються комплексні монтажні бригади, які комплектуються залежно від характеру виконуваних робіт. До складу однієї бригади, як правило, входять два-три слюсарі-монтажники різної кваліфікації, забезпечені необхідним інструментом постійного та періодичного використання (електроінструмент, ріжучий інструмент, засоби вимірювання, монтажне приладдя).

#### 1. Склад бригад для монтажу системи опалення

1) Прокладання поліпропіленових трубопроводів  $\text{Ø}25\times 4,2$ ;  $\text{Ø}32\times 5,4$ ;  $\text{Ø}40\times 6,7$ ;  $\text{Ø}50\times 8,3$  мм

- Склад бригади: 2 особи
- – 1 монтажник 4 розряду,
- – 1 монтажник 3 розряду.

Таке укомплектування дозволяє забезпечити належну якість зварювання поліпропіленових труб, коректне виконання монтажних стиків та дотримання геометрії трубних трас.

#### 2) Встановлення котлів

- Склад бригади: 2 особи
- – 1 монтажник 4 розряду,
- – 1 монтажник 3 розряду.

Монтаж котлів потребує підвищеної точності, а також виконання газових, гідравлічних та електричних під'єднань відповідно до вимог виробника.

### 3) Монтаж розширювального бака

- Склад бригади: 3 особи
- – 2 монтажники 4 розряду,
- – 1 монтажник 3 розряду.

Збільшений склад необхідний для роботи з важким обладнанням та забезпечення безпечного виконання підйомно-монтажних операцій.

### 4) Монтаж радіаторів

- Склад бригади: 2 особи
- – 1 монтажник 4 розряду,
- – 1 монтажник 3 розряду.

Виконується закріплення радіаторів, встановлення кронштейнів, підключення та перевірка герметичності.

### 5) Гідравлічне випробування системи опалення

- Склад бригади: 2 особи
- – 1 монтажник 5 розряду,
- – 1 монтажник 4 розряду.

Спеціалісти високої кваліфікації забезпечують проведення пусконаладжувальних робіт, контроль тиску, пошук можливих дефектів та складання відповідної документації.

## 2. Склад бригад для монтажу системи вентиляції

Монтаж системи вентиляції також організовується послідовно-паралельним методом, що дозволяє поєднувати роботи на різних ділянках повітроводів та обладнання [37].

### 1) Прокладання повітропроводів периметром до 600 мм

- Склад бригади: 3 особи
- – 2 монтажники 4 розряду,
- – 1 монтажник 3 розряду.

## 2) Прокладання повітроводів периметром 800 та 1000 мм

- Склад бригади: 2 особи
- – 1 монтажник 4 розряду,
- – 1 монтажник 3 розряду.

## 3) Прокладання повітроводів периметром до 900 мм

- Склад бригади: 2 особи
- – 1 монтажник 4 розряду,
- – 1 монтажник 3 розряду.

## 4) Прокладання повітроводів периметром 1100–1600 мм

- Склад бригади: 2 особи
- – 1 монтажник 4 розряду,
- – 1 монтажник 3 розряду.

Обсяг і маса повітроводів цієї групи потребує роботи двох монтажників, оскільки виконання монтажу пов'язане з використанням підйомних засобів та точним позиціонуванням.

## 5) Встановлення припливно-витяжної установки

- Склад бригади: 2 особи
- – 1 монтажник 5 розряду,
- – 1 монтажник 4 розряду.

Таке укомплектування зумовлене складністю робіт, необхідністю точного під'єднання до систем автоматики та відповідністю нормам електробезпеки.

## 6) Випробування системи вентиляції

- Склад бригади: 2 особи
- – 1 монтажник 5 розряду,
- – 1 монтажник 4 розряду.

Фахівці забезпечують проведення аеродинамічних випробувань, перевірку витрат повітря, герметичності та налаштувань регулюючої арматури.

### 3.8.2. Техніко-економічні показники

Розрахунок техніко-економічних показників графіку руху робітників для системи опалення, виконати в такій послідовності:

Визначити середню кількість працюючих за формулою [36]:

$$R_c = \frac{Q_{заг}}{T_{заг}} \text{ [люди]}, \quad (3.4)$$

де  $Q_{заг}$  – загальна трудомісткість, люди/дні;

$T_{заг}$  – загальна тривалість будівництва, дні.

Середня кількість працюючих при монтажі системи опалення становить:

$$R_c = 136 / 26,75 = 5 \text{ (люди)}.$$

Коефіцієнт нерівності використання людей визначити за формулою:

$$\alpha_1 = \frac{R_c}{R_{max}}, \quad (3.5)$$

де  $R_{max}$  – максимальна кількість працюючих, люди.

Тоді коефіцієнт нерівності використання людей становить:

$$\alpha_1 = 5/8 = 0,6.$$

Коефіцієнт нерівності по трудовитратах визначити за формулою:

$$\alpha_2 = \frac{Q_{над}}{Q_{заг}}, \quad (3.6)$$

Тоді коефіцієнт нерівності по трудовитратах становить:

$$\alpha_2 = 23/136 = 0,16.$$

Коефіцієнт нерівномірності по тривалості виконання робіт визначити за формулою:

$$\alpha_3 = \frac{T_{вст}}{T_{заг}}, \quad (3.7)$$

де  $T_{вст}$  – тривалість виконання робіт при  $R \geq R_{max}$ ,

Отже, коефіцієнт нерівномірності по тривалості виконання робіт становить:

$$\alpha_3 = 17,25/26,75 = 0,64.$$

Розрахунок техніко-економічних показників графіку руху робітників для системи вентиляції, проводимо аналогічно розрахунку показників графіку руху робітників для системи опалення:

Середня кількість працюючих при монтажі системи опалення становить:

$$R_c = 108 / 26,75 = 4 \text{ (люд)}$$

Коефіцієнт нерівності використання людей становить:

$$\alpha_1 = 4/8 = 0,5.$$

Коефіцієнт нерівності по трудовитратах становить:

$$\alpha_2 = 18/108 = 0,16.$$

Коефіцієнт нерівномірності по тривалості виконання робіт становить:

$$\alpha_3 = 19,25/26,75 = 0,71.$$

3.8.3. Розрахунок витрати електроенергії на монтаж системи опалення та вентиляції

Витрати електроенергії на роботи електроприладів для монтажу системи опалення та вентиляції визначаються за формулою:

$$E = P \times \tau \times k, \quad (3.8)$$

де  $P$  – потужність приладу чи механізму, кВт;

$\tau$  – термін роботи приладу, год;

$k$  – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання.

Витрати електроенергії для монтажу системи опалення.

Витрата електроенергії на роботу зварювального апарату СВ-300РВ **Помилка! Закладку не визначено..** Приймається  $P = 7,1$  кВт,  $\tau = 2$  год,  $k = 0,5$ .

$$E_1 = 7,1 \times 2 \times 0,49 = 7,1 \text{ (кВт год)}. \quad (3.9)$$

Витрата електроенергії пристроєм різьбонарізним визначається за формулою:

$$E_2 = v \times n \times k = 1,7 \times 82 \times 0,3 = 69,7 \text{ (кВт год)}, \quad (3.10)$$

$v$  – витрата електроенергії пристроєм різьбонарізним, кВт ( $v = 1,7$  кВт);

$n$  – тривалість нарізання різьби, год ( $n = 82$  год).

$k$  - коефіцієнт періодичності ( $k=0,5$ )

Витрата електроенергії на роботу гідропреса REMS Push 2

Приймається  $P = 1,7$  кВт ,  $\tau = 10$  год ,  $k = 0,5$ .

$$E_3 = 1,7 \times 10 \times 0,4 = 8,5 \text{ (кВт год)}. \quad (3.11)$$

Витрата електроенергії на роботу перфоратор Bosch PBH 2100 RE.

Приймається  $P = 0,55$  кВт ,  $\tau = 12$  год ,  $k = 0,5$ .

$$E_4 = 0,55 \times 12 \times 0,45 = 3,3 \text{ (кВт год)}. \quad (3.12)$$

Витрата електроенергії на роботу фарборозпилювача КР-20. Приймається

$P = 0,18$  кВт ,  $\tau = 2$  год ,  $k = 0,5$ .

$$E_5 = 0,18 \times 2 \times 0,45 = 0,18 \text{ (кВт год)}. \quad (3.13)$$

Витрата електроенергії на роботу зварювального апарату СВА-1600 Т [29]. Приймається  $P = 1,6$  кВт ,  $\tau = 36$  год ,  $k = 0,5$  .

$$E_6 = 1,6 \times 36 \times 0,3 = 28,8 \text{ (кВт год)}. \quad (3.14)$$

Витрата електроенергії на роботу болгарки Bosch PBH 2100 RE [32].

Приймається  $P = 0,66$  кВт ,  $\tau = 2$  год ,  $k = 0,5$ .

$$E_7 = 0,66 \times 2 \times 0,45 = 0,66 \text{ (кВт год)}. \quad (3.15)$$

Витрати електроенергії для монтажу системи вентиляції.

Витрата електроенергії на роботу перфоратор Bosch PBH 2100 RE [32].

Приймається  $P = 0,55$  кВт ,  $\tau = 4$  год ,  $k = 0,5$ .

$$E_8 = 0,55 \times 4 \times 0,45 = 1,1 \text{ (кВт год)}. \quad (3.16)$$

Витрата електроенергії на роботу болгарки Bosch PBH 2100 RE [32].

Приймається  $P = 0,66$  кВт ,  $\tau = 36$  год ,  $k = 0,5$ .

$$E_9 = 0,66 \times 36 \times 0,4 = 11,8 \text{ (кВт год)}. \quad (3.17)$$

Витрата електроенергії на роботу компресора поршневого.

Приймається  $P = 1,7$  кВт ,  $\tau = 24$  год ,  $k = 0,5$ .

$$E_{10} = 1,7 \times 24 \times 0,3 = 20,4 \text{ (кВт год)}. \quad (3.18)$$



Загальна витрата електроенергії становить:

$$E_{\text{заг}} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 + E_8 + E_9 + E_{10} = 7,1 + 69,7 + 8,5 + 3,3 + 0,18 + 28,8 + 0,66 + 1,1 + 11,8 + 20,4 = 151,54 \quad (\text{кВт год}). \quad (3.19)$$

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів:

відстань 20 км; кількість ходок  $n=2$ ; витрата пального  $Q = 14 \text{ л/100км}$ .

Необхідна кількість пального для доставки труб визначається за формулою:

$$Q = Q \times 2 \times n \times l = 0,14 \times 2 \times 2 \times 20 = 11,2 (\text{л}). \quad (3.20)$$

Витрата пального краном на автомобільному ході КС-4572А.

$$Q = q \times t \times k = 8,4 \times 12 \times 0,5 = 50,4 (\text{л}). \quad (3.21)$$

де  $q$  - витрата пального;

$t$  - тривалість використання;

$k$  - коеф., що враховує періодичність використання.

3.9. Технологічний регламент і технічні засоби для проведення випробувань системи при введенні в експлуатацію

Після завершення монтажу системи опалення та всього встановленого обладнання необхідно провести комплекс випробувань, що підтверджують її працездатність, герметичність та відповідність проектним вимогам. Усі проведені перевірки виконуються згідно з чинними нормами та технічними регламентами [36].

У процесі попереднього контролю на всі виявлені дефекти складається відомість недоліків, яка передається генеральному підряднику. Виявлені дефекти повинні бути усунені до початку передпускових та пусконаладжувальних випробувань.

Здача системи опалення виконується у три послідовні етапи:

1. Зовнішній огляд системи.

Під час зовнішнього огляду перевіряють відповідність виконаних монтажних робіт затвердженому проекту. Особливу увагу приділяють:

- правильності прокладання трубопроводів відповідно до аксонометричних схем;
- відповідності встановлених опалювальних приладів проектній площі нагрівання;
- надійності кріплення трубопроводів, стояків, радіаторів і водонагрівального обладнання;
- правильності встановлення запірної та регулювальної арматури;
- справності запобіжних пристроїв, автоматичних випускників повітря та контрольно-вимірювальних приладів.

## 2. Промивання системи опалення.

Перед гідравлічними випробуваннями проводиться повне промивання системи з метою видалення:

- шламу,
- бруду,
- окалини,
- монтажних забруднень.

Під час заповнення системи водою повітря має бути випущене щонайменше двічі через повітрозбірники до моменту появи стійкого струменя води. Це забезпечує видалення повітряних пробок та рівномірний розподіл робочого середовища по трубопроводах.

## 3. Гідравлічне випробування.

Гідравлічне випробування виконується з метою визначення щільності та механічної міцності трубопроводів, опалювальних приладів, арматури та обладнання. Випробування проводяться у такій послідовності:

1. Система наповнюється повітрям з надлишковим тиском 0,15 МПа.
2. Монтажні дефекти виявляються на слух та шляхом огляду.

3. Тиск знижують до атмосферного та ліквідовують виявлені недоліки.

4. Після усунення дефектів система повторно заповнюється повітрям з надлишковим тиском 0,1 МПа.

5. Система витримується під тиском протягом 5 хвилин

Після завершення монтажу та випробувань система опалення передається в експлуатацію генеральному підряднику або замовнику. Для цього монтажна організація подає повний комплект виконавчої документації, що включає:

- акти огляду прихованих робіт;
- паспорти та сертифікати змонтованого обладнання;
- виконавчі креслення з урахуванням фактичного виконання;
- акти гідравлічних випробувань;
- акти промивання системи;
- журнал монтажних робіт.

Документація повинна підтверджувати відповідність змонтованої системи проектним рішенням, нормам безпеки та працездатності.

Після завершення монтажних робіт системи вентиляції виконується комплекс випробувань, що включає обкатування обладнання, перевірку параметрів роботи системи та оформлення паспортної документації.

#### 1. Обкатування вентиляційного обладнання

Перед початком випробувань проводять обкатування вентиляційних установок. Тривалість безперервної роботи обладнання повинна становити не менше 7 годин, при цьому система має працювати стабільно та без аварійних зупинок.

Обкатування проводиться після ревізії обладнання, що включає:

- перевірку справності електродвигунів;
- огляд крильчаток, валів, підшипників;
- перевірку стану приводів, комутаційної апаратури та автоматики;
- підтягування різьбових з'єднань і кріплень.

## 2. Перевірка готовності системи до випробувань

До початку випробувань здійснюють перевірку:

- відповідності встановленого вентиляційного обладнання проєктним даним;
- якості збирання повітропроводів і коректності під'єднання до агрегатів;
- завершеності будівельно-оздоблювальних робіт у венткамерах;
- готовності установок до експлуатації, наявності мастила, доступності обслуговування;
- відсутності дефектів монтажу.

Усі виявлені недоліки повинні бути усунені до початку пускових випробувань.

## 3. Проведення випробувань систем вентиляції

Під час випробувань необхідно перевірити такі параметри:

- продуктивність вентиляційного агрегату та її відповідність проєктним розрахункам;
- продуктивність повітророзподільних і повітровсмоктувальних пристроїв у кожному приміщенні;
- швидкість витікання повітря з припливних дифузорів і повітряних отворів;
- герметичність повітропроводів, відсутність підсмоктувань та небажаних витоків.

### 3.10. Висновок до третього розділу

Розроблено пропозиції щодо технології монтажу системи опалення та вентиляції адміністративно-побутових приміщень виробничого комплексу смт. Крижопіль (див. аркуш 7,8). Визначено загальну масу матеріалів, яка склала 1,18 т для опалення та 0,96 т для вентиляції, їх кількість, потребу в допоміжних

матеріалах, необхідні інструменти та витрати електроенергії на їх роботу (151 кВт·год), визначено склад ланок та розряд робітників.

Визначені техніко-економічні показники монтажу системи опалення. Загальна трудомісткість виконання робіт, яка складе 136 люд/дні і тривалість виконання монтажних робіт систем опалення, яка складе 26,75 днів.

За результатом розрахунків розроблено календарний план виконання монтажних робіт системи опалення (див. аркуш 9).

Визначено техніко-економічні показники монтажу системи вентиляції. Загальна трудомісткість виконаних робіт, складе 57,5 люд/дні і тривалість виконання монтажних робіт систем вентиляції, яка складе 19,5 дні.

Розроблено календарний план виконання монтажних робіт системи вентиляції (див. аркуш 10).

Проведено аналіз умов праці по монтажним роботам системи опалення та вентиляції адміністративно побутових приміщень виробничого комплексу, що знаходиться в смт. Крижопіль. Виділено основні небезпечні та шкідливі умови праці та їх вплив на організм працюючого.

## РОЗДІЛ 4. ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

### 4.1. Загальні положення

В даній МКР запропоновано варіант проектного рішення систем опалення і вентиляції об'єкту дослідження.

Створення необхідних параметрів мікроклімату досягається за допомогою підбраного обладнання (див. розділ 2) для системи опалення і вентиляції

Велику увагу приділялося правильному вибору сучасного енергозберігаючого обладнання систем опалення та вентиляції, вибору раціональної схеми підключення, вибору джерела енергії. Проводилась робота з кліматологією району будівництва для визначення статистичних даних параметрів зовнішнього повітря. Вентиляція приміщень виконується за допомогою припливного агрегату для охолодження повітря.

На основі розрахунку вирішено використати централізоване опалення зі встановленням індивідуального теплового пункту в підвальному приміщенні будівлі (див. розділ 2). Створення необхідних параметрів мікроклімату досягається за допомогою підбраного обладнання для системи опалення, (див. розділ 2).

Теплопостачання будинку здійснюється від індивідуального теплового пункту, в якому розміщено два теплообмінники на гаряче водопостачання та опалення.

### 4.2. Заходи з енергозбереження

Для того, щоб система опалення і вентиляції офісної будівлі була економічною в експлуатації, вона повинна мати такі основні елементи [39]:

- правильне гідравлічне та аеродинамічне балансування та пристрої для його здійснення;
- термостатичне регулювання опалювальних приладів;
- облік споживаної теплової енергії;
- погодне регулювання та зниження температури у приміщеннях будинку в неробочий час;
- теплоізоляція кондиціонерів, повітроводів та трубопроводів;
- зменшення витоків і підсосів повітря через нещільності повітроводів.

Лише облік спожитого тепла не вирішує проблеми енергозбереження. Кількість споживаної теплової енергії і відповідна оплата за неї може лише стимулювати споживача до економії, яка можлива лише при наявності правильно спроектованої й збалансованої системи опалення, що дозволяє у широкому діапазоні змінювати кількість і параметри теплоносія в ній, і термостатичних вентилів на опалювальних приладах, які дають споживачеві змогу самостійно вибрати температурний режим у приміщеннях і, відповідно, кількість споживаної теплової енергії [39].

Одним із основних заходів енергозбереження є встановлення в системі опалення регулювальної арматури. Сьогодні неможливо створити ефективну систему опалення без використання різноманітної регулювальної арматури, призначеної для гідравлічного ув'язування між собою всіх компонентів системи і пропорційного розподілення теплоносія по стояках, відгалуженнях та опалювальних приладах. Крім того, гідравлічне ув'язування дозволяє на 25 – 30 % зменшити циркуляцію теплоносія у системі опалення і, відповідно, на 20 – 25 % зменшити витрати енергії на опалення будівлі з розгалуженими системами внутрішніх комунікацій.

Відповідно до вимог [40] на підводках до опалювальних приладів мають встановлюватися автоматичні терморегулятори прямої дії. Встановлення їх на підводках до опалювальних приладів є одним із основних заходів

енергозбереження та забезпечення комфорту перебування людей у приміщеннях. В даному проекті на підводках до опалювальних приладів передбачено встановлення радіаторного терморегулятора фірми “DANFOSS”. До його складу входять клапан з попереднім налаштуванням та термостатичний елемент. Термостатичний елемент серії RTD – це автоматичний регулятор температури прямої дії з малою зоною пропорційності (Xp), що працює без допоміжної енергії. В даному проекті буде застосовано термостатичний елемент RTD 3640 із вмонтованим давачем, із функцією захисту від замерзання, діапазоном температурної налаштування та пристроєм для обмеження або фіксування температурного налаштування.

Крім того радіаторні термостатичні клапани фірми “DANFOSS” забезпечують максимальний комфорт у приміщенні і при цьому дозволяють економити кошти за користування системою опалення до 20% – найбільший показник серед усіх моделей терморегуляторів, представлених на ринку України [40].

Але у системі з термостатичним регулюванням опалювальних приладів виникає значне коливання масових витрат. Для гідравлічного балансування таких систем, як правило, застосовуються регулятори перепаду тиску [21]. В даному проекті в системі опалення передбачено встановлення автоматичних балансувальних клапанів фірми “DANFOSS”, марки ASV-PV [5]. Вони являють собою пропорційні регулятори мембранного типу, що працюють без живлення від зовнішнього джерела енергії. У парі із регулятором використовують запірний вентиль на зворотному трубопроводі фірми “DANFOSS”.

Автоматичне балансування системи дозволяє уникнути труднощів при вводі системи в експлуатацію та при будь-якому навантаженні забезпечує значну економію енергії. Автоматичні балансувальні клапани запобігають збільшенню перепаду тиску на регулювальних радіаторних клапанах при частковому навантаженні, завдяки чому знижується рівень шуму. Обмеження витрати досягається шляхом регулювання кожного стояка або відгалуження

незалежно від впливу інших, що дозволяє провести налагодження системи за одну операцію. Немає необхідності виконувати гідравлічне балансування за допомогою спеціальних методик з використанням спеціального обладнання. Завдяки цьому можна суттєво скоротити витрати на введення системи в експлуатацію.

Встановлені автоматичні регулятори перепаду тиску в системі опалення на стояках та приладових вітках для запобігання перетоків теплоносія дають енергозаощаджуючий ефект приблизно 5%. Базується він на тому, що при спрацюванні частини терморегуляторів на закривання одразу ж реагують автоматичні регулятори і не допускають надмірного зростання витрати теплоносія в решті терморегуляторів. За відсутності цих регуляторів така задача покладалася б на терморегулятори, час спрацювання яких значно більший, оскільки залежить від їх конструктивних особливостей, інерційності будівлі та системи опалення.

Отже, автоматичні регулятори перепаду тиску, окрім створення умов енергоефективної роботи терморегуляторів шляхом забезпечення їх авторитетів та безшумної роботи, ще запобігають несанкціонованим перетокам теплоносія в системі опалення і збільшенню його температури в зворотній магістралі, що дає додатковий енергозберігаючий ефект, оцінюваний приблизно у 5 % [40].

Для оптимального та енергоефективного функціонування системи опалення, тобто для забезпечення розрахунковою кількістю теплоносія як віддалених від насоса відгалужень системи, так і близько розташованих, необхідне здійснення гідравлічного ув'язування під час розрахунку та після монтажу. Крім того, гідравлічне ув'язування необхідне якщо змонтована система відрізняється від розрахункової (або реально не відповідає розрахунковим параметрам, наприклад, через помилки під час монтажу) або коли відбулися зміни в різних її частинах (наприклад, з'явилося додаткове теплове навантаження). Для цього застосовується портативний вимірювальний

пристрій PFM 3000. Прилад спеціально створений для регулювання роботи систем опалення і холодопостачання й дозволяє не тільки виміряти параметри теплоносія в різних точках системи без обмеження її працездатності, але й за допомогою спеціальних вбудованих у прилад комп'ютерних програм визначити оптимальні налаштування всіх регулювальних вентилів системи згідно з фактичними витратами теплоносія. Таким чином, можна здійснити гідравлічний аудит і балансування системи опалення навіть у тому випадку, коли частина гідравлічних параметрів системи невідома (наприклад, при реконструкції старих систем із частковою заміною трубопроводів, або знайти рішення, коли частина системи в реальних умовах експлуатації з невідомої причини не працює відповідно до розрахунку проекту).

Теплоізоляція кондиціонерів, повітроводів та трубопроводів необхідна для виключення втрат тепла і холоду, забезпечення підтримання необхідних параметрів повітря в приміщеннях і усунення випадання конденсату на холодних поверхнях. Економія тепла і холоду при якісно виконаній тепловій ізоляції досягає 10-15%.

Зменшення витоків і підсосів повітря з 5 до 10% при всіх рівних умовах дає змогу знизити затрати енергії тільки на перемішування повітря вентиляторами на 9-10%. Зниження витоків і підсосів досягається покращенням конструкцій повітроводів, якості їх виготовлення, транспортуванням і монтажем, герметизацією з'єднань.

#### 4.3. Розрахунок ефективності використання рекуператор

З метою захисту навколишнього середовища від теплового забруднення та з метою зниження витрат електроенергії на підігрів припливного повітря слід розрахувати ефективність використання рекуператора. Як рекуператор використовуємо роторний теплообмінник фірми-виробника VS-R-PMHC-T[40].

Розрахунок ефективності використання рекуператора виконується згідно методу ефективності, який заснований на використанні  $\varepsilon(N, \omega)$  – характеристик.

Економія теплоти визначається за формулою [39]:

$$Q = (G \cdot c)_M \cdot \varepsilon \cdot \Delta t, \quad (4.1)$$

де  $\Delta t$  - кінцеве значення температур після теплообмінника, °С;

$$\Delta t = t_2'' - t_1'', \quad (4.2)$$

$$\text{де} \quad t_1'' = t_1' - \Delta t_n \cdot \varepsilon \cdot \frac{(G \cdot c)_M}{G_1 \cdot c_1}, \quad (4.3)$$

$$t_2'' = t_2' + \Delta t_n \cdot \varepsilon \cdot \frac{(G \cdot c)_M}{G_2 \cdot c_2}, \quad (4.4)$$

$\varepsilon$  – ефективність теплообмінника,  $\varepsilon = 78\%$ ;

$t_1'$  - температура зовнішнього повітря, °С;

$t_2'$  - температура внутрішнього повітря, °С;

$G_1$  – масова витрата витяжного повітря, кг/год;

$G_2$  – масова витрата припливного повітря, кг/год;

$c$  – питома теплоємність повітря, кДж/(кг·К).

Визначаємо розрахункові параметри зовнішнього і внутрішнього повітря:

- розрахункова температура зовнішнього повітря для теплого періоду року становить 23 °С;
- розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року становить -21 °С;
- температура внутрішнього повітря становить 22 °С;
- масова витрата повітря:  $G_1 = 173795$  кг/год;  
 $G_2 = 193106$  кг/год.

Проводимо розрахунок для теплого періоду року. Визначаємо кінцеві значення температур теплоносія після теплообмінника за формулами (4.3), (4.4):

$$t_1'' = t_1' - \Delta t_n \cdot \varepsilon \cdot \frac{(G \cdot c)_M}{G_1 \cdot c_1} = 23 - 5 \cdot 0,78 \cdot \frac{173795 \cdot 1}{173795 \cdot 1} = 19,1(°C), \quad (4.5)$$

$$t_2'' = t_2' + \Delta t_n \cdot \varepsilon \cdot \frac{(G \cdot c)_M}{G_2 \cdot c_2} = 22 + 5 \cdot 0,78 \cdot \frac{173795 \cdot 1}{193106 \cdot 1} = 25,5(^{\circ}\text{C}). \quad (4.6)$$

Визначаємо економію теплоти за теплий період року за формулою (4.1):

$$Q = (G \cdot c)_M \cdot \varepsilon \cdot \Delta t = 173795 \cdot 1 \cdot 0,78 \cdot (25,5 - 19,1) = 867584(\text{Bm}). \quad (4.7)$$

Проводимо розрахунок для холодного періоду року. Визначаємо кінцеві значення температур теплоносія після теплообмінника за формулами (4.3), (4.4):

$$t_1'' = t_1' - \Delta t_n \cdot \varepsilon \cdot \frac{(G \cdot c)_M}{G_1 \cdot c_1} = -21 + 43 \cdot 0,78 \cdot \frac{173795 \cdot 1}{173795 \cdot 1} = 12,5(^{\circ}\text{C}), \quad (4.8)$$

$$t_2'' = t_2' + \Delta t_n \cdot \varepsilon \cdot \frac{(G \cdot c)_M}{G_2 \cdot c_2} = 22 + (-43) \cdot 0,78 \cdot \frac{173795 \cdot 1}{193106 \cdot 1} = -8,2(^{\circ}\text{C}). \quad (4.9)$$

Визначаємо економію теплоти за холодний період року за формулою (4.1):

$$Q = (G \cdot c)_M \cdot \varepsilon \cdot \Delta t = 173795 \cdot 1 \cdot 0,78 \cdot (12,5 - 8,2) = 582908(\text{Bm}). \quad (4.10)$$

#### 4.4. Охорона довкілля

Для даної офісної будівлі шкідливими викидами є здебільшого асимільоване витяжним повітрям надлишкове тепло, волога, вуглекислий газ.

Концентрація цих шкідливостей не перевищує гранично-допустимі норми, встановлені санітарною епідеміологічною станцією, тому не потрібно встановлювати очисні пристрої.

#### 4.5. Висновок до четвертого розділу

При виконанні даного розділу дипломного проекту було розроблено заходи з енергозбереження та охорони довкілля, які включають в себе встановлення регулювальної арматури в системі опалення, яка забезпечує термостатичне регулювання опалювальних приладів та гідравлічне

балансування системи опалення, теплоізоляцію кондиціонерів, повітроводів та трубопроводів, зменшення витоків і підсосів повітря через нещільності повітроводів.

Розраховано ефективність використання рекуператора: економія теплоти за теплий період року становить 867584 Вт, за холодний період року – 582908 Вт.

## РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

### 5.1. Величина капіталовкладень

Величина капіталовкладень на виконання будівельно-монтажних робіт виконана у вигляді локального кошторису, який наведено в додатках К. Кошторисна документація складена в цінах 2025 року.

### 5.2. Загальні техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники проекту визначаються сумарними характеристиками, віднесеними до об'єму теплоносія, що транспортується. Основним показником є кошторисна вартість монтажу системи, яка визначається відповідно діючим нормам із врахуванням встановлених надбавок на накладні витрати та планові накопичення.

Значення основних техніко-економічних показників наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники

№ п/п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	2	3	4
1	Тривалість будівництва систем	днів	26
	Опалення		
	Вентиляції		19
2	Середня чисельність робітників Rсер	люди	4
	Опалення		
	Вентиляції		3

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4
3	Максимальна кількість робітників Опалення Вентиляції	люди	8 4
4	Загальна кошторисна вартість будівництва	тис.грн	
5	Кошторисна трудомісткість	люди·год.	
6	Середній розряд	розряд	4

### 5.3. Економічний ефект

Порівняння джерел теплопостачання для систем опалення та вентиляції. Запропоновано кілька варіантів джерел теплової енергії: електричний котел, газовий котел, тепло насосна установка. Обирається найбільш оптимальний варіант.

Торговельно-адміністративний комплекс належить до групи інших споживачів. Тарифи вказана у грн/Гкал/год.

За результатами теплових балансів, кількість подаючої теплоти на рік складає:

$$\Sigma Q = 31,5 \text{ (кВт/год)} \times 24 \text{ (год)} \times 182 \text{ (оп.днів)} = 170352 \text{ кВт} \times \text{год} .$$

Вартість використання електричного котла, з врахуванням вартості монтажу у розмірі 10% від вартості котла.

Капітальна вартість використання електричного котла становить:  
 $18000 + 18000 \cdot 0,1 = 19800 \text{ грн.}$

Витрати на електроенергію становить:  $170352 \cdot 1,68 = 286\,191 \text{ грн.}$

Вартість використання газового котла, з врахуванням вартості монтажу у розмірі 10% від вартості котла.

Капітальна вартість використання газового котла становить:  
 $20000 + 20000/10 = 22000 \text{ грн.}$

Котел працює не весь час, тому приймаємо 12 годин роботи та споживання  $2,7 \text{ м}^3/\text{год}$ . Тоді  $2184 * 2,7 = 5897 \text{ м}^3$ . Прийнято до встановлення 2 котла по 70% навантаження кожен.

Вартість газу становить  $12,18 \text{ грн/м}^3$ .

Витрати на опалювання газом становлять:  $5897 * 2 * 12,8 = 150\,963 \text{ грн}$ .

Вартість теплового насосу Viessmann Vitocal 350-G становить  $532000 \text{ грн}$ , вартість розсольного контуру  $480 \text{ м}$ . приблизно дорівнює  $15000 \text{ грн}$ .

Капітальна вартість використання:

$(532000 + 15000) + (547000) / 10 = 601700 \text{ грн}$ .

Включаючи коефіцієнт перетворення:  $170352 / 5 = 34070 \text{ кВтгод}$ .

Витрати на електроенергію становлять:  $34070 * 1,68 = 57\,237 \text{ грн}$ .

Абсолютний економічний ефект використання теплового насосу в порівнянні з електричним котлом становить:

$E_{\text{еф}} = E_1 - E_2 = 286\,191 - 57\,237 = 228954 \text{ грн}$ .

Термін окупності теплового насосу у порівнянні з електричним котлом становить:  $601\,700 / 228\,954 = 2,6 \text{ роки}$ .

#### 5.4. Висновок до п'ятого розділу

В даному розділі роботи було визначено основні величини техніко-економічних показників, складена кошторисна документація: локальні кошториси, об'єктний кошторис. Загальна кошторисна вартість проведення робіт, враховуючи вартість матеріалів, становить  $1412,028 \text{ тис. грн}$ .

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній роботі проведено аналітичний огляд сучасного стану використання системи опалення, вентиляції та теплонасосних установок для створення енергоефективної системи забезпечення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу.

Здійснено теоретичне та проектне обґрунтування параметрів системи мікроклімату адміністративно-побутових приміщень виробничого комплексу, що дозволило обґрунтувати можливість використання теплового насоса як альтернативного джерела енергії. За результатами моделювання тепломасообмінних процесів в адміністративно-побутових приміщеннях та теплотехнічного розрахунку, встановлено наступне: підібрано опалювальні прилади загальною потужністю 35,6 кВт та котли потужністю 46 кВт; тепловий насос Viessmann Vitocal 350-G, потужністю 25,2 кВт, що складає 80% загального теплового навантаження. На етапі моделювання гідравлічних режимів було підібрано оптимальні діаметри труб для системи опалення адміністративно-побутових приміщень виробничого комплексу.

Визначено тепло- та волого надходження у приміщення комплексу. Складено повітряний баланс приміщень. За результатами моделювання аеродинамічних параметрів повітропроводів системи вентиляції та підібрано відповідні розміри повітропроводів, стельові дифузори для припливу повітря та витяжні решітки. Виконана оцінка надійності технічного стану припливно-витяжної установки, з врахуванням запропонованої класифікації факторів, що впливають на технічний стан.

Розроблено заходи з організаційно-технологічного забезпечення реалізації проектних рішень монтажу систем опалення та вентиляції. Визначено необхідні матеріали, їх кількість, потребу в допоміжних матеріалах, необхідні інструменти, визначено склад ланок та розряд робітників. Визначено склад та об'єм робіт, обрано методи їх виконання. Визначено трудомісткість монтажних

робіт, на основі якої складено графік виконання робіт. Наведено рекомендації з техніки безпеки під час роботи з електричним перфоратором та з гідравлічними пресом, при влаштуванні та експлуатації теплового насоса. Запропоновані технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, а також з пожежної безпеки.

Визначено техніко-економічні показники та термін окупності систем опалення та вентиляції адміністративно-побутових приміщень виробничого комплексу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А. А. Брицький, О. Д. Панкевич. Оцінка енергоефективності систем вентиляції та кондиціонування на прикладі адміністративної будівлі. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції Енергоефективність в галузях економіки України-2025, Вінниця, 19-21 листопада 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2025/paper/viewFile/26443/21771>
2. Аналітичний огляд системи опалення: різновиди систем опалення [Електронний ресурс]. URL: [http://pidruchniki.com/1914021838283/bzhd/sistemi\\_opalennya](http://pidruchniki.com/1914021838283/bzhd/sistemi_opalennya) (дата звернення: 16.12.2025).
3. Пирков В. В. Особливості проектування сучасних систем водяного опалення / В. В. Пирков. – Київ : П Д П. «Такі справи», 2003. 176 с.
4. Ратушняк Г. С., Панкевич О. Д., Коц І. В. Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція») [Електронний ресурс] 2023, 62 с
5. Аналітичний огляд системи вентиляції: різновиди систем вентиляції [Електронний ресурс]. URL: <http://pavetrik.by/kakaya-byvaet-ventilyaciya> (дата звернення: 16.12.2025).
6. Сучасні розробки у галузі енергозабезпечення [Електронний ресурс]. URL: <http://www.bestreferat.com/referat-169895.html> (дата звернення: 16.12.2025).
7. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2021-05-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2021. 30 с.

8. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 119 с.
9. Принцип роботи теплового насосу [Електронний ресурс]. URL: [http://www.ecosvit.net/index.php?action=page&page\\_id=201](http://www.ecosvit.net/index.php?action=page&page_id=201) (дата звернення: 16.12.2025).
10. Каталог панельних радіаторів фірми «Vogel Noot» : інструкція з проєктування та монтажу [Електронний ресурс]. URL: <http://www.vogelnoot.kiev.ua> (дата звернення: 16.12.2025).
11. Теплові насоси [Електронний ресурс]. URL: <http://scr.kiev.ua/eko7.htm> (дата звернення: 16.12.2025).
12. Види теплових насосів [Електронний ресурс]. – URL: [http://www.siriusone.net/index.php?action=page&page\\_id=118](http://www.siriusone.net/index.php?action=page&page_id=118) (дата звернення: 16.12.2025).
13. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1999. 12 с.
14. Методичні вказівки для виконання курсового проєкту з дисципліни «Опалення» для студентів напряму підготовки 0921 «Будівництво» / уклад. А. Ф. Пономарчук, І. А. Пономарчук, О. Б. Волошин. – Вінниця : ВНТУ, 2005. 36 с.
15. Підбір вікон «Plus 68»: технічні характеристики [Електронний ресурс]. URL: <http://panorama-bud.com.ua/vikna-stolbud.php?id=7&lang=2> (дата звернення: 16.12.2025).
16. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – [Чинний від 2013-09-01]. – Вид. офіц. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 168 с.
17. Тепловий насос Viessmann Vitocal 350-G : технічна інформація [Електронний ресурс]. URL: <https://www.viessmann.ua/uk/zhytlovi-budynky/teplovi-nasosy/teplovi-nasosy-rozsil-voda/vitocal-350g.html> (дата звернення: 16.12.2025).

18. Підбір циркуляційного насосу Wilo TOP-S 80/10 DM PN10 [Електронний ресурс]. URL: <http://serviscentrpostach.zakupka.com/p/10245871-nasos-wilo-top-s-80-10-dm-pn10-3x400/> (дата звернення: 16.12.2025).
19. Підбір опалювального котла Viessmann Vitopend 100-WH1D260 [Електронний ресурс]. URL: <http://www.viessmann.in.ua/index.php?productID=6> (дата звернення: 16.12.2025).
20. Каталог труб «KAN-therm» PP-R Stabi : технічні характеристики [Електронний ресурс]. URL: [http://ua.kan-therm.com/system\\_kan\\_therm/systems/system\\_kan\\_therm\\_pp/rury.html](http://ua.kan-therm.com/system_kan_therm/systems/system_kan_therm_pp/rury.html) (дата звернення: 16.12.2025).
21. Підбір розширювального баку «REFLEX» NG 25 [Електронний ресурс]. URL: <http://teplo.com/REFLEX/REFLEX-NG-25> (дата звернення: 16.12.2025).
22. Пономарчук І. А., Волошин О. Б. Вентиляція та кондиціонування повітря : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2004. – 119 с.
23. Руденко О. М., Дешко В. І., Бабенко М. П. Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря будівель : навчальний посібник. Київ : КНУБА, 2015. 312 с.
24. Підбір дифузорів типу ДКП 250, ДКП 315 [Електронний ресурс]. URL: <http://arktos.com/catalogue.phtml?act=view&islast=0&chain=44:64> (дата звернення: 16.12.2025).
25. Підбір припливно-витяжної установки КЦКП-3,15-УЗ [Електронний ресурс]. – URL: <http://www.veza.com.ua/catalog/selection.htm> (дата звернення: 16.12.2025).
26. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія заготівельних та монтажних робіт» для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» / уклад. І. В. Коц, О. П. Колісник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 21 с.

27. IVEKO Daily [Електронний ресурс]. URL: <https://traktorbook.com/iveko-dejli/> (дата звернення: 16.12.2025).
28. Кран на автомобільному ході [Електронний ресурс]. URL: [http://www.techstory.com/krans/avto/kamaz\\_kran\\_ks4572.htm](http://www.techstory.com/krans/avto/kamaz_kran_ks4572.htm) (дата звернення: 16.12.2025).
29. Каталог будівельних машин та інструментів : «Калибр СВА-1600Т», «КР-20» [Електронний ресурс]. URL: <http://www.vseinstrumenti.ru/> (дата звернення: 16.12.2025).
30. Компанія REMS : інструмент REMS Amigo [Електронний ресурс]. URL: <http://www.rems.com> (дата звернення: 16.12.2025).
31. Гідравлічний прес REMS Push [Електронний ресурс]. URL: <http://rems.ua/opressovsshiki/78-ruchnoi-opressovsshik-rems-push.html> (дата звернення: 16.12.2025).
32. Bosch : перфоратор Bosch PHB 2100 RE [Електронний ресурс]. URL: <https://bosch-power.com.ua/perphoratory.html> (дата звернення: 16.12.2025).
33. Bosch : шліфувальна машина Bosch GWS 660 [Електронний ресурс]. URL: [https://bosch-power.com.ua/products\\_filter.php/cat/143/filters33/Bosch](https://bosch-power.com.ua/products_filter.php/cat/143/filters33/Bosch) (дата звернення: 16.12.2025).
34. Компресор поршневий WERK BM-2T24 [Електронний ресурс]. URL: <http://hotline.ua/tools-kompressory-i-prinadlezhnosti/werk-bm-2t24/> (дата звернення: 16.12.2025).
35. Бурова установка ЛБУ 50 [Електронний ресурс]. URL: <http://allspectech.com/stroitel'naya/burovye-ustanovki/mobilnye/lbu-50.html> (дата звернення: 16.12.2025).
36. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів. – [Чинний від 2007-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2007. 25 с.

37. ДБН В.2.5-23:2003 Інженерне обладнання будинків і споруд. [Чинний від 2003-12-30]. Вид. офіц. – Київ : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2004. 131 с.

38. Низькопотенційна енергетика : навчальний посібник / А. О. Редько та ін. ; за ред. акад. НАН України А. А. Долинського. Харків : ТОВ «Друкарня Мадрид», 2016. 412 с.

39. Ратушняк Г. С. , Ратушняк О. Г. Управління енергозберігаючими проектами термореновації будівель: навч. посібник. Вінниця: Універсум-Вінниця, 2009. 131с.

40. Ратушняк Г. С., Попова Г.С. Експлуатація систем теплопостачання і вентиляції. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2000. 122 с.



### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи:

«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В  
АДМІНІСТРАТИВНО-ПОБУТОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ ВИРОБНИЧОГО  
КОМПЛЕКСУ»

Зробив

стр. ТГ-24м

Брицький А. А.

Перевірив

к.т.н., доцент

Панкевич О. Д.

### 1. Призначення розробки та місце застосування.

Системи створення і регулювання мікроклімату призначені для забезпечення раціональних мікрокліматичних умов, підтримання температурного балансу та забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях офісно-торговельної будівлі.

### 2. Основа для виконання робіт.

МКР виконується згідно теми, затвердженої наказом ректора № 313 від «24» вересня 2025 р., на підставі завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

### 3. Мета та призначення розробки :

Мета роботи – розробка варіанту проектного рішення систем забезпечення теплового режиму адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу.

### 4. Джерела розробки.

Джерелами розробки є архітектурно-будівельні рішення типового приміщення, технологічне завдання та нормативно-технічна література.

### 5. Технічні вимоги.

Технічні вимоги до забезпечення раціональних параметрів системи мікроклімату для довготривалого зберігання біологічно активної продукції в сховищах наведені в такій нормативній літературі :

- ДБН В. 2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;
- ДБН В.2.6 – 31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»;
- ДБН А.3.1-5-2016 «Організація будівельного виробництва».

### 6. Вимоги до стандартизації.

При розробці систем газопостачання необхідно застосовувати максимально можливу кількість стандартних виробів, які б забезпечували можливість швидкого монтажу системи та їх можливість ремонту чи заміни в разі поломки.

## 7. Вимоги до систем вентиляції та опалення

Санітарно – гігієнічні – забезпечення та підтримка в приміщенні потрібних температур та якості атмосферного повітря.

Економічні – забезпечення мінімуму приведених затрат.

Будівельні – ув'язка з будівельними конструкціями.

Монтажні – забезпечення монтажу систем вентиляції та опалення індустріальними методами.

Експлуатаційні – простота та зручність обслуговування, керування та ремонту, надійність і безперебійність їх роботи.

Естетичні – гармонійне співвідношення із внутрішнім архітектурним дизайном приміщення.

Обов'язковими є такі показники надійності:

- середня виробка обладнання на відмову, яке складає не менше 10 років.
- середній повний строк служби не менше 20 років.
- на виробі повинні бути встановлені строки експлуатації.

Ергономічні вимоги :

- розташування органів управління основного та допоміжного обладнання повинні забезпечувати роботу персоналу нагляду протягом денної та нічної частини доби.
- виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточняється на стадії приймальних випробуваннях.

Експлуатаційні та ремонтні вимоги. Для виробів в періоді експлуатації повинні бути встановлені наступні види технічного обслуговування: сезонне ТО, регламентоване ТО; строки ТО і ДО повинні по можливості співпадати зі строками обслуговування базового обладнання.

8. Порядок розробки випробування, приймання систем вентиляції та кондиціонування.

Стадії розробки встановлюють згідно ДБН В. 2.5–67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування та ДБН В.2.6–31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»; ДБН А.3.1-5-2016 «Організація будівельного виробництва».

9. Основними етапами науково-конструкторської роботи є :

- розроблення та затвердження із замовником функціональних принципів схем, конструктивних компоновок та робочих креслень;
- розробка та узгодження програми та методики випробувань;
- узагальнення результатів виконаних робіт, вироблення рекомендацій та інструкцій.

Дане технічне завдання може узгоджуватися та доповнюватися в процесі проектування.

10. Етапи при виконання МКР.

Етапи виконання робіт наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Етапи виконання робіт МКР

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Складання технічного завдання та вступу до МКР	
2	Стан питання та наукові передумови для реалізації завдання мкр	
3	Обґрунтування проєктних пропозицій та рішень	
4	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень	
5	Заходи з енергозбереження та безпеки життєдіяльності	
6	Техніко – економічні показники проєктних рішень	
7	Оформлення МКР	
8	Подання МКР на кафедру для перевірки	
9	Попередній захист	
9	Рецензування	

Додаток Б – Висновок про перевірку МКР на плагіат

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА  
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Енергоефективна система забезпечення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(БКР, МКР)

Підрозділ кафедра ІСБ, факультет БЦЕІ

(кафедра, факультет)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 15,22%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийнято до захисту.

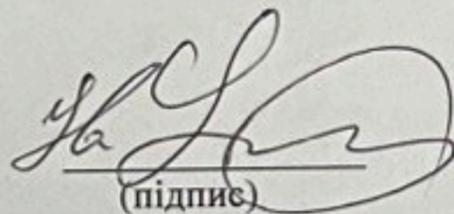
У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

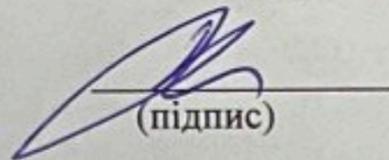
Коц В.І., к.т.н., професор каф. ІСБ

(прізвище, ініціали, посада)

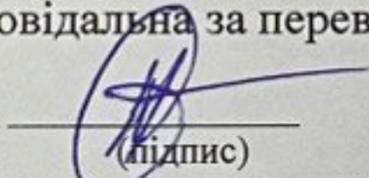
  
(підпис)

Ратушняк Г.С., к.т.н., професор каф. ІСБ

(прізвище, ініціали, посада)

  
(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку:

  
(підпис)

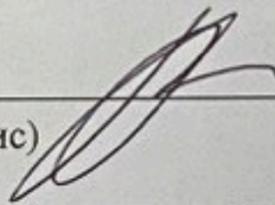
к.т.н., доцент каф. ІСБ Слободян Н.М.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

(підпис)



Панкевич О.Д., к.т.н., доцент каф. ІСБ

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

(підпис)

Брицький А.А.

(прізвище, ініціали)

## Додаток В

Таблиця 1.1. Теплотехнічний розрахунок приміщень першого поверху

№	Назва приміщення	Назва з.к.	Орієнтація	Розміри з.к.		Площа, м <sup>2</sup>	К, Вт/м <sup>2</sup>	Різнитя температур, dt	Поправ. Коefіцієнт, N	Додаткові					Тепловитрати з.к.	Тепловитрати приміщень	Площа приміщень, м <sup>2</sup>	Висота приміщень, м	Тепловитрати на вентиляцію	Заг. Тепловитрати	Радіатори	
				Ширина	Висота					тепловтрати з.к. %, на :											Тип	К-сть
										орієнтацію	вітер	Зовн. стіни	Двері	Загальні								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
101	Тамбур	ЗС	ПН	2,54	3,3	8,38	0,3	31	1	10	10	5		1,3	97,441	573,84	5,32	3,3	183,4	843,3		
		ЗС	ЗХ	1,5	3,3	4,95	0,3	31	1	5	10	5		1,2	55,242							
		ПД	-	-	-	5,32	0,24	6	0,6					1	4,5965							
		ДВ	ПН	2,5	2	5	1,25	31	1	10	10		95	2,2	416,56							
102	Коридор	ЗС	ПН	3,7	3,3	12,2	0,3	39	1	10	10			1,2	171,43	778,65	9,62	3,3	417,2	1735	21VM	1
		ВО	ПН	1,5	1,5	2,25	1,3	39	1	10	10			1,2	136,89					422	500x1120	
		ПД				9,62	0,24	14	0,6					1	19,394							
		ДВ	ЗХ	2,5	2	5	1,25	39	1	5			80	1,9	450,94							
103	одяг брд	ЗС	ПД	1,9	3,3	6,27	0,3	39	1		10			1,1	80,695	219,16	6,44	3,3	279,3	531,3	11VM	1
		ВО	ПД	1,5	1,5	2,25	1,3	39	1		10			1,1	125,48						500x520	
		ПД				6,44	0,24	14	0,6					1	12,983							
104	одяг чист	ЗС	ПД	1,8	3,3	5,94	0,3	39	1		10			1,1	76,448	213,91	5,94	3,3	257,6	503,6	11VM	1
		ВО	ПД	1,5	1,5	2,25	1,3	39	1		10			1,1	125,48						500x520	
		ПД				5,94	0,24	14	0,6					1	11,975							
105	Гардероб	ЗС	ПН	9,18	3,3	30,3	0,3	44	1	10	10	5		1,3	499,85	1959,9	55,1	3,3	2696	4950	11VM	6
		ЗС	ПД	9,18	3,3	30,3	0,3	44	1		10	5		1,2	459,86						500x800	
		ВО	ПД	1,5	1,5	13,5	1,3	44	1		10			1,1	849,42							
		ПД				55,1	0,24	19	0,6					1	150,75							
106	Душоваж	ЗС	ПД	2,5	3,3	8,25	0,3	46	1		10			1,1	125,24	294,41	7	3,3	358,1	696,7	11VM	1
		ВО	ПД	1,5	1,5	2,25	1,3	46	1		10			1,1	148,01						500x720	
		ПД				7	0,24	21	0,6					1	21,168							

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
107	Інвен тар	ПД				3,5	0,24	14	0,6	-		-		1	7,056	7,056	3,5	3,3	54,49	62,61		
108	Сан. Вузо л	ПД				8,4	0,24	16	0,6	-		-		1	19,354	19,354	8,4	3,3	149,5	171,7		
109	Гігіє на	ПД				4,2	0,24	19	0,6	-		-		1	11,491	296,81	4,2	3,3	88,75	601,8	11VM	1
		ЗС	ПД	3	3,3	9,9	0,3	44	1		10			1,1	143,75						500x600	
		ВО	ПД	1,5	1,5	2,25	1,3	44	1		10			1,1	141,57							
110	Кори дор	ЗС	ПН	11,9	3,3	39,3	0,3	39	1	10	10			1,2	551,35	1590,6	20,23	3,3	877,4	3191	11VM	4
		ВО	ПН	1,5	1,5	9	1,3	39	1	10	10			1,2	547,56					422	500x800	
		ПД				20,2	0,24	14	0,6					1	40,784							
		ДВ	ЗХ	2,5	2	5	1,25	39	1	5			80	1,9	450,94							
111	Елек троси	ЗС	ПД	2,5	3,3	8,25	0,3	39	1		10			1,1	106,18	253,27	10,7	3,3	464,1	755,3	11VM	1
		ВО	ПД	1,5	1,5	2,25	1,3	39	1		10			1,1	125,48						500x720	
		ПД				10,7	0,24	14	0,6					1	21,612							
112	опал пунк т	ЗС	ПД	3,46	3,3	11,4	0,3	39	1		10			1,1	146,95	302,27	14,8	3,3	641,9	989,5	11VM	1
		ВО	ПД	1,5	1,5	2,25	1,3	39	1		10			1,1	125,48						500x1000	
		ПД				14,8	0,24	14	0,6					1	29,837							
113	Тамб ур	ЗС	ПН	2,54	3,3	8,38	0,3	31	1	10	10	5		1,3	97,441	576,14	5,4	3,3	186,2	848,7	11VM	
		ЗС	СХ	1,5	3,3	4,95	0,3	31	1	10	10	5		1,3	57,544							
		ПД	-	-	-	5,32	0,24	6	0,6					1	4,5965							
		ДВ	ПН	2,5	2	5	1,25	31	1	10	10		95	2,2	416,56							

Таблиця 1.2. Теплотехнічний розрахунок приміщень другого поверху

№	Назва приміщення	Назва з.к.	Орієнтація	Розміри з.к.		Площа, м <sup>2</sup>	К, Вт/м <sup>2</sup>	Різниця температур, dt	Поправ. Коefіцієнт, N	Додаткові					Тепловитрати з.к.	Тепловитрати приміщень	Площа приміщень, м	Висота приміщень, м	Тепловитрати на вентиляцію	Заг. Тепловитрати	Радіатори				
				тепловитрати з.к. %, на :						Тепловитрати	Тепловитрати	Тепловитрати	Тепловитрати	Тепловитрати							Тип	К-сть			
				орієнтац	вітер																		Зовн. стіни	Двері	Загалі
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
201	Гардеро	ЗС	ПН	12,9	3,3	42,6	0,3	44	1	10	10	5		1,25	702,4	3128	77,4	3,3	3787	6916	11VM	8			
		ЗС	ПД	12,9	3,3	42,6	0,3	44	1		10	5		1,15	646,2						500x920=988				
		ВО	ПД	1,5	1,5	18	1,3	44	1		10			1,1	1133										
		Д				77,4	0,19	44	1					1	647,1										
202	Коридор	ЗС	ПН	11,98	3,3	39,5	0,3	39	1	10	10			1,2	555,1	1632	20,4	3,3	884,8	2517	11VM	4			
		ВО	ПН	1,5	1,5	9	1,3	39	1	10	10			1,2	547,6							500x600=645			
		Д				20,4	0,19	39	0,6					1	90,52										
		ДВ	СХ	2,5	2	5	1,25	39	1				80	1,8	438,8										
203	Душова	ЗС	ПД	2,5	3,3	8,25	0,3	46	1		10			1,1	125,2	344,1	10,7	3,3	547,4	891,5	11VM	1			
		ВО	ПД	1,5	1,5	2,25	1,3	46	1		10			1,1	148							500x920=988			
		Д				10,7	0,24	46	0,6					1	70,88										
204	Сан.	ЗС	ПД	3	3,3	9,9	0,3	41	1		10			1,1	133,9	325,9	12,8	3,3	583,6	909,5	11VM	1			
		ВО	ПД	1,5	1,5	2,25	1,3	41	1		10			1,1	131,9							500x920=988			
		Д				12,8	0,19	41	0,6					1	60,01										
205	Гардеро	ЗС	ПД	6	3,3	19,8	0,3	44	1		10			1,1	287,5	699,4	25,68	3,3	1257	1956	11VM	2			
		ВО	ПД	1,5	1,5	4,5	1,3	44	1		10			1,1	283,1							500x920=988			
		Д				25,7	0,19	44	0,6					1	128,8										

Таблиця 1.3. Теплотехнічний розрахунок сховової клітини

Орієнтація	Розміри з.к.		Площа, м <sup>2</sup>	K, Вт/м <sup>2</sup>	Різниця температур. dt	Поправ. Коefіцієнт, N	Додаткові					Тепловитрати з.к.	Тепловитрати приміщень	Площа приміщень, м <sup>2</sup>	Висота приміщень, м	Тепловитрати на вентиляцію	Заг. Тепловитрати	Радіатори							
	Ширина	Висота					тепловтрати з.к. %, на :											Тепловитрати з.к.	Тепловитрати приміщень	Площа приміщень, м <sup>2</sup>	Висота приміщень, м	Тепловитрати на вентиляцію	Заг. Тепловитрати	Тип	К-сть
							орієнтацію	вітер	Зовн.с тини	Двері	Загальні														
			20,1	0,24	6	0,6					1	17,37	2071,9	25,2	3,3	168,15	2972,8	11VM	3						
ЗХ	6,7	3,3	49,83	0,3	37	1	5	10	5		1,2	663,7					422	500x100 0=1074							
ПН	3	3	9	0,3	37	1	10	10	5		1,25	124,9													
ПД	3	6	18	0,3	37	1		10	5		1,15	229,8													
			25,2	0,19	37	1					1	177,2													
ПД	1,5	1,5	6,75	1,3	37	1		10	5		1,15	373,4													
ПН	2,5	2	5	1,25	37	1	10	10	5	95	2,1	485,6													
			20,1	0,24	6	0,6					1	17,37	2122,7	25,2	3,3	168,15	3031,2	11VM	3						
СХ	6,7	3,3	49,83	0,3	37	1	10	10	5		1,25	691,4					422	500x100 0=1074							
ПН	3	3	9	0,3	37	1	10	10	5		1,25	124,9													
ПД	3	6	18	0,3	37	1		10	5		1,15	229,8													
			25,2	0,19	37	1					1	177,2													
ПД	1,5	1,5	6,75	1,3	37	1		10	5		1,15	373,4													
ПН	2,5	2	5	1,25	37	1	10	10	5	95	2,2	508,8													

## Додаток В

Таблиця 1.1. Гідрравлічний розрахунок системи опалення

№	Q, Вт	G	l, м	d, м	v, м/с	Re	$\lambda$	$\sum \xi$	P, Па
1	35604	1530,97	4,4	0,032	0,6	55491,3	0,02096	2,5	951
2	19162	823,966	3	0,026	0,5	37572,3	0,02304	1,5	510
3	17014	731,602	4,3	0,026	0,5	37572,3	0,02304	1	590
4	13190	567,17	6,1	0,026	0,4	30057,8	0,02429	1	526
5	9795	421,185	5,8	0,02	0,4	23121,4	0,02594	1	669
6	6101	262,343	5,6	0,02	0,3	17341,0	0,02779	1	388
7	2148	92,364	9,2	0,016	0,2	9248,6	0,03241	4	445
8	1074	46,182	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	1,5	161
8a	1074	46,182	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	190
7a	2148	92,364	7,6	0,016	0,2	9248,6	0,03241	8	459
6a	6101	262,343	5,6	0,02	0,3	17341,0	0,02779	1	388
5a	9795	421,185	5,8	0,02	0,4	23121,4	0,02594	1	669
4a	13190	567,17	6,8	0,026	0,4	30057,8	0,02429	7	1049
3a	17014	731,602	4,3	0,026	0,5	37572,3	0,02304	3	836
2a	19162	823,966	6,2	0,026	0,5	37572,3	0,02304	2	920
1a	35604	1530,97	1	0,032	0,6	55491,3	0,02096	1,5	381
9	3824	164,432	2,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	2	283
10	1848	79,464	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	1	151
11	3395	145,985	2,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	2	283
12	1419	61,017	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	1	151
13	3694	158,842	2,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	2	283
14	1976	84,968	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	1	151
15	3953	169,979	2,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	2	283
16	1977	85,011	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	2	171
17	559	24,037	0,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	1,5	41
18	2148	92,364	5,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	4	289
19	1074	46,182	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	1,5	161
20a	1976	84,968	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	190
21a	3824	164,432	0,2	0,016	0,3	13872,8	0,02938	1	60
22a	1976	84,968	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	190
23a	3395	145,985	0,2	0,016	0,3	13872,8	0,02938	1	60
24a	1976	84,968	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	190
25a	3694	158,842	0,2	0,016	0,3	13872,8	0,02938	1	60
26a	1976	84,968	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	190
27a	3953	169,979	0,2	0,016	0,3	13872,8	0,02938	1	60
28a	1074	46,182	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	2,5	180
29a	2148	92,364	2,9	0,016	0,3	13872,8	0,02938	3	368

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	16442	707,006	4	0,026	0,4	30057,8	0,02429	2	451
21	15368	660,824	4,2	0,026	0,4	30057,8	0,02429	1	387
22	12360	531,48	6	0,026	0,3	22543,4	0,02602	1	310
23	9352	402,136	5,9	0,02	0,4	23121,4	0,02594	1	680
24	5658	243,294	5,6	0,02	0,3	17341,0	0,02779	1	388
25	1074	46,182	6,5	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	317
30a	1074	46,182	8,5	0,016	0,2	9248,6	0,03241	7	476
31a	5658	243,294	5,6	0,02	0,3	17341,0	0,02779	1	388
32a	9352	402,136	5,9	0,02	0,4	23121,4	0,02594	1	680
33a	12360	531,48	6	0,026	0,3	22543,4	0,02602	1	310
34a	15368	660,824	5	0,026	0,4	30057,8	0,02429	5	760
35a	16442	707,006	4,2	0,026	0,4	30057,8	0,02429	3,5	583
26	1074	46,182	2,4	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	154
27	3008	129,344	2,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	2	283
28	1718	73,874	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	1	151
29	3008	129,344	2,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	2	283
30	1718	73,874	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	1	151
31	3694	158,842	2,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	2	283
32	1718	73,874	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	1	151
33	4584	197,112	2,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	2	283
34	2608	112,144	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	1	151
35	1074	46,182	2,4	0,016	0,2	9248,6	0,03241	1,5	125
36a	1074	46,182	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	190
37a	1290	55,47	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	190
38a	3008	129,344	0,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	1	77
39a	1290	55,47	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	190
40a	3008	129,344	0,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	1	77
41a	1976	84,968	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	190
42a	3694	158,842	0,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	1	77
43a	1976	84,968	3,3	0,016	0,2	9248,6	0,03241	3	190
44a	4584	197,112	0,4	0,016	0,3	13872,8	0,02938	1	77

## Додаток Г

Таблиця 1.1. Аеродинамічний розрахунок припливної системи вентиляції 1-го поверху

№ Ділянки	L [м <sup>3</sup> /год]	Довжин a[м]	a, [м]	b, [м]	a×b, [м]	F, [м <sup>2</sup> ]	V, [м/с]	Σξ	ΔP [Па]	P.дин[Па]	λ/d	d	re	λ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-2	279,3	2,3	0,150	0,100	0,015	0,013	5,17	1,200	26,80	16,05	0,2045	0,12	41370,37	0,02454
2-3	558,5	2,3	0,200	0,150	0,030	0,026	5,17	1,600	30,50	16,05	0,1309	0,17143	59100,53	0,02245
3-4	837,8	2,3	0,200	0,200	0,040	0,039	5,82	1,200	29,32	20,31	0,1059	0,2	77569,444	0,02119
4-5	1117,0	4,2	0,250	0,200	0,050	0,052	6,21	1,600	45,89	23,11	0,0919	0,22222	91934,156	0,02043
5-6	1575,0	1,8	0,250	0,300	0,075	0,073	5,83	1,600	35,31	20,42	0,0719	0,27273	106060,61	0,0196
6-7	2033,0	1,8	0,300	0,300	0,090	0,094	6,27	1,600	40,48	23,62	0,0631	0,3	125493,83	0,01892
7-8	2491,0	1,8	0,400	0,300	0,120	0,115	5,77	4,000	81,74	19,95	0,0541	0,34286	131798,94	0,01854
8-9	2791,0	1,8	0,400	0,300	0,120	0,129	6,46	1,200	32,45	25,04	0,0531	0,34286	147671,96	0,01822
9-10	3091,0	3,5	0,400	0,300	0,120	0,143	7,16	3,600	116,21	30,72	0,0523	0,34286	163544,97	0,01794

Таблиця 1.2. Аеродинамічний розрахунок відгалуджень припливної системи вентиляції 1-го поверху

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
11-1	279,3	0,3	0,150	0,100	0,015	0,013	5,17	2,000	32,91	16,05	0,2045	0,12	41370,37	0,02454
12-5	458,0	2,5	0,200	0,100	0,020	0,021	6,36	2,000	59,08	24,28	0,1734	0,13333	56543,21	0,02312
13-8	300,0	0,5	0,150	0,100	0,015	0,014	5,56	2,000	38,91	18,52	0,2021	0,12	44444,444	0,02425

Таблиця 1.3. Аеродинамічний розрахунок припливної системи вентиляції 2-го поверху

№ Ділянки	L [м <sup>3</sup> /год]	Довжин a[м]	a, [м]	b, [м]	axb, [м]	F, [м <sup>2</sup> ]	V, [м/с]	Σξ	ΔP [Па]	P.дин[Па]	λ/d	d	re	λ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-2	256,3	2,3	0,100	0,100	0,010	0,012	7,12	1,200	53,56	30,40	0,2443	0,1	47453,704	0,02443
2-3	512,5	2,3	0,200	0,100	0,020	0,024	7,12	1,600	60,56	30,40	0,1705	0,13333	63271,60	0,02273
3-4	768,8	2,3	0,200	0,200	0,040	0,036	5,34	1,600	31,59	17,10	0,1074	0,2	71180,556	0,02148
4-5	1025,0	5,0	0,250	0,200	0,050	0,047	5,69	1,600	40,19	19,46	0,0932	0,22222	84362,14	0,02071
5-6	1304,0	2,0	0,250	0,250	0,063	0,060	5,80	1,600	35,48	20,15	0,0802	0,25	96592,593	0,02005
6-7	1583,0	2,0	0,250	0,300	0,075	0,073	5,86	1,600	35,96	20,62	0,0718	0,27273	106599,33	0,01958
7-8	1862,0	4,5	0,300	0,300	0,090	0,086	5,75	1,600	37,41	19,82	0,0639	0,3	114938,27	0,01918
8-9	2141,0	1,5	0,350	0,300	0,105	0,099	5,66	1,600	32,48	19,25	0,0584	0,32308	121994,3	0,01888
9-10	2420,0	3,5	0,400	0,300	0,120	0,112	5,60	1,600	33,71	18,83	0,0543	0,34286	128042,33	0,01863
10-11	2699,0	4,0	0,400	0,350	0,140	0,125	5,36	2,800	51,57	17,21	0,0492	0,37333	133283,95	0,01837

Таблиця 1.4. Аеродинамічний розрахунок відгалуджень припливної системи вентиляції 2-го поверху

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12-1	256,3	0,5	0,100	0,100	0,010	0,012	7,12	2,000	64,51	30,40	0,2443	0,1	47453,704	0,02443
13-5	279,0	2,5	0,100	0,100	0,010	0,013	7,75	2,000	93,82	36,04	0,2413	0,1	51666,667	0,02413

Таблиця 1.5. Аеродинамічний розрахунок витяжної системи вентиляції 2-го поверху

№ Ділянки	L [м <sup>3</sup> /год]	Довжин a[м]	a, [м]	b, [м]	a <b>x</b> b, [м]	F, [м <sup>2</sup> ]	V, [м/с]	Σξ	ΔP [Па]	P.дун[Па]	λ/d	d	re	λ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-2	180,1	1,2	0,100	0,100	0,010	0,008	5,00	1,200	22,68	15,02	0,2583	0,1	33356,481	0,02583
2-3	360,3	1,2	0,200	0,100	0,020	0,017	5,00	1,600	27,28	15,02	0,1803	0,13333	44475,31	0,02403
3-4	540,4	1,2	0,200	0,150	0,030	0,025	5,00	1,200	20,40	15,02	0,1317	0,17143	57182,54	0,02257
4-5	720,5	1,8	0,200	0,200	0,040	0,033	5,00	1,200	20,96	15,02	0,1086	0,2	66712,963	0,02172
5-6	1025,0	4,5	0,250	0,200	0,050	0,047	5,69	1,600	39,29	19,46	0,0932	0,22222	84362,14	0,02071
6-7	1250,0	2,6	0,250	0,250	0,063	0,058	5,56	1,600	33,52	18,52	0,0808	0,25	92592,593	0,02019
7-8	1491,5	1,8	0,250	0,250	0,063	0,069	6,63	1,200	35,37	26,37	0,0785	0,25	110481,48	0,01964
8-9	1733,0	1,8	0,250	0,300	0,075	0,080	6,42	1,200	32,81	24,72	0,0708	0,27273	116700,34	0,01931
9-10	1974,5	1,8	0,300	0,300	0,090	0,091	6,09	1,600	38,19	22,28	0,0634	0,3	121882,72	0,01901
10-11	2216,0	1,8	0,300	0,300	0,090	0,103	6,84	1,200	36,83	28,07	0,0622	0,3	136790,12	0,01867
11-12	2457,5	1,8	0,300	0,300	0,090	0,114	7,58	1,200	45,23	34,52	0,0613	0,3	151697,53	0,01839
12-13	2699,0	4,5	0,400	0,300	0,120	0,125	6,25	2,800	71,20	23,42	0,0534	0,34286	142804,23	0,01831
14-15	101,5	0,8	0,100	0,100	0,010	0,005	5,20	1,200	22,80	16,22	0,2566	0,1	34666,667	0,02566
15-16	203,0	0,6	0,100	0,100	0,010	0,009	5,64	1,200	25,79	19,08	0,2532	0,1	37592,593	0,02532
16-5	304,5	0,2	0,150	0,100	0,015	0,014	5,64	1,600	31,29	19,08	0,2016	0,12	45111,111	0,0242
17-6	225,0	1,8	0,100	0,100	0,010	0,010	6,25	1,200	38,64	23,44	0,2492	0,1	41666,667	0,02492

Таблиця 1.6. Аеродинамічний розрахунок припливної системи вентиляції 2-го поверху

№ Ділянки	L [м <sup>3</sup> /год]	Довжин a[м]	a, [м]	b, [м]	a <b>х</b> b, [м]	F, [м <sup>2</sup> ]	V, [м/с]	Σξ	ΔP [Па]	P.дун[Па]	λ/d	d	re	λ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-2	201,7	1,0	0,100	0,100	0,010	0,009	5,60	1,200	27,36	18,83	0,2535	0,1	37342,593	0,02535
2-3	403,3	2,0	0,200	0,100	0,020	0,019	5,60	1,600	36,78	18,83	0,1769	0,13333	49790,12	0,02359
3-4	595,5	0,9	0,200	0,150	0,030	0,028	5,51	1,200	24,01	18,24	0,1296	0,17143	63010,582	0,02221
4-5	787,6	1,5	0,200	0,200	0,040	0,036	5,47	1,200	24,42	17,95	0,1070	0,2	72925,926	0,0214
5-6	1106,9	5,0	0,250	0,200	0,050	0,051	6,15	1,600	46,75	22,69	0,0921	0,22222	91102,058	0,02046
6-7	1416,9	1,7	0,250	0,250	0,063	0,066	6,30	1,600	41,27	23,79	0,0792	0,25	104954,81	0,01979
7-8	1685,4	2,5	0,250	0,250	0,063	0,078	7,49	1,200	46,89	33,67	0,0771	0,25	124843,7	0,01928
8-9	1953,9	2,5	0,250	0,300	0,075	0,090	7,24	1,600	55,74	31,42	0,0695	0,27273	131575,08	0,01896
9-10	2222,4	2,5	0,300	0,300	0,090	0,103	6,86	1,200	38,27	28,23	0,0622	0,3	137184,57	0,01867
10-11	2490,9	2,5	0,300	0,300	0,090	0,115	7,69	1,200	47,98	35,46	0,0612	0,3	153758,64	0,01836
11-12	2789,9	1,8	0,400	0,300	0,120	0,129	6,46	1,600	42,43	25,02	0,0531	0,34286	147613,23	0,01822
12-13	3091,0	5,0	0,400	0,300	0,120	0,143	7,16	1,200	44,90	30,72	0,0523	0,34286	163544,44	0,01794
14-13	106,4	0,8	0,100	0,100	0,010	0,005	5,10	1,200	21,94	15,61	0,2574	0,1	34000	0,02574
13-12	212,8	1,1	0,100	0,100	0,010	0,010	5,91	1,200	30,95	20,96	0,2513	0,1	39407,407	0,02513
12-5	319,2	0,3	0,150	0,100	0,015	0,015	5,91	1,600	34,80	20,96	0,2001	0,12	47288,889	0,02401
15-16	10,0	1,6	0,100	0,100	0,010	0,000	5,10	1,200	25,16	15,61	0,2574	0,1	34000	0,02574
16-17	160,0	0,8	0,100	0,100	0,010	0,007	5,15	1,200	22,37	15,91	0,2570	0,1	34333,333	0,0257
17-6	310,0	0,5	0,150	0,100	0,015	0,014	5,74	1,600	33,63	19,77	0,2010	0,12	45925,926	0,02413

Адміністративно-побутові приміщення виробничого комплексу

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 6-1-1  
на Адміністративно-побутові приміщення виробничого комплексу  
Адміністративно-побутові приміщення виробничого комплексу**

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 1412,028 тис. грн.  
Кошторисна трудомісткість 4,21 тис.люд.-год.  
Кошторисна заробітна плата 89,368 тис. грн.  
Середній розряд робіт 3,9 розряд

Складений в поточних цінах станом на "21 грудня" 2025 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										тих, що обслуговують машини	
					заробітної плати	в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати		на одиницю	всього	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Розділ 1. Опалення</b>											
1	C331-6-2	Перевезення устаткування та будівельних машин транспортом загального призначення на відстань 10 км	т	1,18	<u>34,43</u> -	<u>34,43</u> -	41	-	<u>41</u> -	-	-
2	E46-29-2	Пробивання в цегляних стінах гнізд розміром до 260x260 мм	100шт	0,35	<u>2671,81</u> 1750,89	<u>920,92</u> 275,10	935	613	<u>322</u> 96	<u>87,94</u> 16,94	<u>30,78</u> 5,93
3	E16-14-5	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 50 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	0,054	<u>6967,02</u> 4173,67	<u>978,33</u> 382,47	376	225	<u>53</u> 21	<u>200,08</u> 23,7533	<u>10,8</u> 1,28

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	E16-14-4	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 40 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	0,601	<u>17139,57</u> 4860,63	<u>480,23</u> 180,34	10301	2921	<u>289</u> 108	<u>229,6</u> 11,1495	<u>137,99</u> 6,7
5	E16-14-3	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 32 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	0,458	<u>13049,66</u> 3645,47	<u>399,58</u> 147,99	5977	1670	<u>183</u> 68	<u>172,2</u> 9,1445	<u>78,87</u> 4,19
6	E16-14-2	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 25 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	1,295	<u>29387,67</u> 4478,73	<u>645,80</u> 246,79	38057	5800	<u>836</u> 320	<u>211,56</u> 15,2947	<u>273,97</u> 19,81
7	E18-6-2	Установлення радіаторів сталевих	100кВт	0,356	<u>15463,04</u> 1883,16	<u>408,16</u> 127,21	5505	670	<u>145</u> 45	<u>96,92</u> 7,4618	<u>34,5</u> 2,66
8	E16-15-2	Установлення вентилів, засувок, затворів, клапанів зворотних, кранів прохідних на трубопроводах із сталевих труб діаметром до 50 мм	шт	29	<u>82,48</u> 49,12	<u>16,71</u> 3,23	2392	1424	<u>485</u> 94	<u>2,41</u> 0,1814	<u>69,89</u> 5,26
9	E18-2-2	Установлення котлів сталевих жаротрубних пароводогрійних на твердому паливі теплопродуктивністю до 0,31 МВт [0,27 Гкал/год]	шт	2	<u>41579,99</u> 1784,88	<u>513,64</u> 153,76	83160	3570	<u>1027</u> 308	<u>87,58</u> 8,99	<u>175,16</u> 17,98
10	E16-1-1	Прокладання у траншеях труб чавунних напірних розтрубних діаметром до 65 мм	100м	0,15	<u>9741,87</u> 1353,33	<u>319,24</u> 93,07	1461	203	<u>48</u> 14	<u>65,6</u> 5,4712	<u>9,84</u> 0,82
11	E18-10-6	Установлення баків розширювальних круглих і прямокутних місткістю 0,5 м3	шт	1	<u>1045,07</u> 272,88	<u>22,54</u> 6,84	1045	273	<u>23</u> 7	<u>14,22</u> 0,3917	<u>14,22</u> 0,39
12	E18-3-1	Установлення водопідігрівників швидкісних одnoseкційних поверхнею нагріву однієї секції до 4 м2	шт	1	<u>543585,76</u> 290,37	<u>109,48</u> 30,82	543586	290	<u>109</u> 31	<u>13,92</u> 1,8316	<u>13,92</u> 1,83
13	E18-17-5	Установлення повітрозбірників зі сталевих труб зовнішнім діаметром до 159 мм	шт	2	<u>257,04</u> 37,55	<u>8,65</u> 2,73	514	75	<u>17</u> 5	<u>1,82</u> 0,1602	<u>3,64</u> 0,32

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	E18-13-1	Установлення насосів відцентрових з електродвигуном, маса агрегату до 0,1 т	шт	4	<u>1216,02</u> 429,38	<u>33,37</u> 8,71	4864	1718	<u>133</u> 35	<u>21,32</u> 0,5002	<u>85,28</u> 2
15	E16-15-2	Установлення вентилів, засувок, затворів, клапанів зворотних, кранів прохідних на трубопроводах із сталевих труб діаметром до 50 мм	шт	34	<u>117,17</u> 49,12	<u>16,71</u> 3,23	3984	1670	<u>568</u> 110	<u>2,41</u> 0,1814	<u>81,94</u> 6,17
16	E18-22-2	Установлення манометрів з триходовим краном	комплект	1	<u>588,02</u> 7,74	-	588	8	-	<u>0,36</u> -	<u>0,36</u> -
17	E15-172-4	Олійне фарбування білилами з додаванням кольору ґрат, рам, труб діаметром менше 50 мм і т.п. за два рази	100м2	0,0075	<u>2435,67</u> 1969,78	<u>1,43</u> 0,44	18	15	-	<u>106,59</u> 0,0266	<u>0,8</u> -
18	E26-1-1	Ізоляція трубопроводів діаметром 25 мм конструкціями теплоізоляційними комплектними на основі циліндрів мінераловатних на синтетичному зв'язуючому, товщина ізоляційного шару 40 мм	10м	1,5	<u>1135,29</u> 196,08	<u>11,41</u> 3,55	1703	294	<u>17</u> 5	<u>9,12</u> 0,2128	<u>13,68</u> 0,32
19	E16-29-1	Гідравлічне випробування трубопроводів систем опалення, водопроводу і гарячого водопостачання діаметром до 50 мм	100м	2,558	<u>222,55</u> 207,31	<u>4,28</u> 0,24	569	530	<u>11</u> 1	<u>8,22</u> 0,015	<u>21,03</u> 0,04
20	E46-33-5	Закладення бетоном в бетонних стінах і перегородках отворів, гнізд і борозен площею до 0,1 м2	м3	0,35	<u>3407,76</u> 2169,44	<u>49,91</u> 15,55	1193	759	<u>17</u> 5	<u>124,11</u> 0,931	<u>43,44</u> 0,33
21	E4-8-3	Роторне буріння свердловин із прямою промивкою установками з дизельним двигуном глибиною буріння до 50 м у ґрунтах групи 3	100м	4,2	<u>13863,51</u> 2662,71	<u>10895,58</u> 2753,91	58227	11183	<u>45761</u> 11566	<u>132,21</u> 149,9559	<u>555,28</u> 629,81
22	E16-14-3	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 32 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	4,8	<u>23004,03</u> 3645,47	<u>399,58</u> 147,99	110419	17498	<u>1918</u> 710	<u>172,2</u> 9,1445	<u>826,56</u> 43,89

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23	E16-29-1	Гідравлічне випробування трубопроводів систем опалення, водопроводу і гарячого водопостачання діаметром до 50 мм	100м	4,8	<u>222,55</u> 207,31	<u>4,28</u> 0,24	1068	995	<u>21</u> 1	<u>8,22</u> 0,015	<u>39,46</u> 0,07
24	C331-46	Перевезення допоміжних матеріалів на відстань 10 км	т	0,031	<u>35,27</u> -	<u>35,27</u> -	1	-	<u>1</u> -	-	-
Разом прямі витрати по розділу 1							875984	52404	<u>52025</u> 13550		<u>2521,41</u> 749,8
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. <b>Всього будівельні роботи, грн.</b>							875984				
-----							771555				
							65954				
							50524				
							337,97				
							10924				
							<b>926508</b>				
<b>Всього по розділу 1</b>							<b>926508</b>				
<b>Розділ 2. Вентиляція</b>											
25	C331-6-2	Перевезення устаткування та будівельних машин транспортом загального призначення на відстань 30 км	т	0,96	<u>79,29</u> -	<u>79,29</u> -	76	-	<u>76</u> -	-	-
26	E20-30-1	Установлення кронштейнів під вентиляційне устаткування	100кг	9,657	<u>674,62</u> 169,83	<u>38,67</u> 8,98	6515	1640	<u>373</u> 87	<u>8,53</u> 0,5244	<u>82,37</u> 5,06
27	E46-29-2	Пробивання в цегляних стінах гнізд розміром до 260x260 мм	100шт	0,12	<u>2671,81</u> 1750,89	<u>920,92</u> 275,10	321	210	<u>111</u> 33	<u>87,94</u> 16,94	<u>10,55</u> 2,03
28	E20-3-2	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,5 мм, периметром до 600 мм	100м2	0,2025	<u>22458,61</u> 4963,73	<u>109,11</u> 34,88	4548	1005	<u>22</u> 7	<u>261,8</u> 2,0876	<u>53,01</u> 0,42
29	E20-3-3	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,5 мм, периметром 800, 1000 мм	100м2	0,1692	<u>22025,07</u> 4544,71	<u>95,56</u> 30,66	3727	769	<u>16</u> 5	<u>239,7</u> 1,8349	<u>40,56</u> 0,31

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30	E20-3-9	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,7 мм, периметром 900 мм	100м <sup>2</sup>	0,1991	<u>23049,07</u> 4544,71	<u>95,56</u> 30,66	4589	905	<u>19</u> 6	<u>239,7</u> 1,8349	<u>47,72</u> 0,37
31	E20-3-10	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,7 мм, периметром від 1100 до 1600 мм	100м <sup>2</sup>	0,5976	<u>51846,04</u> 3932,30	<u>87,01</u> 27,99	30983	2350	<u>52</u> 17	<u>207,4</u> 1,6753	<u>123,94</u> 1
32	E20-10-1	Установлення повітророзподільників, призначених для подавання повітря у робочу зону, масою до 20 кг	шт	19	<u>570,37</u> 42,19	<u>6,00</u> 1,93	10837	802	<u>114</u> 37	<u>2,07</u> 0,1153	<u>39,33</u> 2,19
33	E20-11-2	Установлення ґрат жалюзійних площею у просвіті до 1 м <sup>2</sup>	ґрати	30	<u>169,48</u> 45,85	<u>8,33</u> 2,15	5084	1376	<u>250</u> 65	<u>2,36</u> 0,1291	<u>70,8</u> 3,87
34	E20-34-1	Установлення агрегатів повітряно-опалювальних масою до 0,25 т	шт	2	<u>204329,12</u> 241,74	<u>56,43</u> 16,74	408658	483	<u>113</u> 33	<u>12,75</u> 0,9723	<u>25,5</u> 1,94
35	E16-29-1	Гідравлічне випробування трубопроводів систем опалення, водопроводу і гарячого водопостачання діаметром до 50 мм	100м	4	<u>222,55</u> 207,31	<u>4,28</u> 0,24	890	829	<u>17</u> 1	<u>8,22</u> 0,015	<u>32,88</u> 0,06
36	C331-46	Перевезення допоміжних матеріалів на відстань 10 км	т	27,1	<u>35,27</u> -	<u>35,27</u> -	956	-	<u>956</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -
Разом прямі витрати по розділу 2							477184	10369	<u>2119</u> 291		<u>526,66</u> 17,25
Разом будівельні роботи, грн.							477184				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							464696				
всього заробітна плата, грн.							10660				
Загальновиробничі витрати, грн.							8337				
трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.							56,59				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							1830				
<b>Всього будівельні роботи, грн.</b>							<b>485521</b>				
-----											
<b>Всього по розділу 2</b>							<b>485521</b>				
Разом прямі витрати по кошторису							1353168	62773	<u>54144</u> 13841		<u>3048,07</u> 767,05
Разом будівельні роботи, грн.							1353168				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. <b>Всього будівельні роботи, грн.</b>					1236251 76614 58860 394,56 12754 <b>1412028</b>				
		----- <b>Всього по кошторису</b>					<b>1412028</b>				
		<b>Кошторисна трудоємність, люд.год.</b> <b>Кошторисна заробітна плата, грн.</b>					<b>4210</b> <b>89368</b>				

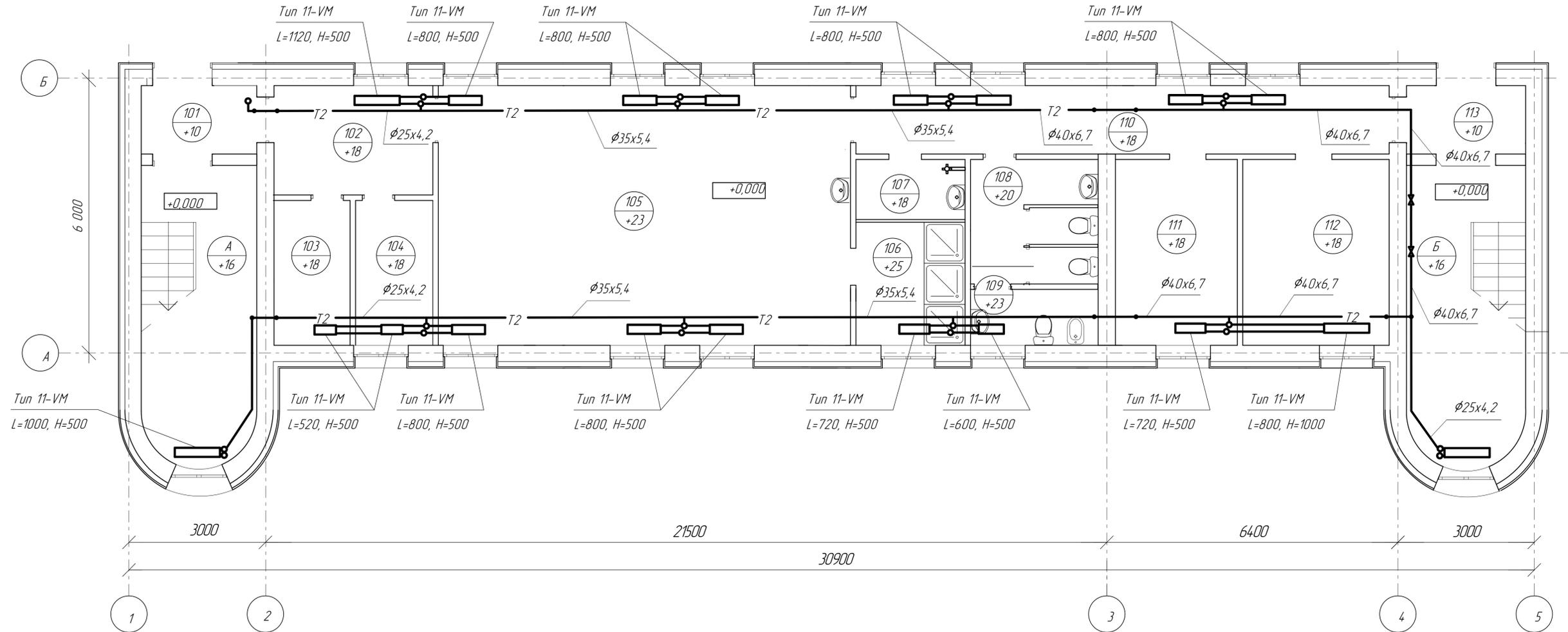
Склав

\_\_\_\_\_  
[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Перевірив

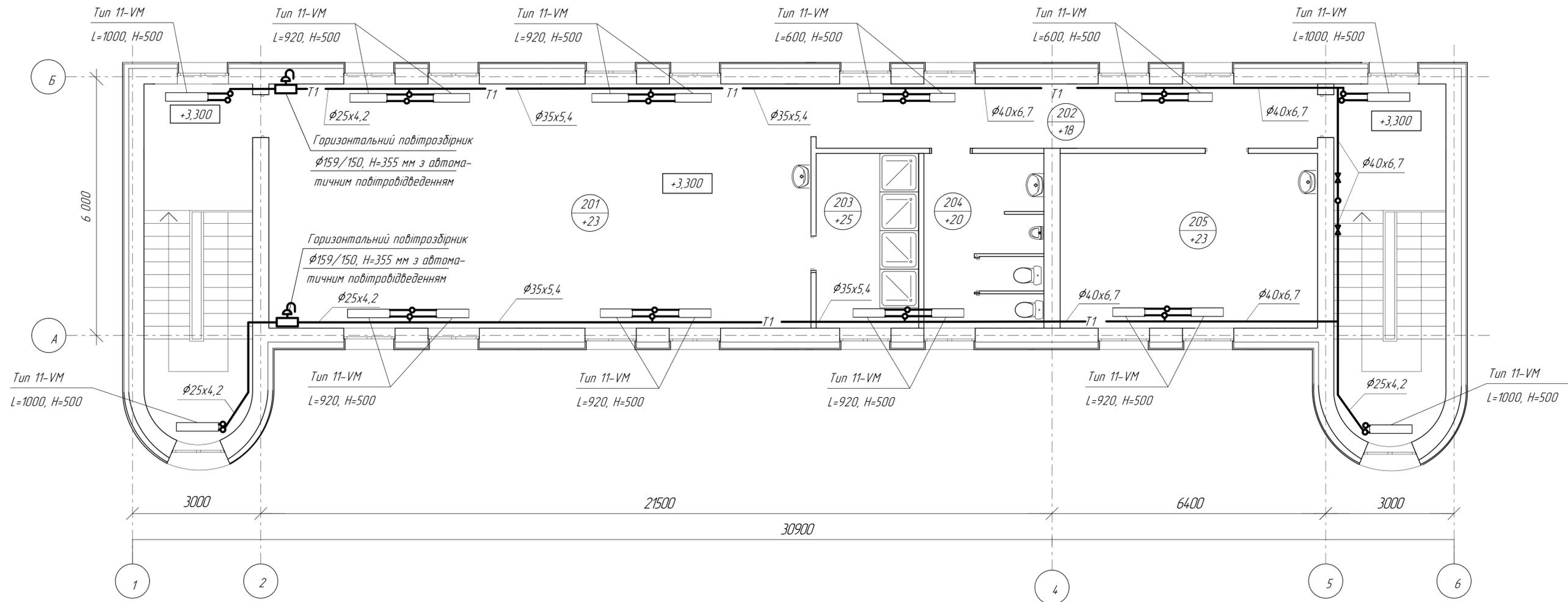
\_\_\_\_\_  
[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Схема розміщення елементів системи опалення на 1-му поверсі



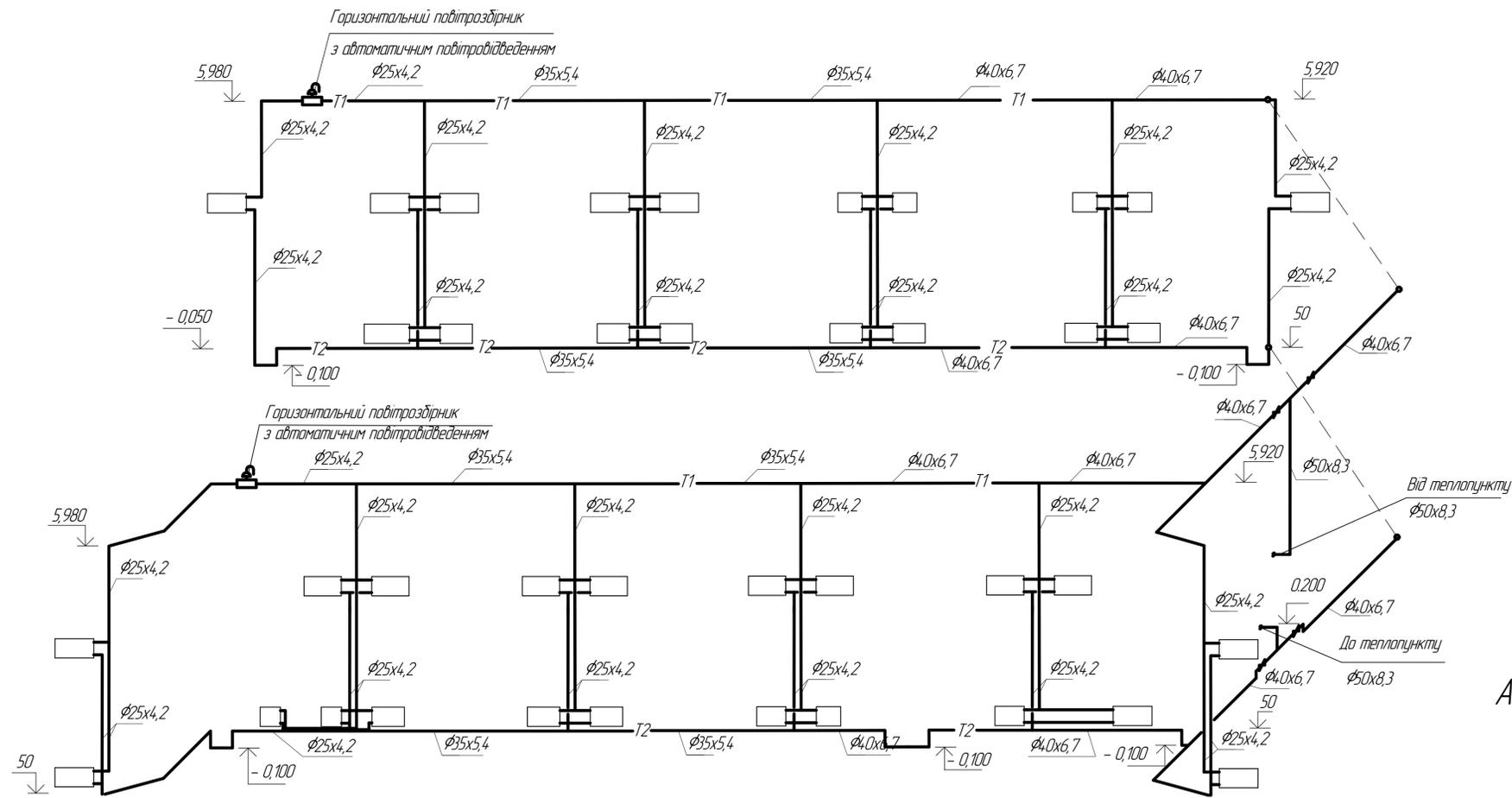
				08-13.МКР.002.01.000.08		
				Енергоефективна система забезпечення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу		
Зм.	Арх.	№ вказ.	Підпис	Дата	Стор.	Лист
Розробив	Бондар А. А.				п	10
Перевірив	Паньков О. Д.					
Тех. контроль	Паньков О. Д.					
Рецензент	Бондар А. В.				ВНТУ, зр. ТГ-24м	
Затвердив	Ратушняк Г. С.				Схема розміщення елементів системи опалення на 1-му поверсі	

Схема розміщення елементів системи опалення на 2-му поверсі

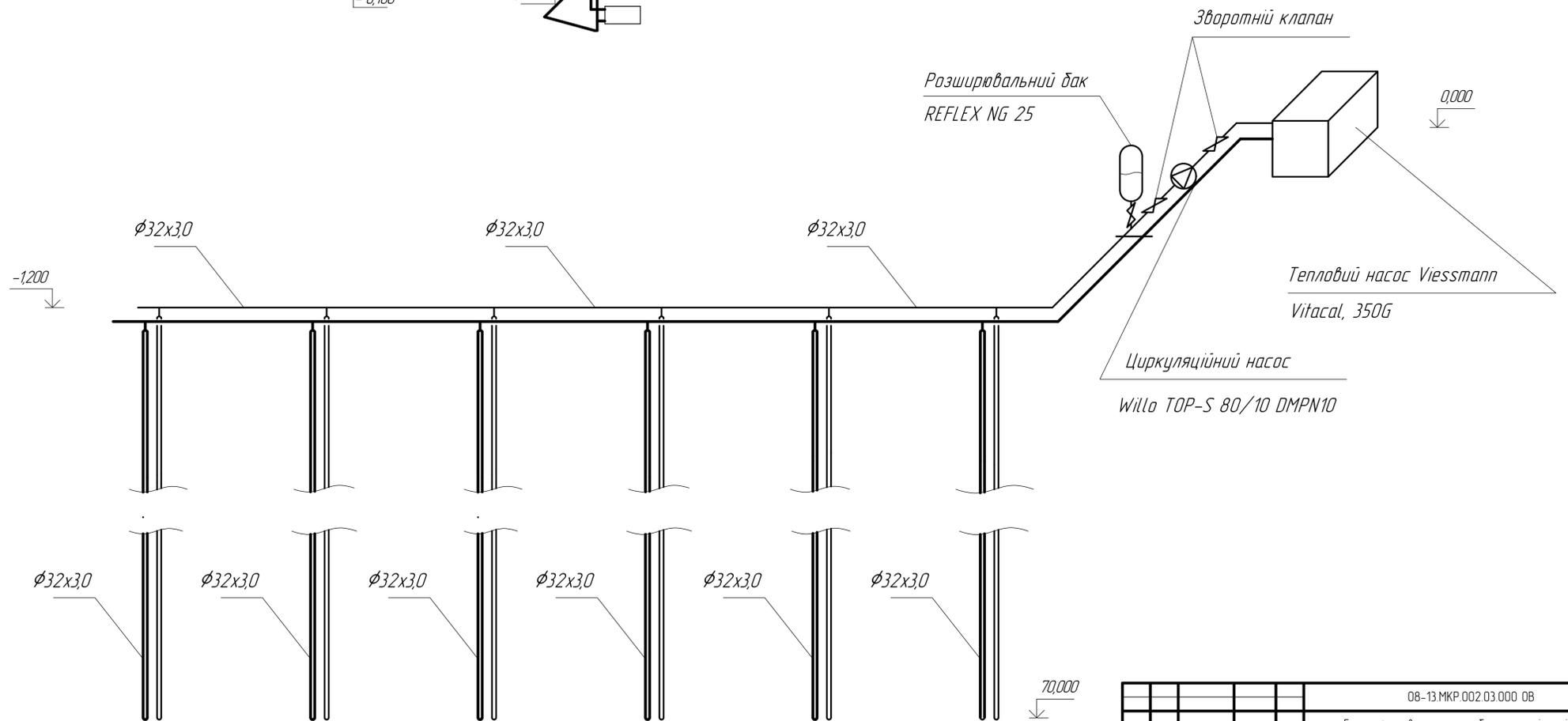


				08-13.МКР.002.02.000.0В		
				Енергоефективна система забезпечення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу		
Зм.	Арх.	№ вказ.	Підпис	Дата	Система опалення	
Розробив	Бондар А. А.				Стан	Лист
Перевірив	Паньков О. П.				п	2
Наяв. контроль	Паньков О. П.				10	
Рецензент	Бондар А. В.				Схема розміщення елементів системи опалення на 2-му поверсі	
Затвердив	Ратушняк Г. С.				ВНТУ, зр. ТГ-24м	

# АксонOMETРИЧНА СХЕМА СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

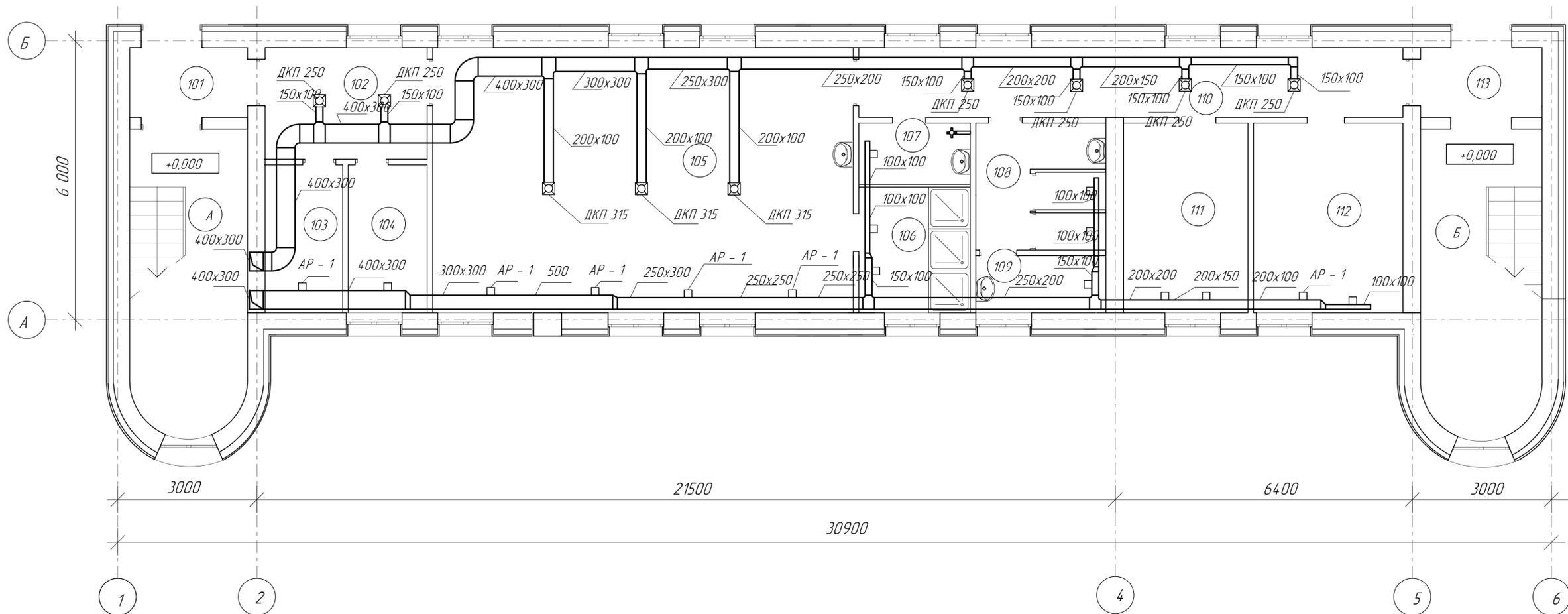


АксонOMETРИЧНА СХЕМА СИСТЕМИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА



				08-13.МКР.002.03.000.0В			
				Енергоєфективна система забезпечення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу			
Зм.	Арх.	№ вказ.	Підпис	Дата	Стр.	Лист	Листів
Розробив	Бондар А. А.				Система опалення		
Перевірив	Панкевич О. П.				п	3	10
Норм. контроль	Панкевич О. П.				АксонOMETРИЧНА СХЕМА СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ НА ТЕПЛООВОГО НАСОСУ		
Рецензент	Бондар А. В.				ВНТУ, зр. ТГ-24м		
Затвердив	Ратушняк Г. С.						

Схема розміщення елементів системи вентиляції на 1-му поверсі



08-13.МКР.002.04.000.0В				
Енергоефективна система забезпечення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу				
Зм.	Арх.	№ вказ.	Підпис	Дата
Розробив	Бондар А. А.			
Перевірив	Паньків О. Д.			
Тех. контроль	Паньків О. Д.			
Рецензент	Бондар А. В.			
Затвердив	Ратушняк Г. С.			
Система опалення			Стр.	Лист
Схема розміщення елементів системи вентиляції на 1-му поверсі			п	4
			Листів	10
			ВНТУ, зр. ТГ-24м	

Схема розміщення елементів системи вентиляції на 2-му поверсі

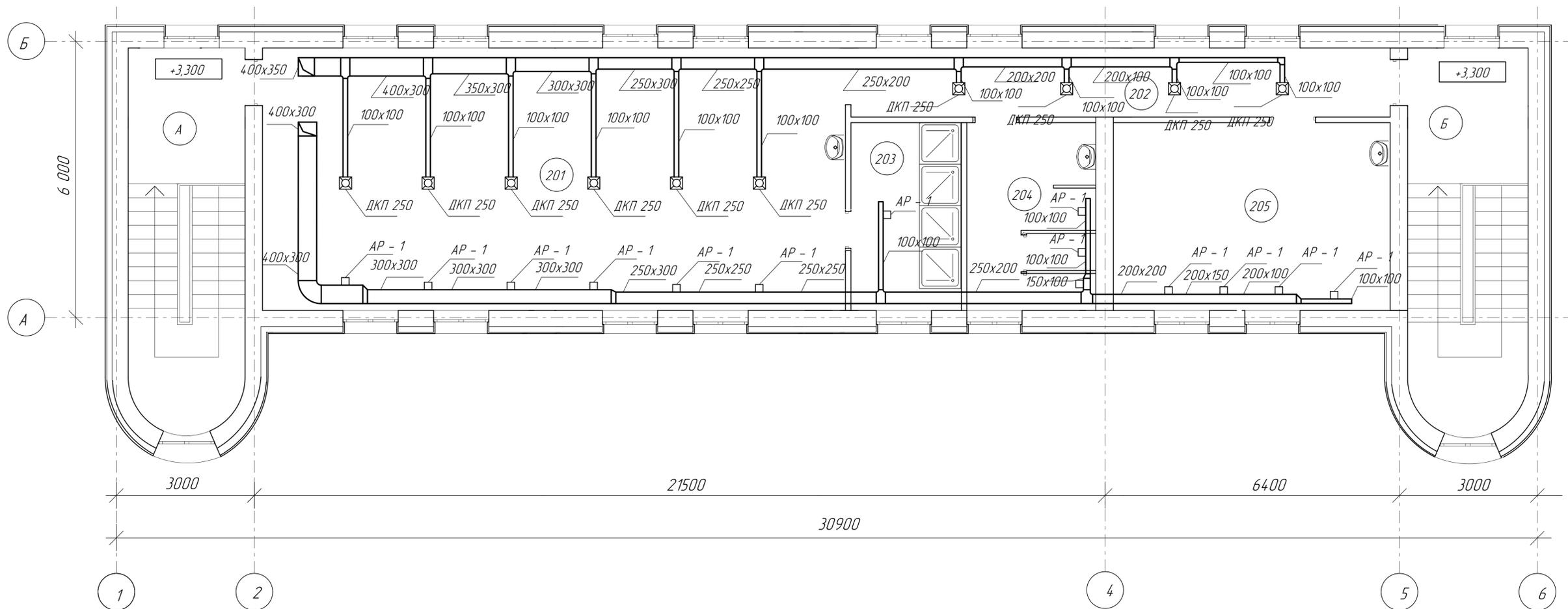
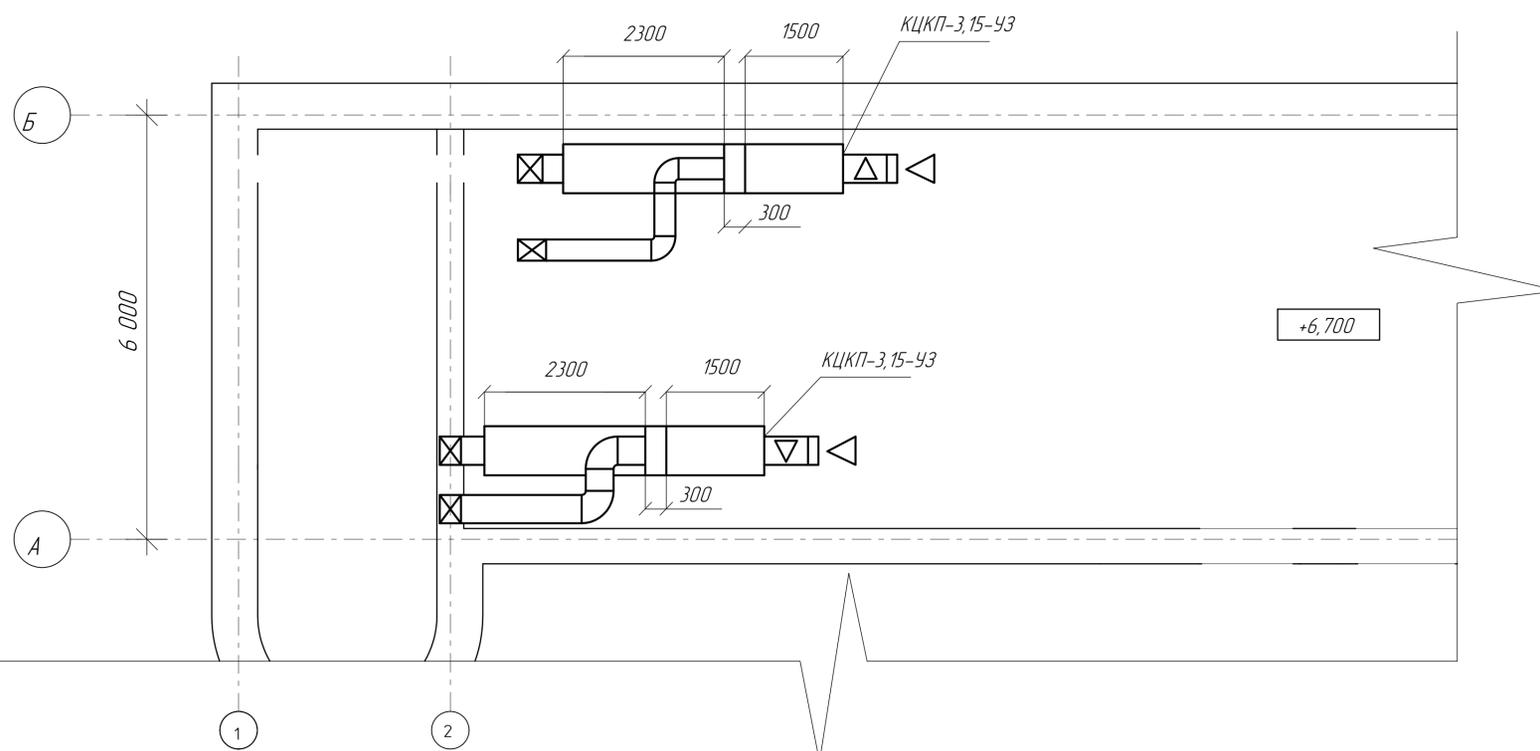


Схема розміщення елементів системи вентиляції на даху



				08-13.МКР.002.05.000.0В		
				Енергоефективна система забезпечення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу		
Зм.	Арх.	№ вказ.	Підпис	Дата	Стор.	Лист
Розробив	Бондар А. А.				п	5
Перевірив	Паньков О. Д.					10
Техн. контроль	Паньков О. Д.					
Рецензент	Бондар А. В.				Схема розміщення елементів системи вентиляції на 2-му поверсі	
Затвердив	Ратушняк Г. С.				ВНТУ, зр. ТГ-24м	

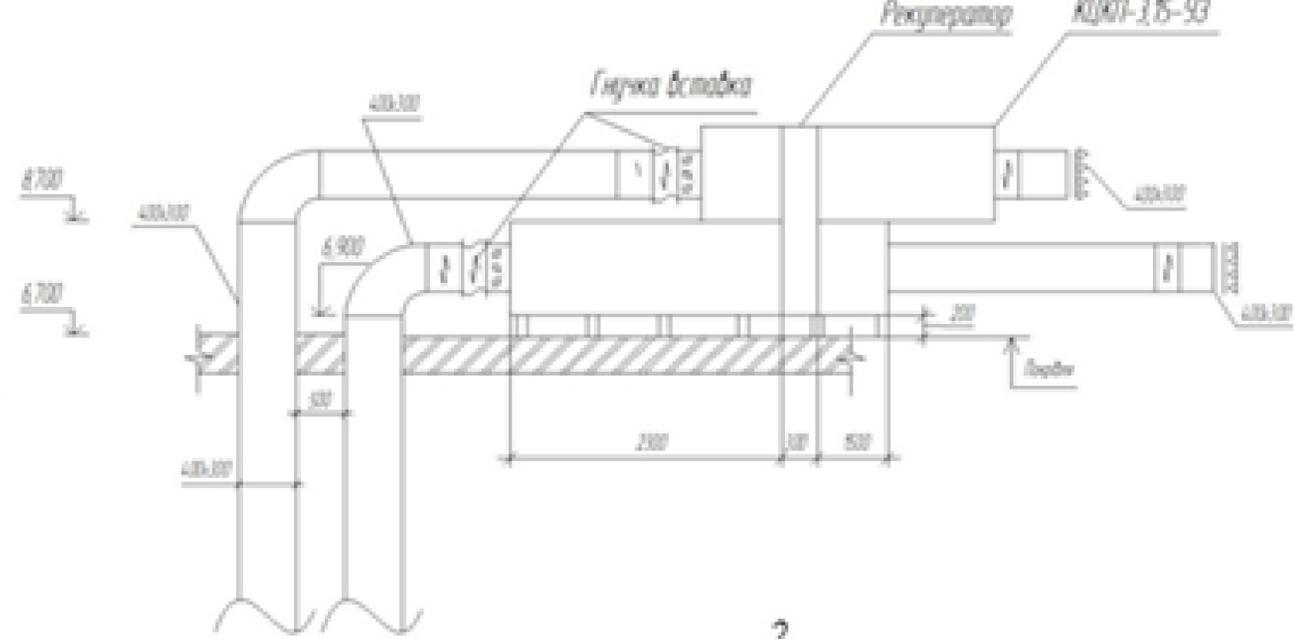
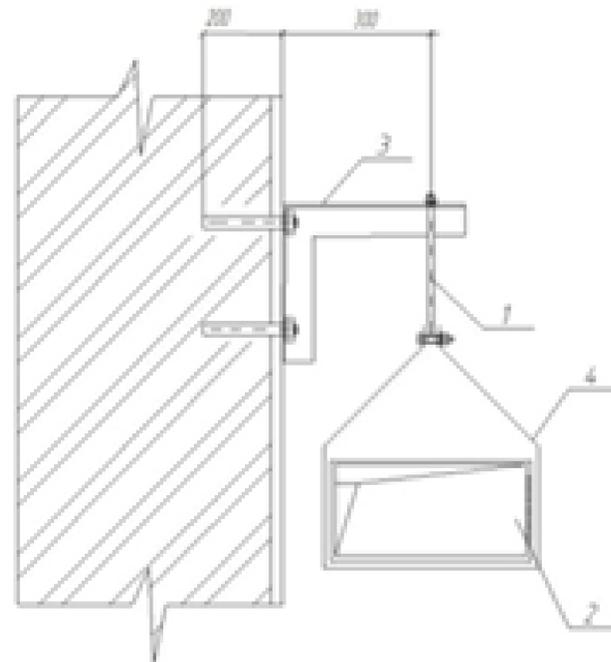
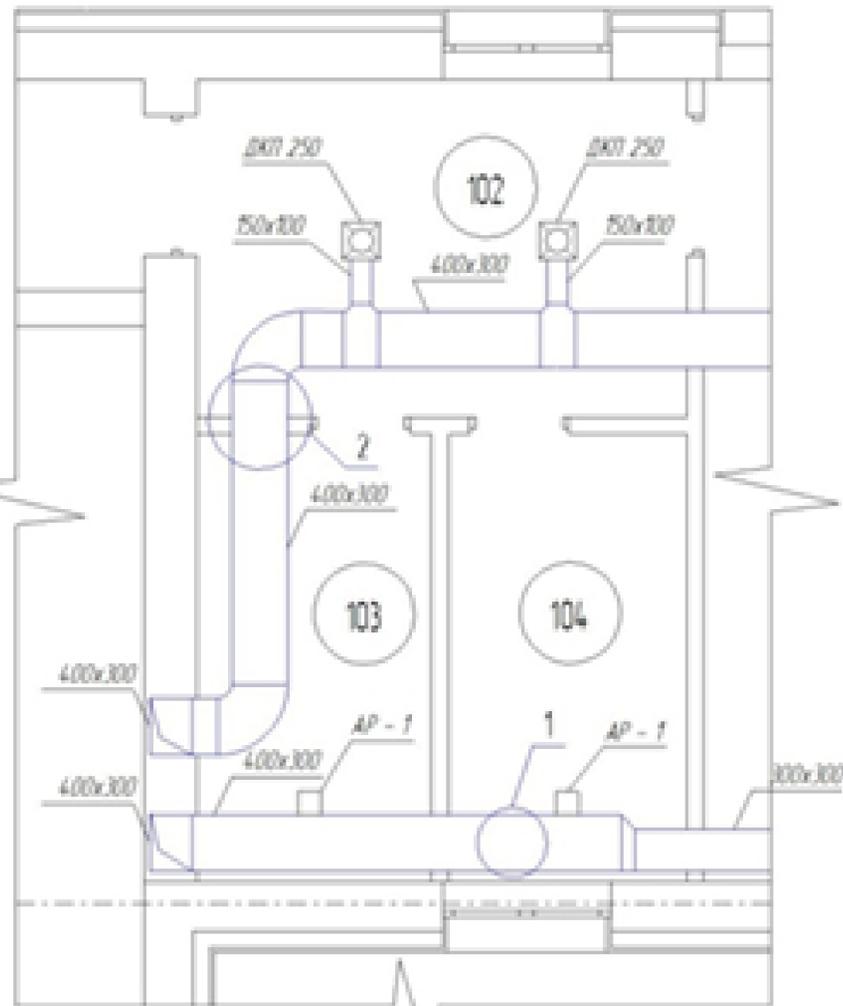




# Фрагмент системи вентиляції М 150

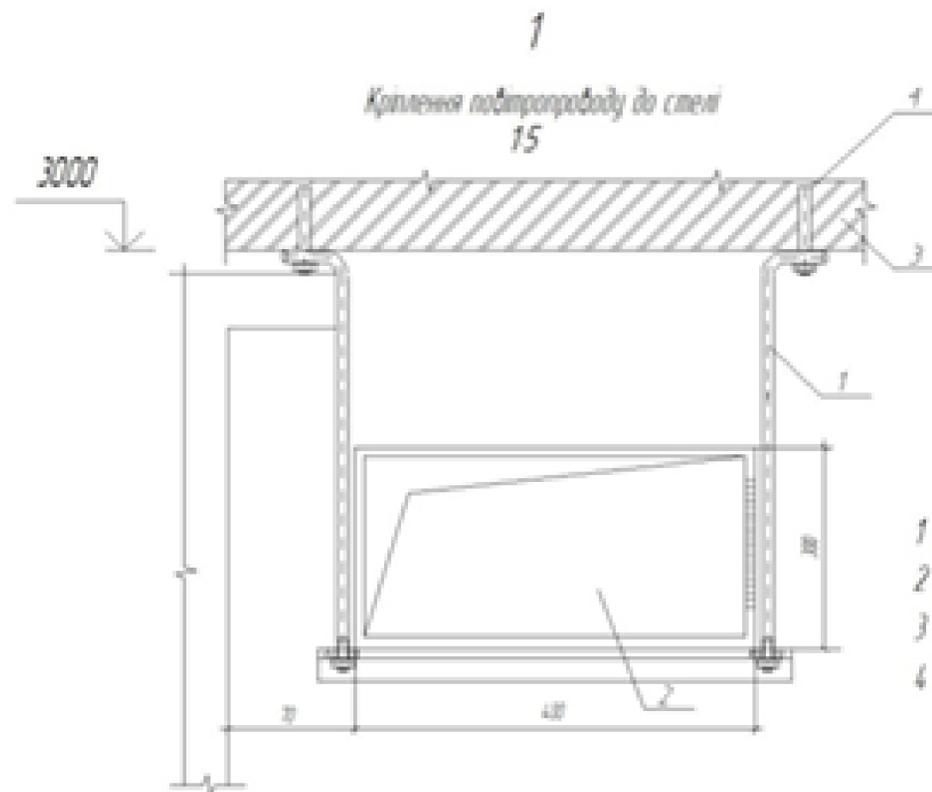
## Кріплення підтробоводу за допомогою кронштейна з підвіскою 15

## Монтаж прилітно-витяжної установки на даху 1:10



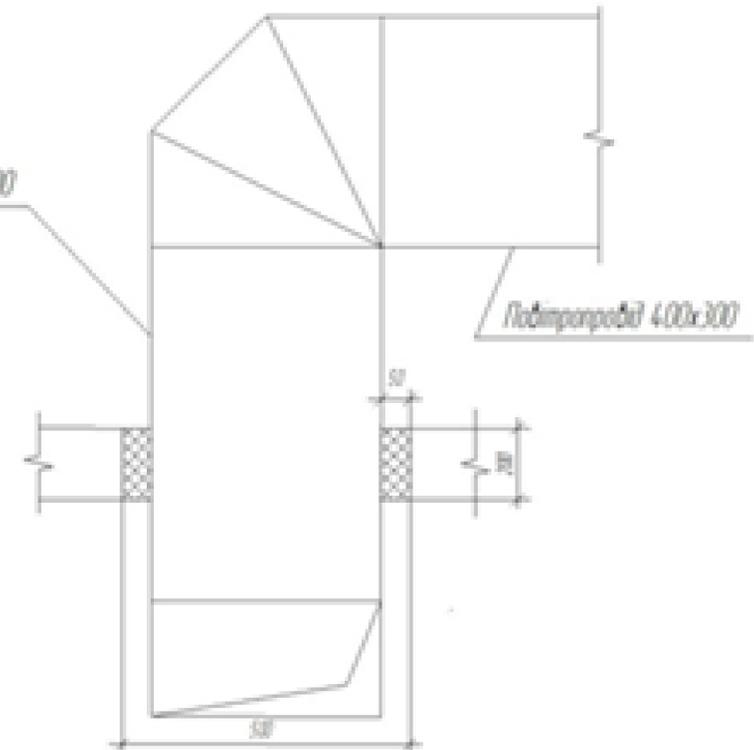
- 1 Тяга
- 2 Прямокутний підтробовід
- 3 Кронштейн
- 4 Хомут

## Прохід підтробоводу через огорожувачу конструкцію 15

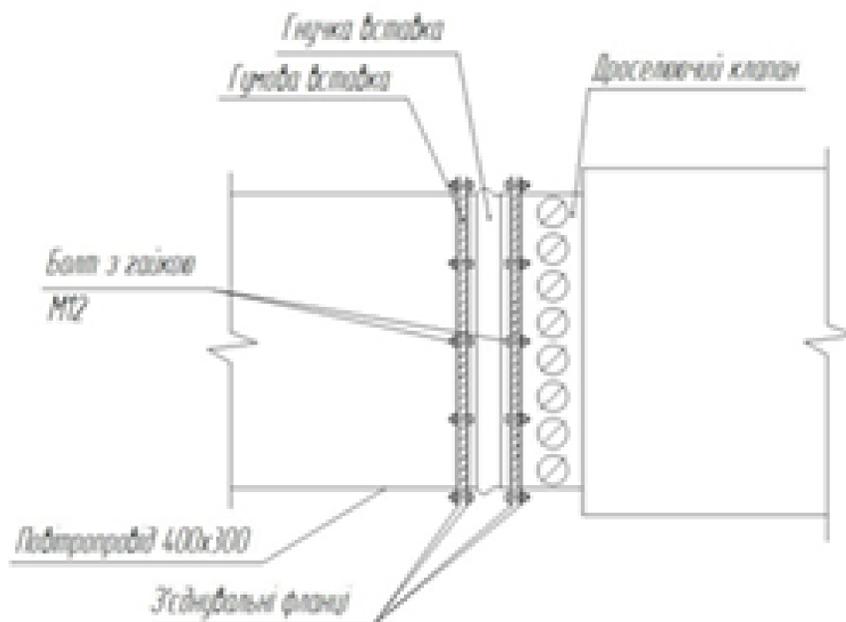


Підтробовід 400x300

- 1 Кронштейн
- 2 Підтробовід
- 3 Перекриття
- 4 Анкер к80/9



Вузол приєднання підтробоводу до прилітно-витяжної установки



08-13 МКР 002.08.000.08				
Енергоєфективна система забезпечення мікроклімату в адміністративно-побутових приміщеннях виробничого комплексу				
Зм.	Ак.	№ вказ.	Підпис	Дата
Розробив	Брайчик А. А.			
Перевірив	Тажедін О. Д.			
Техн. контроль	Тажедін О. Д.			
Рецензент	Байдар А. В.			
Затвердив	Ратушняк Г. С.			
Система опалення			Стр.	Лист
Фрагмент системи вентиляції, монтаж прилітно-витяжної установки, проходження підтробоводу через бід. констр.			п	8 10
			ВНТУ, зр. ТГ-24м	



