

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

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ
ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ
ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ**

Виконала студентка 2 – курсу, групи
ТГ-23м Спеціальності 192 – Будівництво
та цивільна інженерія

Волинець Вікторія Андріївна
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., професор кафедри

ІСБ Коц І.В.
(прізвище та ініціали)

«2» грудня 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент

Попович М.М.
(прізвище та ініціали)

«18» 12 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ІСБ
к.т.н. проф. Ратушняк Г.С.
(прізвище та ініціали)

«17» 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання

Кафедра інженерних систем у будівництві

Рівень вищої освіти II-й магістерський

Галузь знань 19 Архітектура та будівництво
(шифр і назва)

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма "Теплогазопостачання і вентиляція"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСБ

к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.

«17» грудня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Волинець Вікторії Андріївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Енергоефективні системи теплохолодопостачання і вентиляції громадської будівлі

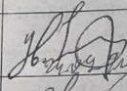
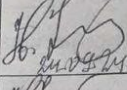
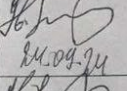
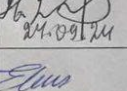
Керівник проєкту (роботи) Коц І.В., к.т.н., проф. каф. ІСБ

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "17" 09 2024 року № 310

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 03.12.2024
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) архітектурно-будівельні креслення будівлі загальною площею 971,1 м², термічний опір стін 3,4 м²°C/Вт, покриття 4,95 м²°C/Вт, вікон 0,75 м²°C/Вт, наукові публікації згідно тематики
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - 1 Аналітичний огляд систем мікроклімату у громадських будівлях
 - 2 Теоретичне та проєктне обґрунтування систем мікроклімату громадських будівель
 - 3 Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень систем мікроклімату громадських будівель
 - 4 Інноваційні енерготехнології у системах створення мікроклімату
 - 5 Техніко-економічні показники
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 - Плани поверхів з системами теплохолодопостачання та вентиляції
 - Схеми систем теплохолодопостачання та вентиляції
 - Календарний графік виконання монтажних робіт систем теплохолодопостачання та вентиляції

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітичний огляд систем мікроклімату громад. будівель	Коц І.В.	 24.09.24	 2.12.24
Теоретичне та проєктне обґрунтування систем мікроклімату	Коц І.В.	 24.09.24	 2.12.24
Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень	Коц І.В.	 24.09.24	 2.12.24
Інноваційні енерготехнології у системах	Коц І.В.	 24.09.24	 2.12.24
Техніко-економічні показники	Лялюк О.Г.	 24.09.24	 12.12.24

7. Дата видачі завдання 24.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Аналітичний огляд та техніко-економічне обґрунтування	5.10.24	20.10.24	виконано
2.	Теоретичне обґрунтування та розробка проєктних рішень	5.10.24	24.10.24	виконано
3	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень	03.11.24	12.11.24	виконано
4	Інноваційні енерготехнології	1.11.24	5.11.24	виконано
6	Оформлення графічної частини	1.11.24	30.11.24	виконано
7	Попередній захист	3.12.24	3.12.24	виконано
8	Виправлення зауважень та остаточне оформлення МКР	4.12.24	12.12.24	виконано
9	Захист МКР			

Магістрантка

Волинець В.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Коц І.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 692.232

Волинець В. А. Енергоефективні системи теплохолодостачання і вентиляції громадської будівлі. Магістерська робота зі спеціальності 192 - будівництво та цивільна інженерія, освітня програма – теплогазопостачання і вентиляція. Вінниця: ВНТУ, 2024. 144 с.

На укр.. мові. Бібліогр.: 19 назв; рис., 25 табл., 2 додатки.

У магістерській кваліфікаційній роботі наведені результати літературного пошуку; економічні та екологічні передумови розвитку теплонасосних технологій в Україні. Проведено аналіз використання низькопотенційних джерел теплоти в теплонасосних системах теплохолодопостачання і вентиляції.

Розроблено комбіновані схеми теплонасосного теплозабезпечення з використанням різних джерел. Здійснено термодинамічний аналіз цих схем в залежності від параметрів навколишнього середовища. Проведено порівняльний аналіз енергетичної ефективності всіх запропонованих рішень, визначено найбільш ефективну комбіновану схему.

Розраховано витрату роботи на привід компресора теплового насоса з використанням комбінованої схеми з рекуперацією вентиляційних викидів повітря в холодний період року тепlopостачання. Проаналізовано ефект від використання запропонованого рішення. Визначено кількість увімкнених теплових насосів в залежності від температури зовнішнього повітря. Проведено порівняння з базовою схемою теплонасосного тепlopостачання. Здійснено моделювання розподілу температури та швидкості припливного повітря в приміщеннях.

Ключові слова: тепловий насос, ґрунтовий колектор, низькотемпературні джерела енергії, тепло холодопостачання, вентиляція, геотермальна енергія, термодинамічна ефективність, вентиляційні викиди, атмосферне повітря, питомі затрати зовнішньої енергії.

ANNOTATION

Volynets V.A. Energy-efficient heating and cooling systems and ventilation of a public building. Master's thesis on specialty 192 - construction and civil engineering, educational program - heating and gas supply and ventilation. Vinnytsia: VNTU, 2024. 144 p.

In the Ukrainian language. Bibliography: 19 titles; fig., 25 tables, 2 appendices. The results of the literature search are given in the master's thesis; economic and ecological prerequisites for the development of heat pump technologies in Ukraine. An analysis of the use of low-potential heat sources in heat pump systems of heat and cold supply and ventilation was carried out.

Combined schemes of heat pump heat supply using various sources have been developed. A thermodynamic analysis of these schemes was carried out depending on the environmental parameters. A comparative analysis of the energy efficiency of all proposed solutions was carried out, and the most effective combined scheme was determined.

The cost of work on the heat pump compressor drive using a combined scheme with the recovery of ventilation air emissions in the cold period of the heat supply year is calculated. The effect of using the proposed solution is analyzed. The number of switched-on heat pumps is determined depending on the outside air temperature. A comparison was made with the basic scheme of heat pump heat supply. Modeling of the distribution of temperature and velocity of supply air in the premises was carried out.

Key words: heat pump, soil collector, low-temperature energy sources, heat and cold supply, ventilation, geothermal energy, thermodynamic efficiency, ventilation emissions, atmospheric air, specific external energy consumption.

Зміст

Вступ.....	6
1 Актуальність та проблематика впровадження теплонасосних технологій в системах теплохолодопостачання та вентиляції.....	9
1.1 Оцінка сучасного стану щодо застосування теплових насосів.....	9
1.2 Економічні та екологічні передумови розвитку теплонасосних технологій в Україні.....	19
1.3 Аналіз використання низькопотенційних джерел теплоти в теплонасосних системах.....	23
1.4 Аналіз ефективності комбінованої теплонасосної схеми теплохолодопостачання з використанням теплоти атмосферного повітря та стічних вод будинку.....	29
1.5 Висновки.....	40
2 Теоретичне та проектне обґрунтування систем мікроклімату громадських будівель.....	41
2.1 Технічне завдання.....	41
2.2 Обґрунтування технічних рішень	44
2.3 Визначення теплових надходжень в будівлю.....	45
2.3.1 Визначення кількості тепла, яке надходить через світлові пройми.....	45
2.3.2 Визначення кількості теплоти яка надходить в приміщення через покриття	45
2.3.3 Надходження теплоти від джерела штучного освітлення.....	47
2.3.4 Надходження теплоти та вологи від людей.....	47
2.4 Організація та розрахунок повітрообміну.....	48
2.5 Підбір і визначення кількості решіток.....	50
2.6 Конструювання та розрахунок системи вентиляції.....	51
2.6.1 Моделювання аеродинамічних режимів руху повітря у повітропроводах.....	51
2.6.2 Підбір обладнання.....	53
2.7 Визначення розрахункових температур зовнішнього повітря.....	54
2.8. Характеристика будівлі.....	55

2.9 Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій будівлі.....	55
2.9.1 Розрахунок зовнішніх стін	59
2.9.2 Підбір вікон.....	62
2.10 Розрахунок теплових втрат приміщень.....	62
2.11 Вибір опалювальних приладів.....	63
2.12 Гідравлічний розрахунок трубопроводів.....	64
2.13 Висновок.....	69
3 Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень систем мікроклімату громадських будівель.....	70
3.1 Вихідні дані.....	70
3.2 Аналіз конструктивних особливостей об'єкту.....	70
3.3 Визначення складу робіт.....	72
3.3.1 Визначення складу робіт по влаштуванню системи припливно-витяжної вентиляції.....	72
3.4. Визначення трудомісткості монтажних робіт та складання графіку виконання робіт, загальної тривалості робіт і складу бригад по влаштуванню системи вентиляції	74
3.5 Розрахунок витрат допоміжних ресурсів.....	77
3.5.1 Розрахунок витрати енергоносіїв.....	78
3.5.2 Визначення потреб у матеріально-технічних ресурсах.....	78
3.6 Отримання об'єкта під монтажні роботи.....	80
3.7 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів, пристосувань та конструкцій кріплень.....	81
3.8 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механічних пристосувань і конструкцій.....	82
3.8.1 Вимоги до монтажу.....	82
3.8.2 Монтаж повітроводів.....	82
3.8.3 Монтаж каналних вентиляторів.....	83
3.8.4 Монтаж припливно-витяжної установки.....	84
3.8.5 Монтаж вентиляційних решіток.....	84

3.8.6 Засоби для кріплення повітроводів.....	85
3.8.7 Загальні вимоги з техніки безпеки.....	85
3.8.8 Заходи по охороні праці на будівельному майданчику.....	85
3.9 Підготовка об'єкту під монтажні роботи.....	86
3.10 Визначення складу і об'ємів робіт системи тепло холодопостачання.....	87
3.10.1 Склад робіт.....	87
3.10.2 Монтаж трубопроводів і радіаторів.....	88
3.10.3 Випробовування трубопроводів.....	88
3.11 Визначення об'ємів робіт.....	89
3.12 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів, пристосувань, конструкції кріплень.....	90
3.12.1 Монтаж опалювальних приладів.....	90
3.13 Монтаж магістральних трубопроводів.....	91
3.14 Монтаж підводок.....	92
3.15 Підготовка до монтажу та монтаж.....	94
3.16 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань.....	95
3.17 Визначення трудомісткості монтажних робіт та складання графіку виконання робіт, загальної тривалості робіт і складу бригад.....	95
3.18 Визначення потреб у матеріально-технічних ресурсах.....	99
3.18.1 Потреби в інструменті.....	99
3.18.2 Витрати електроенергії.....	99
3.18.3 Витрата допоміжних матеріалів.....	101
3.19 Монтажне регулювання та здача систем в експлуатацію.....	101
3.21 Висновок.....	105
4.Інноваційні енерготехнології у системах створення мікроклімату.....	106
4.1 Сучасні засоби утилізації теплової енергії в системах вентиляції.....	106
4.2 Конструктивне виконання пластинчастих теплообмінників.....	111
4.3 Особливості роботи пластинчастих теплообмінників в умовах їх обмерзання	114
4.4 Методи боротьби з обмерзанням теплообмінників.....	118

4.5 Аналіз строків окупності пластинчастого і роторного теплоутилізатора ..	121
Висновки.....	124
5. Техніко-економічні показники.....	127
Висновок.....	131
Перелік літературних джерел.....	132
Додаток А Технічне завдання.....	136
Додаток Б Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкції.....	139
Додаток В Моделювання аеродинамічних процесів у повітропроводах	141

Вступ

Актуальність теми. Зробивши висновки з наслідків енергетичних криз, уряди більшості розвинених країн завчасно готували свою економіку для існування в епоху дефіциту запасів нафти і газу. Наприклад, за [1] в Швеції питання енергозбереження почали широко реалізовуватися з моменту нафтової енергетичної кризи 1970 року, і за 43 роки країні вдалося істотно знизити залежність енергетичної галузі промисловості від органічного і ядерного палива. Так, якщо в 1970 році більше 80% теплової енергії в Швеції вироблялося з викопного вуглеводневого палива, то вже до 2012 року в результаті впровадження енергозберігаючих технологій і переходу на нетрадиційні джерела енергії ця частка знизилася до 32%. А до 2035 року, за заявою міністра енергетики [1], спалювання газу, вугілля та рідкого палива буде повністю виключено з процесів генерації теплоти для комунальних потреб в системах тепло холодопостачання та гарячого водопостачання країни. Одним із шляхів досягнення таких результатів є широкомасштабне впровадження теплонасосних технологій.

Теплонасосні установки (ТНУ) є екологічно чистими, зручними в експлуатації, універсальними по виду низькопотенційного джерела і рівню виробленої потужності, повністю автоматизованими і з тривалим терміном служби.

Перераховані переваги теплонасосних установок зумовили їх широке поширення в світі. Десятки мільйонів одиниць успішно [2] працюючих в світі теплонасосних установок різного функціонального призначення зробили сьогодні цю технологію виробництва теплоти звичною, надійною і економічно доцільною для її користувачів.

Теплоту, що генерується в теплонасосній установці, раціонально використовувати, перш за все, в житлово-комунальному секторі економіки, де дороге і дефіцитне органічне паливо споживається у величезних кількостях.

В економіці України ці проблеми проявляються особливо гостро, так як для генерації теплоти комунального призначення, обсяг якої в загальному енергетичному балансі країни становить близько 55%, витрачається більше 27% споживаного палива [1]. До того ж ця галузь економіки є найбільш технічно відсталою з цілого ряду причин технічного, економічного та екологічного характеру. Зайві енерговитрати і величезні втрати теплоти призводять до необґрунтованого подорожчання комунальних тарифів і послуг і до небажаного соціального напруження в суспільстві.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Напрям, мета та задачі магістерської кваліфікаційної роботи відповідають змісту Держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри інженерних систем у будівництві ВНТУ № 93К2 від 01-01-2021 р. на тему: "Розробка наукових основ створення інноваційних енергозберігаючих процесів і технологій в галузі будівництва та цивільної інженерії" .

Мета і задачі дослідження

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є наукового обґрунтування та створення проєктних рішень по застосуванню в системах опалення та вентиляції сучасних енергозберігаючих технологій для забезпечення їх високоефективної роботи при мінімальних трудових та енергетичних затратах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- оцінити ефективність застосування рекуперації теплоти низько потенційних джерел;
- провести аналіз існуючих джерел теплоти для тепло насосних систем теплопостачання;
- виконати моделювання теплотехнічного режиму приміщень будівлі;
- виконати моделювання гідравлічних режимів системи тепло холодопостачання та аеродинамічний режим системи вентиляції;

- за результатами гідравлічного розрахунку підібрати змішуючі насоси системи опалення, необхідні діаметри трубопроводів, терморегулятори і балансувальні клапани;

- за результатами аеродинамічного розрахунку підібрати розміри повітропроводів та вентиляційні агрегати з рекуператорами для утилізації теплоти повітря, що видаляється системою вентиляції;

- розробити організаційно-технологічне рішення з монтажу систем;

- дослідити питання охорони праці під час виконання монтажних робіт;

- розрахувати техніко-економічні показники систем вентиляції та опалення.

Об’єкт дослідження – системи забезпечення нормативних мікрокліматичних показників приміщень з використанням альтернативних джерел енергії.

Предмет дослідження – процеси здійснення повітрообміну та забезпечення тепловою енергією громадської будівлі.

Наукова цінність одержаних результатів. Дістало подальший розвиток теоретичне обґрунтування доцільності використання рекуперації теплоти відпрацьованого вентиляційного повітря та каналізаційних стоків

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано конструктивні рішення систем мікроклімату з використанням рекуперації теплоти вентиляційних викидів та каналізаційних стоків. Розроблено принципову схему та конструктивно-технологічні рішення ресурсозберігаючої технології створення нормальних умов мікроклімату громадських будівель з використанням вторинних ресурсів.

Апробація та публікації. Основні положення і результати досліджень доповідалися й обговорювалися на міжнародній ЛІ науково – технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2022). – 3 с. Коц І.В. Волинець В.А. Калінік А.В. Сторожук Р.В. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ. [28] .

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПРОБЛЕМАТИКА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОНАСОСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛО ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ

1.1 Оцінка сучасного стану щодо застосування теплових насосів

Сьогоднішня економічна і енергетична ситуація в Україні і технічний рівень, досягнутий в світовому енергобудівництві, сприяє широкому застосуванню теплонасосних технологій в вітчизняному ЖКГ, промисловості, сільському господарстві, що дозволило б істотно знизити залежність країни від імпортованого газу. Але дані амбіції дуже часто розбиваються об бюрократичні та політичні фактори, від яких багато в чому залежить впровадження енергозберігаючих теплонасосних технологій. Піднімаються питання повернення до минулого, до переведення вітчизняних ТЕЦ і районних котельних на вугілля, або до збільшення видобутку газу з використанням ні технічно, ні економічно, ні екологічно не обґрунтованої і неперевіреної в достатній мірі для українських умов дорогої технології видобутку сланцевого газу, або застосування марнотратного електричного тепло холодопостачання. Все це вимагає великих додаткових капіталовкладень, яких сьогодні в Україні немає. Як результат, в Україні немає власного виробництва теплонасосного обладнання, що відповідає за технічною досконалістю світовим стандартам, відсутні законодавчі або економічні ініціативи впровадження ТНУ, не передбачено державне фінансування для реалізації пілотних проектів, які могли б бути хорошою рекламою і стимулом широкомасштабного застосування теплонасосної техніки.

Оцінюючи ситуацію, що склалася, можна констатувати, що впровадження теплонасосного обладнання в Україні, безсумнівно, відбудеться, проте в найближчі 4-6 років воно буде проходити в основному за рахунок застосування імпортової техніки. Практично вже сьогодні на українському ринку присутнє теплонасосне обладнання більшості світових виробників [2] і важливо

грамотно зорієнтувати вітчизняного споживача щодо умов ефективності використання схем теплопостачання на базі теплових насосів.

Питаннями проектування, виготовлення і впровадження теплонасосної техніки займаються найбільші енергетичні корпорації Японії, США, Канади, Китаю, країн ЄС. Міжнародне Енергетичне Агентство (МЕА, латинська аббревіатура IEA), куди асоційованими членами входять 28 енергетично розвинених країн і, метою діяльності якого є забезпечення світової енергетичної безпеки і пошук шляхів поліпшення екології планети, поступово стає головним координатором політики впровадження теплонасосних технологій. Агентством регулярно публікується міжнародний огляд «Перспективи енергетичних технологій» (Energy Technology perspectives, ETP), видається міжнародний журнал «Теплові насоси» і проводяться міжнародні конференції, симпозіуми, виставки і семінари, пов'язані з аналізом застосування передових теплонасосних технологій. По ряду програм, здійснюються роботи з наукових досліджень і прискорення впровадження інноваційних розробок в системи тепло холодопостачання, кондиціонування, вентиляції, гарячого водопостачання. Деякі з проектів в рамках цих Додатків фінансуються. Координується діяльність МЕА з Європейською асоціацією теплових насосів (ЕНРА), з регіональними національними комітетами практично всіх зацікавлених країн. Така політика дає можливість урядам країн, що входять і не входять в МЕА, об'єднувати ресурси і сприяти розробці і впровадженню передових теплонасосних технологій.

В оглядових доповідях, представлених в матеріалах трьох останніх конференцій МЕА (в 2014 році у Токіо в 2016 році у Лас-Вегасі, в 2018 році у Цюріху) одностайно відзначається, що, незважаючи на високий відсоток вже використовуваних теплових насосів, перспективи їх застосування « стабільно райдужні » [3, 4, 5].

Областями раціонального застосування теплових насосів є інженерні системи життєзабезпечення об'єктів житлового комплексу (котеджі, односімейні та багатоквартирні будинки), об'єктів соціального призначення (офісні будівлі, готелі, школи, лікарні, санаторії, спортивні комплекси, торгові та розважальні

центри), виробничих і адміністративних приміщень, об'єктів агропромислового комплексу, технологічні процеси промисловості.

Останні досягнення в створенні високотемпературних, потужних і високоефективних теплових насосів дозволяють говорити про можливість ширшої інтеграції останніх в сектори централізованого теплопостачання та енергетичного комплексу.

Однак найбільша увага в світі приділяється застосуванню теплонасосних технологій при генерації комунальної теплоти. У доповідях конференцій підкреслюється, що загальна світова тенденція в системах теплопостачання житлових будинків, як основного споживача енергоресурсів, характеризується стабільним збільшенням числа працюючих тут теплових насосів. Наприклад, за [4] збільшення частки впроваджених теплових насосів в системах тепло холодопостачання США з 24% в 1988 році до 42% в 2008 році в порівнянні з використанням традиційних теплогенераторів, що працюють на спалюванні органічного палива.

За період з 2020 року по 2030 рік в Німеччині очікується триразове збільшення продажів ТНУ і зниження продажу опалювальних котлів з 84% до 57% [5]. У Франції, за той же період часу, прогнозується зростання впровадження теплових насосів в системах тепло холодопостачання в два рази і зниження продажів котлів з 82% до 67% [5]. У 2010 році в Швеції було продано 127 570 теплових насосів [5]. Газових і рідкопаливних котлів було продано на 2000 менше. У Великобританії ринок теплових насосів показав стрімкий розвиток, досягнувши в 2010 році величини 18480 проданих одиниць [5].

На енергетичному ринку Європи з 2008 року Франція витіснила Швецію з першого місця по впровадженню теплонасосного обладнання, хоча у останньої досить стабільні показники його застосування були протягом 5 років.

Починають інтенсивно рости ринки теплових насосів в Східній Європі.

Цікаво зауважити, що на міжнародних виставках передові компанії з котлобудування в якості експоната номер один почали виставляти створені ними теплові насоси.

Зростання світового ринку теплових насосів, крім переваг даної технології в енергетичному та екологічному аспектах, пояснюється також:

посиленням вимог до енергоефективності теплоенергетичного обладнання і до термоізоляції будівель,

введенням урядами ряду країн пільгових законодавчих актів і національних програм, які заохочують впровадження енергозберігаючого та екологічно чистого обладнання, що використовує відновлювальні джерела енергії,

флуктуаціями цін на нафту, газ і перебоями з поставками природного вуглеводневого палива.

З аналізу оглядових доповідей трьох останніх міжнародних конференцій [3, 4, 5] випливає, що вектор виробництва теплонасосного обладнання в останні роки поступово переміщається на азійський континент. Японські компанії (Daikin, Mitsubishi Electric і Hitachi), південно-корейські (LG і Samsung), китайські (Midea і Gree) успішно вийшли на європейський ринок і зміцнюють тут свої позиції.

Світовий ринок продажів базується на повітряних теплових насосах типу «повітря-повітря» і «повітря-вода», де в якості джерела енергії використовується атмосферне повітря, на водяних типу «вода-вода» з використанням енергії води природних і штучних водойм і на геотермальних теплових насосах типу «вода-вода» або «розсіл-вода» з використанням енергії ґрунту та ґрунтових вод.

Геотермальні або ґрунтові теплові насоси (Geothermal heat pump або Ground-source heat pump), відбирають низькопотенційну теплоту, накопичену в приповерхневих шарах ґрунту за допомогою горизонтальних колекторів або тепло глибинних шарів за допомогою вертикальних зондів. Джерело доступне, досить універсальне, термічно стабільне і ефективне. На глибині декількох

метрів температура ґрунту практично не залежить від сезонних коливань температур зовнішнього повітря.

У країнах ЄС на 2009 рік встановлено понад мільйон геотермальних теплових насосів [5]. У Норвегії, наприклад, числа теплових насосів з ґрунтовими теплообмінниками в 2003- 2005 роках щорічно подвоювалося [5]. Зростає кількість діючих геотермальних установок в Канаді, США, де їх застосування активно підтримується урядом, істотна державна підтримка застосування геотермальних теплових насосів реалізується також в Китаї [5].

Інженери компанії «Данфосс» розробили і представили на ринок третє покоління геотермальних теплових насосів. Новий DHP-H / L Opti Pro + знімає низькопотенційну енергію з свердловин, горизонтальних колекторів, в водоймах. Револьюційна технологія дозволяє споживачам скоротити витрати на теплопостачання до 75% [6].

В останні роки велика увага приділяється вивченню питань експлуатації, вдосконалення конструкції ТН і систем відбору низькопотенційної теплоти, питань подальшого підвищення енергетичної ефективності ґрунтових ТНУ. Необхідно враховувати, що при багатьох перевагах ґрунтових теплових насосів, крім власної вартості ТНУ, замовник оплачує дорогі земельні роботи, вартість тисяч метрів поліетиленових труб, що укладаються в землю і тонни незамерзаючої рідини, яка використовується як теплоносій зовнішнього контуру. Крім того потрібна територія для розміщення системи відбору низькопотенційної теплоти. В результаті часто вартість робіт по організації системи відбору низько потенційного ґрунтового теплоти порівнянна з вартістю самого теплового насоса. Всі аспекти згадані вище, ставлять все нові й нові задачі для розробки нових та вдосконалення вже існуючих теплонасосних схем теплозабезпечення. Такі рішення можуть суттєво вплинути на капітальні разові витрати для інсталяції ТНУ, внаслідок підвищення енергоефективності роботи всієї схеми теплопостачання.

Зручним джерелом теплоти є природні незамерзаючі водойми, неглибоко залягаючі термальні води або стічні води техногенного характеру. Теплові

насоси з водою в якості джерела енергії (Water-source heat pump - WSHP), по конструкції багато в чому аналогічні ґрунтовим ТНУ. При використанні в якості джерела теплоти води водойми контур поліетиленових труб укладається на його дно. Коефіцієнт перетворення енергії тепловим насосом майже такий же, як при відборі теплоти від ґрунту, але система відбору низько потенційної теплоти від води менш витратна і більш ефективна, хоча має ряд особливостей, і довіряти її монтаж краще фахівцям з досвідом.

У Норвегії теплові насоси нового покоління Neat Pump [6], відбираючи теплоту з морської води, забезпечують централізоване теплопостачання багатьох приморських міст.

У повітряних теплових насосах (Air-source heat pump - ASHP) в якості джерела теплоти низького потенціалу використовують атмосферне повітря або скидне повітря систем вентиляції. Використання атмосферного повітря дуже перспективне в країнах з м'яким кліматом, проте його застосування в системах тепло холодопостачання України, за винятком Південного берега Криму, є досить проблематичним. Зі зниженням температур зовнішнього повітря в зимовий період зростають теплові навантаження - ефективна робота теплового насоса не забезпечується. Так, при температурі мінус 20 ° С, теплопродуктивність теплового насоса знижується на 40% від номінального значення, зазначеного в специфікації приладу і виміряного при тестовій температурі + 7 ° С. Саме з цієї причини повітряні теплові насоси не застосовувалися в країнах з холодними зимами як повноцінний нагрівальний прилад. Поява на ринку нових низькотемпературних повітряних теплових насосів серії ZubaDan Inverter Mitsubishy Electric [7] докорінно змінило ситуацію і якісно вплинуло на споживчі пріоритети і структуру європейського ринку. Теплові насоси цієї серії пройшли успішні випробування в 2008-2012 роках в умовах суворого зимового клімату в самій Японії (острів Хоккайдо), в Фінляндії, Росії (Волгоградська область). Теплопродуктивність теплового насоса підтримувалася стабільною до температур мінус 15°C, а працездатність до мінус 23 і навіть, в ряді випадків, до мінус 30°C. При цьому середньо сезонний

коефіцієнт перетворення енергії (COP) досягав величини 3,5. Але все ж повітряні теплові насоси в умовах холодного клімату мають значно нижчу ефективність ніж ґрунтові ТНУ, попри впровадження нових розробок – компресорів інверторного типу.

Перший тепловий насос «повітря-вода» (ATW), поставлений на європейський ринок японською компанією Sanyo, був розроблений для природного холодоагенту CO₂. Перевагами використання CO₂ є можливість забезпечення більш високої температури нагріву води (65°C - 90°C) і високу ефективність установки при низьких зовнішніх температурах (нижче -6°C). При високих зовнішніх температурах і малій різниці тисків в холодильному контурі теплових насосів «повітря-вода» більш ефективним може виявитися використання холодоагенту R-410A, хоча в Китаї віддають перевагу холодоагенту R 22.

Спочатку тепловий насос "повітря-вода" був представлений двоблочною системою, що об'єднує зовнішній блок власне фреонового теплового насоса і внутрішній гідравлічний модуль. Не так давно в доповнення до двоблочної конструкції були розроблені моноблочні системи, що містять в єдиному корпусі холодильну машину, гідравлічні компоненти (в т.ч. циркуляційний насос і розширювальний бак), резервний калорифер і систему управління. Монтаж такого теплового насоса не становить труднощів, тому що весь холодильний контур зосереджений в зовнішньому блоці заводського виконання і була потрібна тільки прокладка водяних трубопроводів.

Однією з найбільш важливих характеристик теплового насоса є температура гарячої води на виході. Залежно від її значення теплові насоси в застосуванні до повітряного тепло холодопостачання підрозділяються на низькотемпературні (50 °C - 59 °C), середньотемпературні (60 °C - 69 °C) і високотемпературні (вище 70 °C). В установках, що працюють на холодоагенті R-410A, температура виходу гарячої води може бути 50 °C або трохи вище (залежно від параметрів зовнішнього повітря). Така температура теплоносія

придатна для систем підлогового і панельного тепло холодопостачання, але є недостатньою при виробництві побутової гарячої води.

Новітній повітряний тепловий насос «Q-ton», розроблений інженерами Mitsubishi Heavy Industries, Ltd здатний підготувати гарячу воду з температурою від 60°C до 90°C за рахунок унікальних властивостей холодоагенту R744 (CO₂), що використовується в парокомпресійному циклі.

Ринок теплових насосів ATW, незважаючи на його коротку історію, має величезний потенціал і неухильно зростає.

Якщо кількості теплоти, одержуваної від контуру теплового насоса, все ж недостатньо для тепло холодопостачання приміщення в сильні морози, практикується бівалентна схема тепло холодопостачання, коли в роботу включається другий генератор тепла, найчастіше це невеликий електронагрівач або газовий котел. Основним показником доцільності застосування теплових насосів є їх конкурентоспроможність з традиційними теплогенераторами, що залежить від функціонального призначення і великого числа факторів термодинамічного, конструктивного, економічного характеру, і фактору екологічного впливу на навколишнє середовище.

У кожному конкретному проекті тільки на підставі техніко-економічних розрахунків визначається доцільність впровадження ТНУ конкретного типу для конкретного споживача з конкретним видом низькопотенційного теплоносія. Спрощений підхід до підбору потужностей і комплектуючих, до вибору схемних рішень, до монтажу та сервісного обслуговування щодо дорогих ТНУ може привести до дискредитації самої ідеї використання теплонасосних технологій вітчизняним споживачем. Тому актуальним наразі є питання розробки і впровадження нових схемних рішень застосування ТНУ. Ринок потребує спеціалістів в цій галузі, які мають змогу запропонувати конкурентні рішення, мають достатньо компетенцій для відстоювання цих рішень і подальшого їх втілення.

Боротьба за ринок призводить до безперервного вдосконалення експлуатаційних характеристик теплових насосів, підвищення їх надійності та

довговічності. Удосконалення теплових насосів в останні роки характеризувалося поліпшенням ефективності перетворення енергії і підвищенням температури генерується теплоносія, збільшенням одиничної потужності агрегатів і зниженням первинних капіталовкладень в ТНУ.

Ефективність перетворення енергії в тепловому насосі, що оцінюється тестовим коефіцієнтом COP, вважається визначальною характеристикою його конкурентоспроможності.

Що стосується ефективності повітряних низькотемпературних ТН нового покоління, то тут тестова величина COP знаходиться на рівні 4,0 [8], але це тільки задекларована величина, коли діло доходить до експлуатації ТНУ в реальних умовах зими помірного клімату для потреб тепло холодопостачання, ці показники значно падають.

На сьогоднішній день собівартість теплового насоса залишається все ж вище, собівартості традиційної опалювальної системи, що працює на викопному паливі. Тому головним чином за рахунок енергетичної ефективності, а також глибинного підходу до розробки схемних рішень комбінації різних джерел теплового насосу можливо забезпечити виграш по терміну окупності (рис. 4). У матеріалах конференцій МЕА [3, 4, 5] і на сторінках журналу Heat Pump Centre наводяться приклади впроваджених ТНУ з терміном окупності від 9 місяців до 2 років. Однак, далеко не всі потенційні споживачі теплових насосів володіють цією інформацією.

Експерти вважають, що технології теплових насосів ще знаходяться в стадії безперервного вдосконалення [9] і можна очікувати 2-3 кратного підвищення їх ефективності в період до 2030 року.

В даний час нагальною потребою є розробка і вдосконалення енергетичних технологій та комбінованих схем теплопостачання з низькими викидами двоокису вуглецю та високою енергоефективністю, які допоможуть у вирішенні глобальних світових проблем, пов'язаних з енергетичною безпекою, змінами клімату і, звичайно, з економічним розвитком. Захист навколишнього середовища, зниження викидів токсичних газів і CO₂ завдяки застосуванню

теплонасосних технологій є основними темами останніх світових конференцій і прикладних Програм МЕА. За розрахунками експертів встановлення теплових насосів замість традиційних систем генерації комунальної теплоти скоротить викиди CO₂ до 2050 року на 770 метричних мегатонн.

Метою співробітництва країн-членів МЕА є розвиток і освоєння ключових технологій, які дозволять досягти 50% скорочення викидів вуглекислого газу в енергетиці до 2050 року. Провідна роль в цьому відводиться застосуванню теплових насосів.

Європейський Союз затвердив в 2008 р Директиву (RES 2020) [10], згідно з якою повітряні і геотермальні теплові насоси, як системи, що використовують відновлювану енергію, зараховані за привілеями енергоефективності до класу сонячних батарей і вітроустановок. Це спонукало багато країн до розробки і застосування додаткових дотаційних та пільгових програм і законодавчих ініціатив, що стимулюють застосування теплонасосних технологій. Необхідно нагадати, що стимулювання на урядовому рівні було і залишається головним фактором широкомасштабного впровадження теплонасосних технологій.

Державна програма з енергозбереження в Великобританії (ECA Scheme) дозволяє інвесторам отримувати податкові пільги за умови впровадження енергоефективного обладнання при COP не нижче 3,7.

Так, за даними [9] у Бельгії на установку теплових насосів дається субсидія в розмірі 75% від його вартості; в Японії субсидія від 450 доларів США покладається на установку побутового теплового насоса і від 1500 до 2300 доларів США на установку промислового ТН; а у Франції дається податковий кредит в розмірі 50% вартості ТН.

Слід зазначити, що заохочується тільки впровадження теплових насосів високої енергоефективності.

Сучасні досягнення в галузі будівництва теплових насосів, кваліфіковане проектування і грамотна експлуатація поряд з допомогою держави, роблять теплонасосні технології раціональними і конкурентоспроможними.

1.2 Економічні та екологічні передумови розвитку теплонасосних технологій в Україні

Нові стандарти будівництва енергоефективних та пасивних будинків, які змінять енергетичну політику ЄС до 2025 року, звичайно, торкнуться і України. Швидке і постійне зростання цін на природний газ протягом багатьох років зробило економічно неспроможними системи централізованого теплопостачання України. Основні зміни за 5-7 наступних років, безумовно, відбудуться в секторі житлових і бюджетних будівель [11].

На міжнародній конференції «Теплові насоси в країнах СНД», що пройшла в травні 2013 року в Алушті (Крим) заявлено, що в секторі ЖКГ революційні перетворення будуть пов'язані з багаторазовим зниженням потреби будівель в тепловій енергії і з переходом від роздільних унітарних інженерних систем до комплексних інженерних систем кліматизації. Одним із шляхів в реалізації цієї мети в Україні є термомодернізація житлових будинків і, що впливає звідси, раціональність використання теплових насосів. Оцінено, що в період до 2030 року необхідно буде виконати утеплення приблизно 250000-300000 багатоповерхових вітчизняних будівель [11]. А теплим будівлям ХХІ століття вже не будуть потрібні ТЕЦ і районні систем. Для тепло холодопостачання, кондиціонування, вентиляції і гарячого водопостачання будуть використовуватися теплонасосні технології, як більш енергетично-, екологічно-й економічно вигідні при виробництві тепла і холоду в порівнянні з існуючими технологіями прямого спалювання вуглеводневого. Як двигун внутрішнього згоряння свого часу змінив паровий двигун, так теплові насоси сьогодні витісняють з ринку тепло холодопостачання теплові котли.

Модель синхронної термомодернізації будівель та інноваційних систем теплопостачання є для України найкращою і заслуговує серйозної уваги. При цьому широкомасштабне впровадження теплових насосів найбільш простий, надійний і головне перевірений шлях, що веде до повної відмови від використання природного газу в житлово-комунальному секторі та до істотного зниження тарифів на теплопостачання. Однак, незважаючи на гучні заяви від

Уряду до районних адміністрацій, про підтримку теплонасосних технологій в Україні, їх впровадження проходить дуже мляво.

Спробуємо проаналізувати причини, за якими теплові насоси виявляються незатребуваними в умовах України. Авторами [12, 13] відзначалися об'єктивні і суб'єктивні чинники, що зумовили таку ситуацію. Здавалося б, сьогодні усунутий головний об'єктивний фактор - низька ціна на вуглеводневе паливо, за минулі роки зросла інформованість вітчизняного споживача про переваги ТН технологій, відома успішна робота сотень теплонасосних установок різного функціонального призначення, однак широкомасштабного впровадження теплових насосів не відбувається.

Як і раніше, головною перешкодою на шляху широкомасштабного впровадження ТНУ залишаються високі початкові капіталовкладення. Про це говорить вартість теплонасосного обладнання на українському ринку і питомі капіталовкладення на 1 кВт встановленої теплової потужності. До суб'єктивних причин, що гальмують впровадження ТНУ, можна віднести суперечності між стратегічними інтересами енерговиробляючих компаній, які зацікавлені в максимальному збільшенні обсягу продажів енергетичних ресурсів і інтересами споживача, зацікавленого в мінімізації закупівель останніх. Масове встановлення теплових насосів призведе до зниження споживання теплоти згенерованої за рахунок спалювання органічного палива. Зрозуміло, що на заощаджену енергію виробнику потрібен покупець. У колишньому Радянському Союзі існував баланс між споживанням і попитом, і введення кожної нової потужності був забезпечений планом розвитку регіону. Зростання цін на теплоносії і інтерес до застосування автономних енергогенераторів призводить до порушення цього балансу. Аналіз систем теплопостачання [14] за останні 20 років показує, що збут теплової енергії підприємств централізованого теплопостачання, зменшився в два рази в порівнянні з 1990 роком, що надлишок згенерованої теплової енергії в багатьох містах перевищує на 60-70% її попит, що централізоване гаряче водопостачання залишилося лише в десятці міст України з 450. Широке впровадження теплових насосів посилить порушення

цього балансу, і підприємства теплокомуненерго не без підстав побоюються, що споживачі перестануть потребувати їхніх послуг, тобто їх дохід скоротитися. Енергозбереження у споживачів теплової енергії розоряє підприємства комунальних теплових мереж, і щоб покрити витрати останні повинні або підвищувати тарифи на теплоту, або боротися з впровадженням енергозберігаючих теплонасосних технологій. Таким чином, енергозбереження у споживача абсолютно не потрібно енерговиробникам.

Недоліком українського енергозбереження є також неможливість отримувати дохід від впровадження енергозберігаючих проектів. Період дії економії на Заході визначається періодом дії проекту, а у нас від колишнього СРСР успадкований принцип річної економії. Через рік вводяться нові нормативи і економія зникає. Принцип «самоінвестування» в даний час залишається головною і невирішеною проблемою. Замість збільшення обсягів фінансування проектів з фактично одержуваної економії, вони слабо фінансуються за залишковим принципом з бюджетів різних рівнів - від підприємства до держави.

Серед можливих шляхів вирішення проблеми широкомасштабного впровадження теплонасосних технологій, здатних істотно знизити залежність України від імпорту газу, проглядається шлях науково-критичного вивчення вітчизняними фахівцями зарубіжних досягнень в галузі енергозбереження, розробка нових комбінованих схем теплопостачання на базі ТНУ, введення в дію вже готових рішень, що суттєво покращують експлуатаційні характеристики таких систем, застосування теплонасосних технологій в комунальному секторі та, при серйозному об'єктивному обґрунтуванні, їх використання в житті кожного.

На шляху до широкомасштабного впровадження досить чітко проглядаються наступні перешкоди:

недолік цільових фінансових коштів і інвестицій (державні програми з енергоефективності та по впровадження теплових насосів практично не фінансуються);

неефективне стимулювання учасників енергоринку за розробку і впровадження енергозберігаючих проектів та технологій;

недостатня зацікавленість керівників підприємств в економії енергії та неефективна державна (законодавча) підтримка енергозбереження;

недостатня інформованість потенційних споживачів про досягнення в галузі енергозбереження;

відсутність пільгового тарифу на електроенергію для користувачів ТН;

відсутність в достатньому обсязі нормативної бази;

низька кваліфікація проєктантів і монтажників ТН обладнання;

непрогнозованість цін на електроенергію і паливо;

застаріла методика розрахунку тарифів на теплову та електричну енергію;

-невиконання митними та податковими службами державних вказівок з пільг на ввезення закордонного енергозберігаючого обладнання;

існування податку на прибуток при впровадженні енергозберігаючих технологій.

Теплонасосна технологія - це не чергова модернізація традиційних енергоджерел, а впровадження нового, прогресивного, високоефективного і екологічно чистого способу отримання теплоти, що дозволяє ефективно заощаджувати органічне паливо, знижувати забруднення навколишнього середовища, покращувати соціальні та побутові умови роботи і життя населення.

Говорити про доцільність впровадження теплових насосів можна в разі, якщо на державному рівні будуть розроблені системні економічні заходи і прораховані ризики для виробника теплової енергії, які розподіляють систему і кінцевого споживача.

1.3 Аналіз використання низькопотенційних джерел теплоти в теплонасосних системах

Як низькопотенційне джерело тепла (НПДТ) можливе використання: витяжного повітря, зовнішнього повітря, ґрунту, стічних вод, підземних вод, поверхневих вод (озера, моря) і т.д. Оптимальний варіант джерела НПДТ визначається в ході аналізу умов розташування проєктованих об'єктів, архітектурно-планувальних рішень і конструктивних параметрів.

У таблиці 1.1 наведена характеристика основних НПДТ для теплових насосів. З приведеного переліку джерел теплоти вигідно відрізняється зовнішнє повітря і ґрунт. по-перше вони є загальнодоступними і абсолютно невичерпним, а, по-друге, мають досить широкий температурний діапазон використання. Але використання повітряних ТНУ в умовах холодних зим є досить проблематичним і малоефективним. В ґрунтових ТНУ ситуація з температурним режимом краще, але постає проблема капітальних витрат на інсталяцію обладнання та земельні роботи.

Вода як джерело низько потенційної теплоти для теплового насоса досить цікава і здається практично ідеальним варіантом. При використанні води з артезіанських свердловин, які самі по собі досить затратні через буріння і необхідність прокладки значних по довжині трубопроводів, виникає проблема корозії і випадання мінеральних відкладень на поверхні теплообмінників. Відкриті водойми, такі як озера, моря і річки, можуть служити хорошим джерелом низько потенційної теплоти. Однак, для них необхідно брати до уваги мінливість обсягів, чистоти і температурних режимів водних ресурсів. Екологічні аспекти в цьому випадку також повинні бути враховані.

Таблиця 1.1 – Характеристики основних НПДТ для теплових насосів

Джерело теплоти	Температурний діапазон, °С	Технічний потенціал, млн. Гкал/рік	
		2005 рік	2030 рік
Атмосферне повітря	-15/25	Необмежений	Необмежений
Теплота ґрунту	10/35	370	370
Природні поверхневі води	0/10	20	20
Морська вода	0/10	10	50
Слабонагріті геотермальні флюїди	3/8	50	50
Шахтні води	0/10	14	18
Вода систем оборотного водопостачання	>10	150	300
Системи водовідведення	5/10	60	120
Вода очисних споруд	10/50	15	25
Вода промислових споруд	10/50	7	12
Вода комунально-побутових споруд	5/10	8	13
Теплота конденсації продуктів згоряння котельних установок	20/50	10	10
Вентиляційні повітряні викиди	15/25	12	20

Вельми перспективним є варіант використання теплового потенціалу стічних вод будинку. Дане джерело мало використовується на даний момент, що пов'язано, перш за все, з біологічною та корозійною агресивністю і нерівномірним надходженням стоків в каналізаційні мережі. Надходження скидної теплоти відбувається з деяким запізненням по відношенню до часу споживання теплоти. Узгодження цих величин проводиться введенням в схемне рішення теплових насосів баків акумуляторів, які згладжують пікові навантаження в споживанні, наприклад, гарячої води. Недоліком використання стічних вод є непостійність графіку споживання гарячої води, що не дозволяє використовувати їх як основне джерело теплоти в схемах ТН тепло холодопостачання, однак є суттєвою можливістю для впровадження схем зі стічними водами, як НПДТ для ТНУ є комбінація їх з іншими джерелами, наприклад, ґрунтом.

Досить поширеним НПДТ є зовнішнє повітря яке крім переваг необмеженості та досить невисокої вартості ТН обладнання має також низку недоліків, таких як:

- швидке падіння коефіцієнта трансформації при зниженні температури зовнішнього повітря;

- достатньо висока гучність зовнішнього блоку;

- підвищення різниці температур конденсації і кипіння в період мінімальних температур в зимовий період, що призводить до зниження термодинамічної ефективності установки;

- необхідність проведення процедури дефростації (розмороження) випарника при утворенні на його поверхні "крижаної шуби".

Обледеніння поверхні випарника теплового насоса певною мірою допустиме. Однак, в умовах підвищеної вологості повітря і його температури нижче 0°C кількість необхідних циклів дефростації поверхні багаторазово зростає. Максимальна частота циклів дефростації поверхні випарника теплового насоса лежить в діапазоні температур $-5 \div 0$ °C [15]. Це пов'язано зі

значним осадженням вологи з повітря в процесі його проходження через теплообмінну поверхню випарника.

Виділена волога з повітря поступово накопичується на теплообмінній поверхні випарника у вигляді льоду, погіршуючи при цьому умови теплообміну між повітрям і холодоагентом. В умовах високої вологості і низької температури зовнішнього повітря експлуатація повітряного теплового насоса стає неефективною. Тепловий насос типу «повітря – вода» є доцільним рішенням тільки там, де технічно неможлива установка зовнішнього контуру ґрунтового теплообмінника, де відсутня вільна зовнішня поверхня, де житло знаходиться на кам'янистому ґрунті, де неможливі земельні роботи, або не бажано наносити шкоду існуючому природньому ландшафту прокладанням ґрунтового колектору. Тому можна зробити висновок, що наразі застосування повітряних теплових насосів для тепло холодопостачання в умовах українського клімату є неефективним рішенням. Це спонукає до пошуку інших, стабільніших за температурним рівнем джерел теплоти для ТНУ.

Одним з таких джерел поновлюваної енергії для теплового насоса є ґрунт. Температура ґрунту при сильному промерзанні поверхневих шарів на глибині 10 – 12 м не опускається нижче 5 – 8 °С [16]. Такі теплові насоси вилучають теплоту з ґрунту за допомогою ґрунтових зондів, що вводяться вертикально в глиб землі, або ґрунтових колекторів, що укладаються горизонтально вшир. Зонди і колектори заповнюються розсолем, тобто сумішшю з низькою температурою замерзання (незамерзаючим теплоносієм). Розсіл відбирає теплоту, накопичену в землі, і віддає його (при транспортуванні тепловим насосом) в опалювальний контур.

Порівнюючи з повітрям, як джерелом теплоти для ТНУ ґрунт має вищу температуру в січні, коли є великий попит на теплову енергію для потреб тепло холодопостачання.. Температура ґрунту на глибині 1 м в північній Україні восени в жовтні-листопаді складає близько 10–13°С, а в січні – близько 0–5°С.

Інтенсивність теплообміну з ґрунтом (умовний коефіцієнт тепловіддачі) для безперервно працюючих систем 5–10 Вт/(м².К) в залежності від складу

грунту і його вологості. При періодичному включенні теплового насоса (наприклад, в службових приміщеннях з виключенням ТН на ніч, чи на день – при використанні нічного тарифу) коефіцієнт тепловіддачі складає біля 20–25 Вт/(м².К) за дослідженнями НТУУ «КПІ» [16].

Теплові насоси типу «грунт – вода» широко використовуються в кліматичних умовах України, оскільки температура ґрунту відносно постійна протягом усього року [16]. Саме температура джерела теплоти основним чином впливає на ефективність роботи ТНУ, основним критерієм якої є COP (з англ. Coefficient of performance). В табл. 2.1 наведено порівняння мінімальних та розрахункових значень середнього за сезон коефіцієнта перетворення для тепло холодопостачання приміщень і системи гарячого водопостачання (ГВП), а також для систем, які працюють тільки для підігріву води на ГВП використовуючи теплоту ґрунту та повітря [16].

Таблиця 1.2 - Мінімальні та розрахункові значення середнього за сезон коефіцієнта перетворення теплового насоса

Джерело теплової енергії / відведення теплової енергії	Тепло холодопостачання і ГВП для нових будинків		Тепло холодопостачання і ГВП для реконструйованих будинків		Система ГВП	
	Мінімальне	Розрахункове	Мінімальне	Розрахункове	Мінімальне	Розрахункове
Повітря / вода	2,7	3,0	2,5	2,8	2,3	2,8
Ґрунт/вода	3,5	4,0	3,3	3,7	3,0	3,5

Дослідження [17] показують, що температура ґрунту по глибині залежить головним чином від типу ґрунту (пісок, глина, гравій і т.д.) і його вологості. Для ефективної регенерації ґрунту ділянки землі, під якими прокладено горизонтальні колектори теплового насоса повинні бути мінімально забудовані і добре освітлені. Таким чином забезпечується підготовка ґрунту до початку опалювального сезону і ефективна робота ТНУ.

Контур горизонтального ґрунтового колектору теплового насоса на практиці розташовується на глибині 1,2-1,5 м [18]. Глибина закладки горизонтальних колекторів лежить в межах зміни температури ґрунту протягом року (рис. 1.1), тому слід враховувати суттєву зміну продуктивності геотермального теплового насосу. Більш глибока закладка в ґрунт колекторів призводить до не виправданого підвищення будівельних витрат і використовується для регіонів з більш холодним і тривалим зимовим періодом. Основним недоліком при використанні горизонтальних ґрунтових колекторів є масштаб необхідних земельних робіт.

Використання вертикальних ґрунтових зондів в порівнянні з горизонтальними колекторами дозволяє зменшити необхідну поверхню ґрунту для геотермального теплового насоса в 10- 20 разів [19]. При прокладанні колекторів також необхідно враховувати той фактор, що можлива ситуація часткового обмерзання трубок ґрунтового теплообмінника, що не робить істотного впливу на регенерацію ґрунту. Значення питомого теплового потоку для вертикальних ґрунтових теплових зондів (Вт/м) в залежності від типу ґрунту [20], а також тепловіддача різних ґрунтів (Вт/м²) [18] представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 1.3 - Умовна тепловіддача та питомий тепловий потік різних типів ґрунтів.

Тип ґрунту	Умовна тепловіддача, Вт/м ²	Питомий тепловий потік, Вт/м
Сухий піщаний ґрунт	10-15	20
Вологий піщаний ґрунт	15-20	40
Сухий глинистий ґрунт	20-25	60
Вологий глинистий ґрунт	25-30	60
Насичений водою ґрунт	30-35	80-100

Аналізуючи роботу ТН з використанням як джерела теплоти ґрунту, можна назвати такі його переваги та недоліки:

високі початкові капіталовкладення на інсталяцію обладнання вертикальних свердловин (буріння свердловин, погодження цих робіт з відповідними організаціями і т.д.);

висока ефективність роботи (COP) завдяки майже постійній досить високій температурі джерела теплоти;

невисокі експлуатаційні затрати;

простота обслуговування горизонтальних геотермальних теплообмінників;

для установки вертикальних геотермальних теплообмінників необхідна невелика площа ділянки.

1.4 Аналіз ефективності комбінованої теплонасосної схеми теплохолодопостачання з використанням теплоти атмосферного повітря та стічних вод будинку

На даний час теплонасосні технології, що набули широкого розповсюдження у світі, являють собою один із найбільш перспективних напрямків у вирішенні проблем енергозбереження як у сфері виробництва енергії, так і в технологічних процесах. Застосування теплових насосів в системах теплопостачання сприяє ефективному використанню енергії довкілля і характеризується вражаючими темпами росту діючих установок в багатьох країнах світу. При цьому найбільшого поширення в країнах Європи (біля 50 %) набули теплонасосні системи теплопостачання з використанням теплоти атмосферного повітря [23]. Цьому сприяє необмеженість та широка доступність цього джерела теплоти, відносно низька вартість монтажних робіт та стартових капіталовкладень порівняно, наприклад, з ґрунтовими тепловими насосами.

На жаль, рівень використання теплонасосних систем в Україні, в тому числі і систем з використанням теплоти атмосферного повітря, з цілого ряду

причин остається незадовільним і однією з таких причин є несприятливі кліматичні умови. За даними гідрометеорологічного аналізу, який був проведений за участі авторів цієї статті, було з'ясовано, що температура від -10 до -15 °C припадає на 40 % часу опалювального періоду. В цих умовах використання повітряних теплових насосів характеризується низькою енергетичною ефективністю [24], що для задоволення потреб теплопостачання потребує додаткових джерел енергії.

В зв'язку з викладеним набуває актуальності розробка та аналіз ефективності нових схем теплопостачання з використанням різних джерел теплоти. В рамках даної статті запропонована комбінована теплонасосна схема низькотемпературного тепло холодопостачання, виконана на основі повітряного теплового насосу з використанням, як додаткового джерела теплоти, умовно-чистих стічних вод. Проведено термодинамічний аналіз такої схеми, на основі якого зроблені висновки щодо покращення умов роботи повітряних теплових насосів та зменшення питомих затрат зовнішньої енергії на вироблення теплоти в системі тепло холодопостачання.

Опис принципової схеми ТНС

Принципова схема комбінованої теплонасосної системи низькотемпературного водяного тепло холодопостачання з використанням теплоти атмосферного повітря та стічних вод зображена на рис. 2.1. Особливістю даної схеми є додаткове встановлення теплообмінника, в якому теплова енергія надходить до теплоносія нижнього контуру тепло холодопостачання (повітря) від умовно-чистих стічних вод будівлі. Таким чином, за рахунок викидної теплоти можна підвищити термодинамічну ефективність даної схеми.

По металевому або пластиковому коробу атмосферне повітря подається в схему за допомогою вентилятора. Для підвищення ефективності роботи схеми точку відбору атмосферного повітря необхідно захистити від замерзання.

Атмосферне повітря з температурою t_0 й об'ємною витратою G_{Π} вентилятором системи з навколишнього середовища подається у теплообмінник стічних вод (ТО_{св}). У даному теплообміннику теплоносії підігрівається до температури t_1 , відбираючи від стічних вод теплоту $Q_{с.т.}$ і подається до випарника ТН, в якому повітря охолоджується та на виході його температура становить $t_в$. Опалюване приміщення має теплові втрати в навколишнє середовище $Q_{оп}$, які компенсуються теплотою від конденсатора ТН Q_k , потік якої має температуру теплоносія t_k на вході в систему тепло холодопостачання.

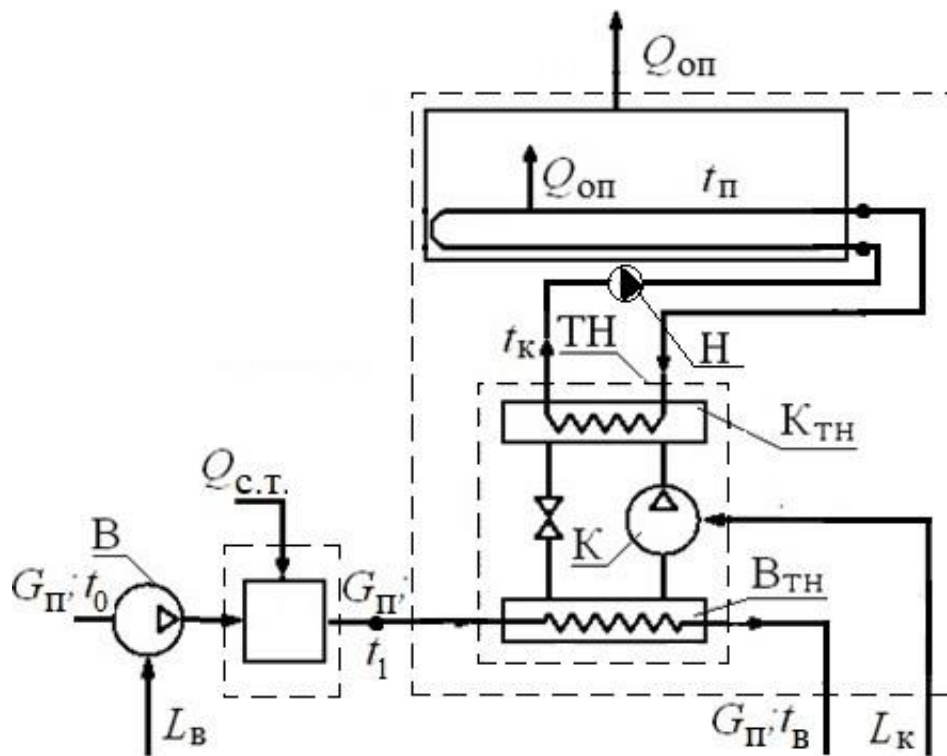


Рисунок 1.1 - Принципова схема комбінованої теплонасосної системи низькотемпературного водяного тепло холодопостачання з використанням теплоти атмосферного повітря та стічних вод

ОП – опалюване приміщення, ТН – тепловий насос, К_{ТН} – конденсатор ТН, В_{ТН} – випарник ТН, К – компресор, Н – насос, ТО_{св} – теплообмінник стічних вод, L_к– робота приводу компресора ТН, L_н – робота приводу насоса, L_в– робота вентилятора.

Таким чином, наведена вище схема в порівнянні зі звичайною теплонасосною схемою з використанням теплоти атмосферного повітря характеризується наявністю в нижньому контурі ТН додаткового джерела теплоти у вигляді теплоти стічних вод, що може привести до підвищення ефективності роботи всієї теплонасосної схеми в порівнянні з вихідною.

Термодинамічний аналіз ТНС

Аналіз термодинамічної ефективності даної схеми тепло холодопостачання слід виконувати знаючи кількісні характеристики додаткового джерела теплоти – стічних вод. Визначення даних характеристик можна зробити на основі розрахунків теплового навантаження будинку на тепло холодопостачання і гаряче водопостачання. Аналіз результатів таких розрахунків для ряду будівель приводить до висновку, що витрати теплоти на ГВП складають в більшості випадків до 25-30% від витрат теплоти на тепло холодопостачання в розрахунковий період, Тобто можна записати, що

$$Q_{ГВП} = K^p Q_{ОП}, \quad (1.1)$$

де $Q_{ГВП}$ - тепловий потік на ГВП;

$Q_{ОП}$ - тепловий потік на тепло холодопостачання;

K^p - коефіцієнт пропорційності між вказаними тепловими потоками в розрахунковий період.

При підвищенні температури зовнішнього повітря в порівнянні з розрахунковим режимом буде зменшуватись температурний напір як в системі тепло холодопостачання, так і в теплообміннику для підігріву повітря за рахунок теплоти стічних вод. В першому наближенні можна прийняти, що зміна температурного напору як в теплообміннику, так і в системі тепло холодопостачання однакова. Тоді, можна прийняти, що за будь-якої температури зовнішнього повітря

$$Q_{с.т} = K Q_{ОП}, \quad (1.2)$$

де $K=K^p$ - коефіцієнт пропорційності за будь-якої температури t_0 .

Далі з теплового балансу підігрівника повітря

маємо

$$G_{\Pi}=Q_{c.T}/C_b(t_1-t_0)=K^p Q_{оп}/C_b(t_1-t_0), \quad (1.3)$$

де t_1 - температура повітря на вході до випарника, або на виході з теплообмінника стічних вод.

Аналогічним чином, з рівняння теплового балансу об'єкту тепло холодопостачання визначимо

$$G_{\Pi}=Q_{оп}(\varphi-1)/C_b(t_1-t_b) \varphi, \quad (1.4)$$

де t_b - температура повітря на виході з випарника ТН;

φ - дійсний коефіцієнт трансформації ТН.

Прийmemo, що дійсний коефіцієнт трансформації можна визначити як

$$\varphi = \varphi^T \eta_{ТН}, \quad (1.5)$$

де φ^T - коефіцієнт трансформації ідеального циклу Карно;

$\eta_{ТН}$ – коефіцієнт втрат ТН, який прийнятий $\eta_{ТН} = 0,6$ [21].

Коефіцієнт трансформації теплоти ідеального циклу Карно можна записати у такому вигляді

$$\varphi^T = \left[1 - \frac{T_b^{ТН}}{T_k^{ТН}} \right]^{-1} = \left[1 - \frac{273+t_T^{Вих}-\Delta t_{Вип}}{273+t_k+\Delta t_k} \right]^{-1}, \quad (1.6)$$

де $T_b^{ТН}$ – абсолютна температура випаровування холодильного агента у випарнику ТН, К;

$T_k^{ТН}$ – абсолютна температура конденсації холодильного агента в конденсаторі ТН, К;

$t_T^{Вих}$ – температура теплоносія на виході з випарника ТН, °С;

t_k – температура води на виході з конденсатора ТН, °С;

$\Delta t_{\text{вип}}$ – перепад температур між теплоносіями на виході з випарника ТН, °С;

$\Delta t_{\text{к}}$ – температурний перепад між потоками холодильного агента і гріючого теплоносія в системі тепло холодопостачання на виході з конденсатора ТН, °С.

Згідно з рекомендаціями в [21], можна прийняти, що для рідкого теплоносія у випарнику ТН – $\Delta t_{\text{вип}} = 5$ °С, для води в конденсаторі ТН – $\Delta t_{\text{к}} = 5$ °С.

Температура подачі в систему тепло холодопостачання, визначається як [21]

$$t_{\text{к}} = t_{\text{п}} + (t_{\text{Т}}^{\text{р}} - t_{\text{п}}) \left[\frac{(t_{\text{п}} - t_{\text{о}})}{(t_{\text{п}} - t_{\text{о}}^{\text{р}})} \right]^{\frac{1}{(1+n)}}, \quad (1.7)$$

де $t_{\text{п}}$ – температура повітря у приміщенні, становить 20°С;

$t_{\text{о}}$ – температура навколишнього атмосферного повітря;

$t^{\text{р}}$ – розрахункова температура гарячої води в системі тепло холодопостачання за розрахункової температури атмосферного повітря $t_{\text{о}}^{\text{р}}$ (у даних розрахунках ця температура складає -22°С);

$n = 0$ для низькотемпературних систем тепло холодопостачання.

Розрахункова температура теплоносія в системі теплохолодопостачання приймається $t^{\text{р}} = 45$ °С.

Також для визначення коефіцієнта перетворення необхідно визначити величину температури повітря на виході з випарника

$$t_{\text{в}} = t_1 - \Delta t_{\text{опт}}, \quad (1.8)$$

де $\Delta t_{\text{опт}}$ – оптимальний ступінь охолодження низькотемпературного джерела теплоти у випарнику ТН [21], що визначається за формулою

$$\Delta t_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{A(273 + t_{\text{к}} + \Delta t_{\text{к}})}{\eta_{\text{в}} \eta_{\text{пр}}} \left[\eta_{\text{ТН}} - 1 + \frac{273 + t_{\text{Т}}^{\text{вих}} - \Delta t_{\text{вип}}}{273 + t_{\text{к}} + \Delta t_{\text{к}}} \right]}, \quad (1.9)$$

де $A = \Delta p / (\rho_{\text{пср}})$ – комплекс постійних величин, що залежить від аеродинамічного опору випарника;

Δp – втрати тиску у випарнику ТН, кПа;

$\eta_{\text{в}}$ і $\eta_{\text{пр}}$ – ККД вентилятора і його приводу відповідно.

З рівнянь (2.1.3) та (2.1.4) після нескладних математичних перетворень отримуємо

$$\Theta = (t_1 - t_0) / (t_1 - t_{\text{в}}) = K \varphi / (\varphi - 1). \quad (1.10)$$

Перепад температур $t_1 - t_{\text{в}}$ в рівнянні (2.1.7) приймемо рівним оптимальному значенню згідно з рекомендаціями роботи [21].

$$t_1 - t_{\text{в}} = \Delta t_{\text{опт}}, \quad (1.11)$$

Тоді, з рівнянь (2.1.7) та (2.1.8) можемо отримати вираз для температури повітря на вході в випарник ТН

$$t_1 = t_0 + \Delta t_{\text{опт}} K^p \varphi / (\varphi - 1). \quad (1.12)$$

Важливою характеристикою для аналізу ефективності ТН схеми тепло холодопостачання є частка теплоти атмосферного повітря в загальній кількості теплоти [25], що витрачається на тепло холодопостачання об'єкту. Визначимо цю величину з теплового балансу ТНУ

$$\beta = \frac{Q_n}{Q_{\text{он}}} = \frac{\varphi - 1}{\varphi} - K^p - \frac{\varphi - 1}{\varphi} \frac{A}{\eta_{\text{в}} \eta_{\text{пр}} \Delta t_{\text{опт}}}, \quad (1.13)$$

Енергоефективність роботи схеми тепло холодопостачання з використанням ТН характеризується питомими затратами зовнішньої енергії на вироблення одиниці теплоти на тепло холодопостачання

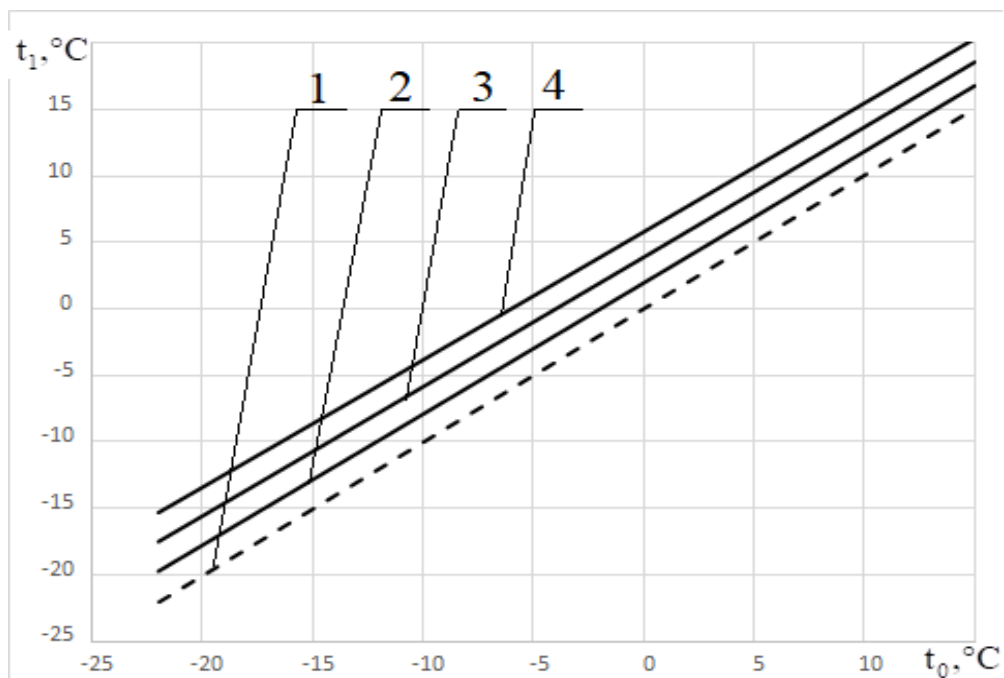
$$l_{\text{оп}} = \frac{(L_K + L_B)}{Q_{\text{он}}} , \quad (2.1.14)$$

Використавши термодинамічний аналіз схеми без виростання стоків, який наведено в [24] та з урахуванням (2.1.10), рівняння (2.1.14) набуває вигляду

$$l_{\text{оп}} = \frac{1}{\varphi} \left[1 + \frac{A}{\eta_{\text{в}} \eta_{\text{пр}}} \frac{(\varphi - 1)}{\Delta t_{\text{опт}}} \right] , \quad (2.1.15)$$

Розрахунковий аналіз характеристик теплонасосної схеми

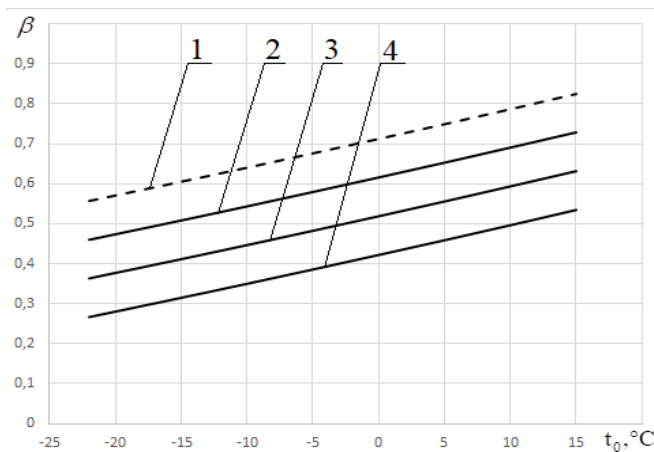
Першим кроком чисельного аналізу даної схеми обрано визначення залежності температури повітря на виході з теплообмінника стічних вод [26] (на вході до випарника ТН) від температури зовнішнього повітря при різних значеннях комплексу A . Дана залежність побудована на основі рівняння (2.1.12). В розрахунку було прийнято значення комплексу $A=0,1; 0,5; 1,0$, що охоплює більшу частину діапазону роботи ТНУ. Також змінним був коефіцієнт K^p , значення якого приймалися $0; 0,1; 0,2; 0,3$. Дана залежність $t_1=f(t_0)$ зображена на рис. 2.2.



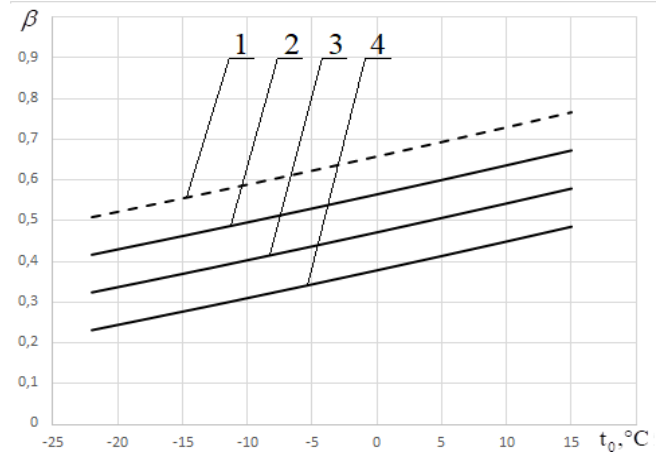
Аналізуючи залежності на рис. 2.2 можна побачити, що зі збільшенням комплексу A температура на вході до випарника збільшується. Також можна прослідкувати підвищення t_1 зі збільшенням K^p , що суттєво покращує умови експлуатації даної схеми тепло холодопостачання при від'ємних температурах атмосферного повітря. З рис. 2.2, в видно, що при $A = 1,0$ та $K^p = 0,3$ температура t_1 повітря на вході до випарника зростає на величину біля $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, що забезпечує рівень цієї температури мінус $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ при розрахунковій температурі $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ атмосферного повітря на тепло холодопостачання. Рис. 1.2 - Залежність температури на вході до випарника T_1 від температури повітря, відповідно; 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт $K^p=0; 0,1; 0,2; 0,3$.

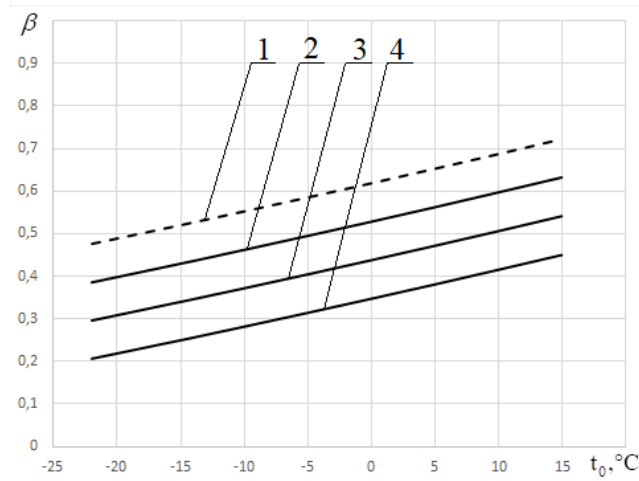
Для наступного чисельного аналізу системи було побудовано залежності відносної частки теплоти атмосферного повітря в загальній витраті теплоти на тепло холодопостачання від температури зовнішнього повітря (рис. 2.3) при таких же змінних A та K^p , як і в попередніх залежностях.

а)



б)





в)

Рис. 2.3 - Залежність відносної частки теплоти атмосферного повітря в загальній витраті теплоти на тепло холодопостачання від температури атмосферного повітря а), б), в) – комплекс $A=0,1; 0,5; 1,0$. відповідно; 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт $K^p=0; 0,1; 0,2; 0,3$.

З графіків на рис. 2.3, що були побудовані за рівнянням (11), можна чітко прослідкувати, що при збільшенні A , що має на увазі збільшення аеродинамічного опору випарника ТН, та K^p відносна частка теплоти атмосферного повітря в загальній витраті теплоти на тепло холодопостачання суттєво знижується, тоді як доля теплоти на тепло холодопостачання за рахунок теплоти стічних вод остається незмінною.

Також видно, що графічні залежності, показані на рисунку, поділяють його на три області. Перша область, яка знаходиться під кривими, характеризує частку теплоти атмосферного повітря; друга область – над штриховими лініями – затрати зовнішньої енергії на компресор та вентилятор [27] ТН; третя – між штриховими та суцільними лініями – внесок додаткового джерела в загальній витраті теплоти на тепло холодопостачання. Таким чином, використання теплоти стічних вод при реальних значеннях витрати теплоти на ГВП вносить суттєвий вклад в забезпечення теплового навантаження системи на тепло холодопостачання.

Важливою характеристикою комбінованої теплонасосної системи є питомі затрати зовнішньої енергії на вироблення одиниці теплоти на тепло

холодopостачання. Чисельний аналіз було проведено за рівнянням (2.1.13), побудувавши залежності $l_{оп}=f(t_0)$ при тих самих параметрах, як і в попередніх випадках (рис. 2.4).

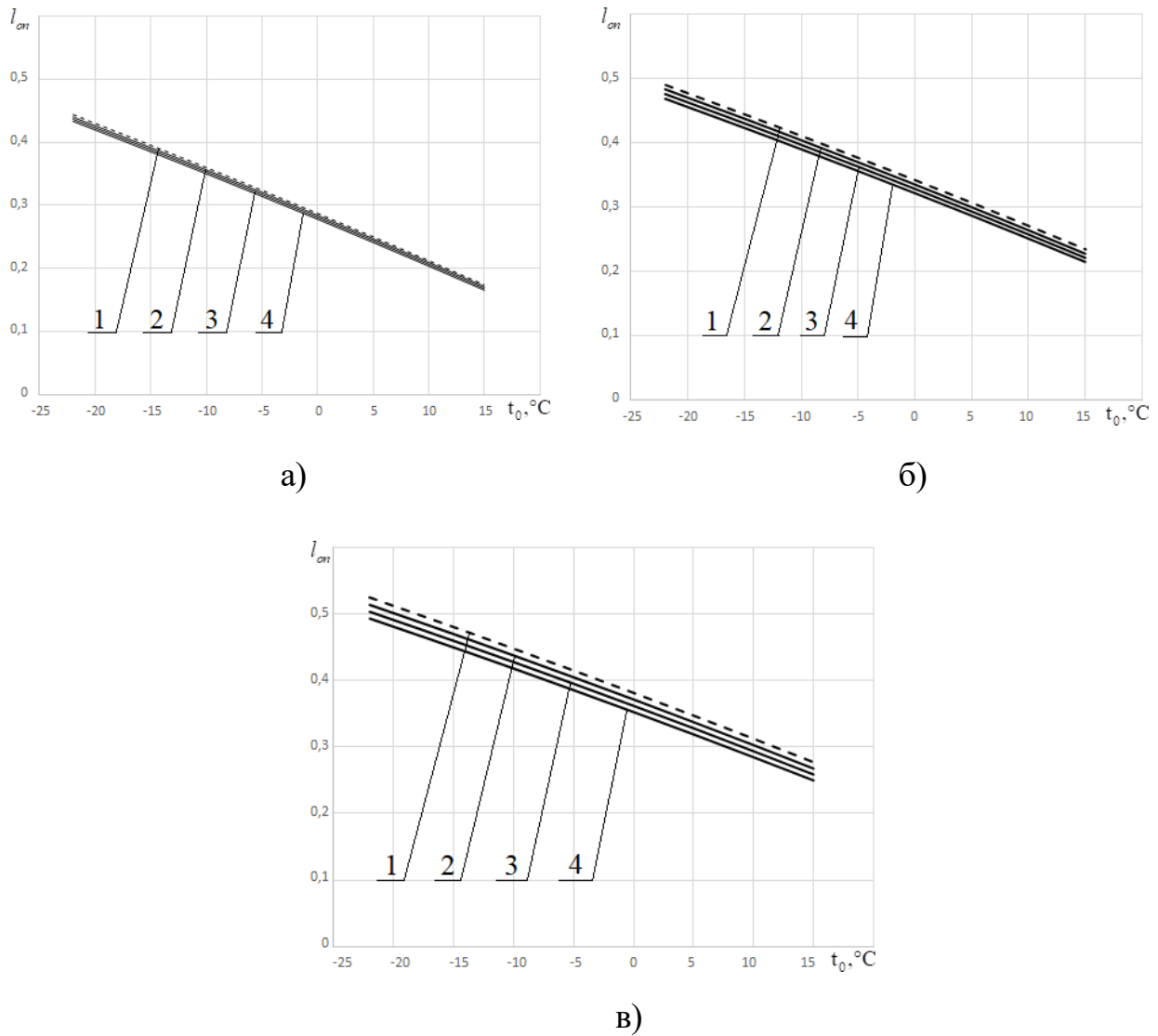


Рис. – 2.4 - Залежність питомих затрат зовнішньої енергії на тепло холодopостачання від температури атмосферного повітря а), б), в) – комплекс $A=0,1; 0,5; 1,0$

відповідно; 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт $K^p = 0; 0,1; 0,2; 0,3$.

З графічних залежностей, що показано на рис. 2.4, можна прослідкувати, що питомі затрати зовнішньої енергії на ТН систему тепло холодopостачання суттєво збільшуються зі зниженням температури атмосферного повітря та зі

збільшенням аеродинамічного опору випарника [28] ТН, а також дещо зменшуються при збільшенні коефіцієнта K^p , тобто при зростанні співвідношення теплоти, що відбирається від стічних вод та теплоти на тепло холодопостачання об'єкту. Також слід зазначити, що перевага використання даної схеми, а саме зниження сумарних затрат енергії на тепло холодопостачання, майже не прослідковується при малих значеннях комплексу A , тоді як при $A=0,5$ та $A=1$ це явище прослідковується більш чітко.

1.5 Висновки

Використання додаткового джерела теплоти для ТН схеми теплопостачання з використанням атмосферного повітря як нижнього джерела суттєво покращує умови експлуатації всієї системи, збільшуючи температуру теплоносія на вході до випарника ТН, в деяких випадках з від'ємного до додатного значення, що є суттєвою перевагою для використання ТН в умовах українського клімату.

При залученні додаткового джерела – теплоти стічних вод – дана система тепло холодопостачання використовує температурний потенціал, який раніше скидався в навколишнє середовище. Використання такого підходу є кроком до безвідходності та енергоефективності системи, але використання теплоти стічних вод ускладнено в зв'язку з конструктивною складністю такого рішення.

Використання даного підходу в ТН схемах тепло холодопостачання суттєво знижує сумарні питомі затрати зовнішньої енергії, за рахунок чого можна зменшити як стартові капітальні затрати на систему ТН тепло холодопостачання, так і експлуатаційні затрати протягом використання даної системи.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРОЕКТНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЕЛЬ

2.1 Технічне завдання

Розробити системи тепло холодопостачання та вентиляції громадської будівлі, географічна широта 48°, зона вологості - нормальна.

1. Призначення розробки та місце застосування.

Системи тепло холодопостачання та вентиляції призначені для створення нормативних мікрокліматичних умов, підтримання температурного балансу та забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях громадської будівлі.

2. Основа для виконання робіт.

Основою для виконання робіт є архітектурно-будівельні креслення громадської будівлі.

3. Мета та призначення розробки.

Метою розробки є створення в приміщеннях громадської будівлі комфортних умов для людей, які перебувають там: працюють і обслуговуються.

4. Джерела розробки.

Джерелами розробки є архітектурно-будівельні робочі креслення громадської будівлі, технологічне завдання та нормативно-технічна література.

5. Технічні вимоги.

Технічні вимоги до системи тепло холодопостачання та вентиляції наведені у нормативній літературі:

- ДБНВ.2.5-67.2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання»;
- ДБН В.2.2-23:2009 «Підприємства торгівлі. Основи проектування»;
- ДБН В.2.2-9-99 «Громадські будинки та споруди. Основні положення».

6. Вимоги по стандартизації.

При розробці систем тепло холодопостачання та вентиляції необхідно застосовувати максимально можливу кількість стандартних виробів, які б

забезпечували можливість швидкого монтажу системи та можливість їх ремонту чи заміни в разі поломки.

7. Вимоги з надійності до систем тепло холодопостачання та вентиляції
Санітарно-гігієнічні — забезпечення та підтримка в приміщенні потрібних температур;

Економічні — забезпечення мінімуму приведених затрат (капітальні та на експлуатацію);

Будівельні — ув'язка з будівельними конструкціями;

Монтажні — забезпечення монтажу систем тепло холодопостачання індустріальними методами;

Експлуатаційні — простота та зручність обслуговування, керування та ремонту, надійність та безпечність систем і безперебійність їх роботи;

Естетичні — гарне співвідношення з внутрішнім архітектурним оздобленням приміщення.

Обов'язковими показниками надійності є:

1.1. середня наробка обладнання на відмову, яка складає не менше 10 років

1.2. середній повний строк служби не менше 20 років

1.3. оцінку відповідності показників надійності – середню наробку обладнання на відмову провести на етапі приймальних випробувань експериментальним шляхом у відповідності ГОСТ 27.410

2. на вироби повинні бути встановлені строки експлуатації

3. Ергономічні вимоги:

3.1. Розташування органів управління основного та допоміжного обладнання повинні забезпечувати роботу персоналу нагляду на протязі денної та нічної частини доби.

3.2. Номенклатура і величини антропометричних параметрів для пультів управління повинні відповідати вимогам ГОСТ 21.114-95

3.3. Виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточнюється на стадії приймальних випробувань.

4. Експлуатаційні та ремонтні вимоги.

Для виробів в період експлуатації повинні бути встановлені наступні види технічного обслуговування: сезонне ТО, регламентоване ТО, строки ТО і ДО повинні по можливості співпадати з строками обслуговування базового обладнання.

5. Порядок розробки випробування, приймання систем тепло холодопостачання та вентиляції:

5.1. Стадії розробки встановлюють відповідно з ДБНВ.2.5-67.2013 «Тепло холодопостачання, вентиляція та кондиціонування»

Обов'язковими етапами дослідно-конструкторської роботи є:

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

5. Ремонтна документація розробляється за окремим завданням замовника.

6. Порядок приймання розробки здійснюється у відповідності із вимогами Держстандарту. Оцінка виконаної розробки і прийняття рішення по виконаній розробці виконує приймальна комісія, яку формує розробник.

В склад комісії входять: представник замовника, розробника і виробника. Головою комісії призначається представник замовника.

7. Місце і строки випробувань визначають заздалегідь і попередньо узгоджують.

8. Перелік документів, що представляється на випробування визначаються у програмі випробувань.

9. Перелік матеріалів і документів, що передається замовнику: комплект технічної і експлуатаційної документації, креслення та інструкції з експлуатації розроблених вентиляційних систем.

10. Дане технічне завдання може узгоджуватись та доповнюватись в процесі проектування.

2.2 Обґрунтування технічних рішень

Системи вентиляції повітря призначаються для створення і автоматичної підтримки необхідних параметрів повітряного середовища в приміщеннях незалежно від метеорологічних умов і змінних надходжень тепла і вологи в приміщення.

Основними нормованими параметрами є температура, відносна вологість і швидкість руху повітря в приміщеннях. Ці параметри можуть бути як постійними, так і змінюються за заданою програмою. Додатково пред'являються вимоги по очищенню повітря від пилу, а в спеціальних приміщеннях (лікарнях, операційних і ін.) передбачається очищення від бактерійних забруднень.

До складу системи вентиляції входить: комплекс технічних засобів, що здійснюють необхідну обробку повітря (фільтрацію, осушення): транспортування його, розподіл в обслуговуваних приміщеннях; засоби автоматичного регулювання, управління, контролю, а також допоміжне устаткування.

Основне устаткування для обробки і переміщення повітря звичайно komponується в одному агрегаті — припливно-витяжній машині. Як додаткове устаткування використовуються системи природної витяжки.

По повному тиску, що розвивається вентилятором, системи вентиляції та кондиціювання повітря діляться на системи низького тиску — до 1000, середнього — 1000—3000 і високого — вище 3000 Па.

Припливно-витяжні машини можуть працювати тільки на зовнішньому повітрі, із застосуванням рециркуляції з постійним або змінним об'ємом, із рекуперацією тепла.

2.3 Визначення теплових надходжень в будівлю

Надходження тепла в будівлю визначають як суму надходжень теплоти через прозорі та непрозорі зовнішні огороження, від штучного освітлення, обладнання та обслуговуючого персоналу.

2.3.1 Визначення кількості тепла, яке надходить через світлові пройми

Розрахункові параметри зовнішнього повітря для (параметри А) $t_z = 22,9$ °С, географічна широта 48° с. ш. Торгівельний центр зорієнтовано на північ. Віконні пройми подвійно зашкленні в пластикових спарених плетіннях. Приміщення зайнято людьми з 8 до 22 години за дійсним сонячним часом.

Так, як торговельний центр зорієнтовано на північ, то кількість теплоти, яка надходить в приміщення за рахунок сонячної радіації незначна, тому нею нехтуємо. Надходження від сонячної радіації через масивні зовнішні стіни незначні. Тому, враховуючи теплову інерцію стін, відповідно, запізнення надходження тепла в приміщення можна не враховувати.

2.3.2 Визначення кількості теплоти яка надходить в приміщення через покриття

Кількість теплоти, яка надходить в приміщення через стелю за рахунок сонячної радіації визначається таким чином:

$$Q = \left[\frac{1}{R_0} (t_z + R_z \rho I_{\text{сеп}} - t_e) + \beta \cdot k \frac{A_{\text{те}}}{R_e} \right] \cdot F, \quad (2.3.2.1)$$

де R_0 - опір теплопередачі покриття будівлі:

$$R_0 = R_n + R_k + R_b, [\text{м}^2 \text{°K/Вт}] \quad (2.3.2.2)$$

де R_b - опір теплосприйняття між внутрішнім повітрям та поверхнею перекриття.

Значення R_b для перекриття з внутрішніми ребрами - 0,132 м² °К/Вт, для перекриття з гладкою поверхнею - 0,115 м² °К/Вт.

R_n - термічний опір між зовнішнім повітрям та поверхнею перекриття. Значення R_z для літніх умов:

$$R_3 = \frac{0,172}{1 + 2\sqrt{V}}, [\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{K/Вт}] \quad (2.3.2.3)$$

де V - швидкість вітру .

R_k - термічний опір огорожуючої конструкції;

Значення R_k визначається за формулою:

$$R_k = \sum R_i + R_{\text{в.п.}}, \quad (2.3.2.4)$$

де R_i - термічний опір i -го однорідного шару перекриття:

δ_i - товщина i -го шару, м;

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (2.3.2.5)$$

λ_i - коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару;

m - кількість шарів;

$R_{\text{в.п.}}$ - термічний опір замкнутого повітряного прошарку.

ρ - коефіцієнт поглинання сонячної радіації;

$I_{\text{ср.}}$ - середньодобова сумарна сонячна радіація, Вт/м²;

k - коефіцієнт, який має значення:

Для перекриття з вентиляльованим повітряним прошарком	0,6
---	-----

Для інших	1
-----------	---

β - коефіцієнт для визначення величин теплового потоку, що гармонічно змінюються, в різні години доби .

$A_{\text{тв}}$ - амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні огорожень, $^{\circ}\text{C}$:

$$A_{\text{тв}} = \frac{1}{v} [0.5A_{\text{тн}} + R_n \rho (I_{\text{max}} - I_{\text{ср}})], \quad (2.3.2.6)$$

$A_{\text{тн}}$ - max амплітуда коливань температури зовнішнього повітря,

I_{max} та $I_{\text{ср}}$ - відповідно максимальне та середнє значення сумарної(прямої та розсіяної) сонячної радіації, що приймаються для зовнішніх стін як для вертикальних поверхонь західної орієнтації.

v - затухання амплітуди коливань температури в огорожуючій конструкції:

$$\nu = R_o / R_B, \quad (2.3.2.7)$$

F - площа покриття, м².

$$R_H = \frac{0,172}{1 + 2\sqrt{1}} = 0,057 \text{ (м}^2 \text{ °K/Вт)},$$

$$R_K = \frac{0,15}{1,92} + \frac{0,01}{0,17} = 0,137 \text{ (м}^2 \text{ °K/Вт)},$$

$$R_0 = 0,057 + 0,137 + 0,115 = 0,309 \text{ (м}^2 \text{ °K/Вт)},$$

$$\nu = 0,309 / 0,115 = 2,69,$$

$$A_{\text{тв}} = \frac{1}{2,69} [0,5 \cdot 22,9 + 0,057 \cdot 0,9(733 - 397)] = 10,3$$

$$Q = \left[\frac{1}{0,309} \cdot (22,9 + 0,057 \cdot 0,9 \cdot 397 - 22) + 0,97 \cdot 1 \cdot \frac{10,3}{0,115} \right] \cdot 414 = 49924,6 \text{ (Вт)}$$

2.3.3 Надходження теплоти від джерела штучного освітлення

Так, як освітлення виставкових залів передбачено світильниками з люмінесцентними лампами ЛВО-01В-4-18, тепловиділення від освітлення незначні і ними можна знехтувати.

2.3.4 Надходження теплоти та вологи від людей

Кількість теплоти, що виділяється працівниками визначається за формулою:

$$Q = qn, \text{ [Вт]} \quad (2.3.4.1)$$

де q – тепло, що виділяє дорослий чоловік, Вт;

n – кількість людей, що перебувають у торговій залі (по розрахунку).

$$Q = 85 \cdot 70 = 5950 \text{ (Вт)}$$

Кількість вологи визначається аналогічно:

$$W = \omega n, \text{ [г/год]} \quad (2.3.4.2)$$

де ω – кількість вологи, що виділяє дорослий чоловік, г/год;

n – кількість людей, що знаходяться в торговій залі.

$$W = 75 \cdot 70 = 5250 \text{ (г/год)}.$$

Визначення повітрообміну в приміщенні для боротьби з тепло надлишками проводиться по формулі:

$$G_{\text{пр}} = \frac{G_{\text{изб}}}{c \cdot \Delta t}; \text{кг} / \text{год} \quad (2.3.4.3)$$

Де $G_{\text{пр}}$ - кількість повітря ,яке подається в приміщення, кг/год;

$G_{\text{изб}}$ - кількість надлишкового тепла, ккал/год;

c – теплоємність повітря, приймаємо 0,24ккал/кг .град.;

Δt - температурний перепад між температурою приміщення і температурою повітря, яке подається в приміщення.

$$G_{\text{изб}} = 5950 + 49924 = 55873 \text{ Вт} = 48042 \text{ ккал} / \text{год}$$

$$G_{\text{пр}} = \frac{48042}{0,24 \cdot 5} = 40033 \text{ кг} / \text{год} = 33086 \text{ м}^3 / \text{год}$$

2.4 Організація та розрахунок повітрообміну

Організація повітрообміну включає в себе вибір схеми, способу подачі та видалення повітря.

При забезпеченні нормованих параметрів повітряного середовища для всієї робочої зони повітророзподільники розміщують таким чином, щоб сумарна зона дії розподільників була не меншою за площу робочої зони.

Організація повітрообміну включає вибір схеми організації, способу подачі і видалення повітря, а також визначення розрахункового повітрообміну з врахуванням нерівномірності розподілення параметрів повітря по приміщенню.

Схему організації повітрообміну (“знизу вверх”, “зверху вниз”, “зверху вверх”, “знизу вниз” або змішану) вибирають з врахуванням вимог по проектуванню будівель різного призначення. Для даного проекту оберемо схему “зверху- вверх”. Подача і видалення повітря з приміщень здійснюється повітророзподільними пристроями.

Розрахунок повітрообміну по торгових залах:

1-й поверх:

$$\text{кількість людей} - \frac{342,0}{6} = 57 \text{ людей} ;$$

2-й поверх:

кількість людей - $\frac{416,35}{6} = 70 \text{ людей}$;

Необхідний повітрообмін на 1-у людину по тепловиділеннях:

а) в зимовий період:

$$L_Q = \frac{Q_{\text{я}}}{C_{\gamma} \cdot (t_y - t_n)} = \frac{75}{0,24 \cdot 1,2 \cdot (16 - (-24))} = \frac{75}{11,52} = 6,5 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.4.1)$$

б) в перехідний період: $t_n = +10^{\circ} \text{C}$

$$L_Q = \frac{75}{0,24 \cdot 1,2 \cdot (10 + 16)} = 10 \text{ м}^3 / \text{год};$$

в) літній період: $\Delta t = 3^{\circ} \text{C}$

$$L_0 = \frac{75}{0,24 \cdot 1,2 \cdot 3} = 87 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Для кондиціювання по літу:

$$87 \times 70 = 6090 \text{ м}^3 / \text{год};$$

Необхідний повітрообмін по санітарних нормах:

$$20 \times 70 = 1400 \text{ м}^3 / \text{год};$$

Розрахунок повітрообміну на одну людину по CO_2 :

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{G}{b_B - b_H} = \frac{G}{1 - 0,5} = \frac{23}{0,5} = 46 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.4.2)$$

$G = 23 \text{ л} / \text{год}$ - виділення CO_2 , по т.VII-2

Необхідний повітрообмін:

$$1\text{-й поверх} - L = 46 \cdot 57 = 2622 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$2\text{-й поверх} - L = 46 \cdot 70 = 3220 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Приймаємо необхідний повітрообмін по CO_2 .

Необхідну кількість повітря знайдемо для кожного приміщення за нормативною кратністю:

2.5 Підбір і визначення кількості решіток

На повітропроводах встановлюємо решітки, які мають регульовані жалюзі для направлення повітря вгору або вниз при горизонтальному підведенні повітря до решітки, чи в сторони при підведенні повітря по вертикальним каналам. При розрахунку повинна виконуватись умова:

$$\frac{X_n}{\sqrt{F_n}} \leq 2,1, \quad (2.5.1)$$

де X_n – повна відстань струмини до робочої зони, м;

F_n – площа поперечного перерізу приміщення, що приходить на одну струмину, m^2 .

$$L_{np} = 2622 \text{ м}^3/\text{год} = 0,72 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

$$L_{np} = 3220 \text{ м}^3/\text{год} = 0,894 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

Загальна площа решіток для систем П1, П2 (В1, В2), 1-й поверх:

$$S = \frac{L}{V_{нов}} = \frac{0,72}{2} = 0,364 \text{ м}^2 \quad (2.5.2)$$

Приймаємо решітки розміром 300 x 150 мм.

$$F_{\text{æi}} = 0,3 \cdot 0,15 \cdot 0,7 = 0,0315$$

Потрібна кількість решіток:

$$n = \frac{S}{F} = \frac{0,364}{0,0315} = 11,5 \approx 12 \text{ шт} \quad (2.5.3)$$

на приток, 12шт – на витяжку

Загальна площа решіток для систем П3, П4 (В3, В4), 2-й поверх:

$$S = \frac{L}{V_{нов}} = \frac{0,894}{2} = 0,447 \text{ м}^2 \quad (2.5.4)$$

Приймаємо решітки розміром 400 x 150 мм.

$$F_{\text{æi}} = 0,4 \cdot 0,15 \cdot 0,7 = 0,042$$

Потрібна кількість решіток:

$$n = \frac{S}{F} = \frac{0,447}{0,042} = 10,6 \text{ шт} \approx 11 \text{ шт} \quad (2.5.5)$$

Загальна площа решіток для системи П5, 1-й поверх:

$$L_{np} = 302 \text{ м}^3/\text{Год} = 0,084 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

$$S = \frac{L}{V_{нов}} = \frac{0,084}{1} = 0,084 \text{ м}^2 \quad (2.5.6)$$

Приймаємо решітки розміром 400 x 150 мм.

$$F_{\text{в}} = 0,4 \cdot 0,15 \cdot 0,7 = 0,042$$

Потрібна кількість решіток:

$$n = \frac{S}{F} = \frac{0,084}{0,042} = 2 \text{ шт} \quad (2.5.7)$$

Загальна площа решіток для системи В5, 1-й поверх:

$$L_{np} = 201 \text{ м}^3/\text{Год} = 0,056 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

$$S = \frac{L}{V_{нов}} = \frac{0,056}{1} = 0,056 \text{ м}^2 \quad (2.5.8)$$

Приймаємо решітки розміром 300 x 150 мм.

$$F_{\text{в}} = 0,3 \cdot 0,15 \cdot 0,7 = 0,0315$$

Потрібна кількість решіток:

$$n = \frac{S}{F} = \frac{0,056}{0,0315} \approx 2 \text{ шт} \quad (2.5.9)$$

Решітки ставимо з кроком 1,5-2 м.

2.6 Конструювання та розрахунок системи вентиляції

2.6.1 Моделювання аеродинамічних режимів руху повітря у повітропроводах

Розрахунок повітропроводів складається з 2-х етапів:

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

2. Ув'язка відгалужень вентиляційної системи.

Перший етап проводиться у такій послідовності: розбиваємо систему на окремі ділянки і визначаємо витрати повітря на кожній ділянці. Значення витрат повітря та довжини кожної ділянки наносимо на аксонометричну схему.

- 1) Визначаємо площу поперечного перерізу ділянок повітропроводу:

$$F_p = L_p / V, \text{ (м}^2\text{)}; \quad (2.6.1.1)$$

де:

V - рекомендована швидкість руху повітря на ділянках, м/с

де L_p - розрахункова витрата повітря на ділянці, [м³/с]

За отриманими значеннями F_p підбираємо стандартні розміри повітропроводів (табл.)

- 3) визначаємо фактичну швидкість руху повітря на ділянках

$$V_i = \frac{L_p^i}{F_i}; \quad (2.6.1.2)$$

- 4) визначаємо втрати тиску на тертя на ділянках:

$$P_{TP} = \lambda_{TP} \frac{1}{d} \rho \frac{V^2}{2}; \quad (2.6.1.3)$$

де λ_{TP} - коефіцієнт опору тертя

$$\lambda_{TP} = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{k}{d} \right)^{0,25} \quad (2.6.1.4)$$

$$Re = Vd / \nu \quad (2.6.1.5)$$

де d - діаметр повітропроводу;

k - абсолютна шорсткість повітропроводів:

для сталених $k = 1 \cdot 10^{-4}$ м,

для цегляних $k = 5 \cdot 10^{-3}$ м;

ν - коефіцієнт кінетичної в'язкості повітря, який дорівнює $1,5 \cdot 10^{-5}$ м²/с.

- 5) визначаємо втрати тиску на місцевих опорах:

$$P_{сум} = \sum_{i=1}^n P_i + \sum_{j=1}^m P_{об}^j; \quad (2.6.1.6)$$

де $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів;

P_d - динамічний тиск.

- 6) визначаємо загальні втрати тиску на ділянках та у вентиляційній системі:

P_i - втрати тиску на ділянках:

$$P_i = P_{\text{три}} + P_{\text{об}}; \quad (2.6.1.7)$$

n - кількість ділянок;

$P_{\text{об}}$ - втрати тиску на обладнанні (фільтр, калорифер, клапан та ін.);

m - кількість обладнання.

7) за значеннями тиску та продуктивності підбираємо вентилятор і двигун.

Другий етап:

Втрати тиску від точки розгалуження до кінця розгалуження повинні дорівнювати втратам тиску від цієї ж точки до кінця магістрального напрямку.

Підбирають площу поперечного перерізу повітропроводу відгалуження, а при необхідності встановлюють діафрагму.

Нев'язка не повинна перевищувати 15%.

Результати аеродинамічних розрахунків зведено в таблицю в додатку Б.

2.6.2 Підбір обладнання

Для вентиляції виставкових залів 1-го та 2-го поверхів підбираємо припливно-витяжний агрегат MAXI 2000 HW. Агрегат MAXI укомплектований припливним та витяжним вентиляторами, припливним та витяжним фільтрами EU7, пластинчатим теплообмінником, додатковим повітронагрівачем, вбудованим байпасом. Додатково поставляються повітряні клапани з електроприводом. Також агрегат можна комплектувати секцією водяного охолоджувача, яка встановлюється в повітропроводі, після агрегату MAXI, кількість холоду регулюється автоматикою.

Підбираємо припливно-витяжні агрегати для вентиляції торгівельної зали 1-го поверху:

Параметри установки П1В1 :

Приплив повітря: 1347 м³ /год, напір: 380 Па, клапан, фільтр, секція нагріву, (вода 90⁰С-70⁰С), секція охолодження, вентилятор, гнучка вставка, автоматика керування.

Витяжка повітря: 1347м³ /год, напір 356 Па, гнучка вставка, фільтр, вентилятор.

Параметри установки П2В2 :

Приплив повітря: $1311 \text{ м}^3 / \text{год}$, напір: 370 Па, клапан, фільтр, секція нагріву, (вода $90^{\circ}\text{C}-70^{\circ}\text{C}$), секція охолодження, вентилятор, гнучка вставка, автоматика керування.

Витяжка повітря: $1311 \text{ м}^3 / \text{год}$, напір 350 Па, гнучка вставка, фільтр, вентилятор.

Підбираємо припливно-витяжні агрегати для вентиляції торгівельної зали 2-го поверху:

Параметри установки ПЗВ3 :

Приплив повітря: $1667 \text{ м}^3 / \text{год}$, напір: 400 Па, клапан, фільтр, секція нагріву, (вода $90^{\circ}\text{C}-70^{\circ}\text{C}$), секція охолодження, вентилятор, гнучка вставка, автоматика керування.

Витяжка повітря: $1667 \text{ м}^3 / \text{год}$, напір 360 Па, гнучка вставка, фільтр, вентилятор.

Параметри установки П4В4 :

Приплив повітря: $1610 \text{ м}^3 / \text{год}$, напір: 400 Па, клапан, фільтр, секція нагріву, (вода $90^{\circ}\text{C}-70^{\circ}\text{C}$), секція охолодження, вентилятор, гнучка вставка, автоматика керування.

Витяжка повітря: $1610 \text{ м}^3 / \text{год}$, напір 360 Па, гнучка вставка, фільтр, вентилятор.

Параметри установки П5 :

Приплив повітря: $302 \text{ м}^3 / \text{год}$, напір: 275 Па, клапан, фільтр, ел.калорифер, вентилятор, гнучка вставка, автоматика керування.

Параметри установки В5 :

Витяжка повітря: $201 \text{ м}^3 / \text{год}$, напір 240 Па, гнучка вставка, вентилятор.

2.7 Визначення розрахункових температур зовнішнього повітря

Географічний пункт будівництва:

1. Кліматологічні дані:

кліматична зона - І

середня температура зовнішнього повітря:

- найбільш холодної п'ятиденки	- 22°C
- найбільш холодної доби	-26°C
середня швидкість вітру	$V = 5,2 \text{ м/с}$;

2.8 Характеристика будівлі:

- кількість поверхів – 4;
- ступінь вогнестійкості – І;
- фундаменти – стрічкові, монолітні стовпчасті;
- покрівля – суміщена рулонна;
- зовнішні стіни – цегла силікатна товщиною 380, 510мм; скляні фасадні системи;
- тепло холодопостачання – від міських мереж;
- водопровід – від міських водопровідних мереж;
- каналізація – в міську мережу водовідведення;
- перегородки – ГКЛ по металевому каркасу, керамічна цегла товщиною 120мм;
- підвісна стеля – “ARMSTRONG”.
- конструкція зовнішніх стін: цегляна кладка із силікатної цегли товщиною 380мм, 510мм;
- перекриття – монолітна залізобетонна плита.
- тип будівлі: торгові приміщення.
- схема системи тепло холодопостачання: двотрубна горизонтальна розводкою.

2.9 Теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій

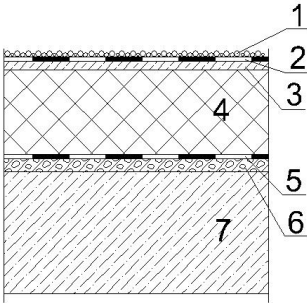
Метою теплотехнічного розрахунку є визначення коефіцієнта теплопередачі окремих огорожувальних конструкцій будинку (зовнішні стіни, стеля верхнього поверху, перекриття над підвалом, вікна).

Необхідний термічний опір окремої огорожувальної конструкції $R_0^п$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, вибираємо з додатку Д [4]. Виходячи із $R_0^п$ підбираємо товщину шарів

матеріалів для кожної огорожувальної конструкції. Кожна огорожувальна конструкція, як правило, повинна складатися з несучого шару матеріалу (цегли, залізобетонної плити перекриття) і шару утеплювача.

Термічний опір підібраної огорожувальної конструкції $R_{0ф}$ повинен бути не менше від $R_{0п}$, тобто повинна виконуватися умова: $R_{0ф} \geq R_{0п}$. Для цього необхідно розрахувати товщину шарів матеріалу і підібрати відповідну товщину шару утеплювачу.

Конструкція покриття Тип – I

	1. Стяжка з цем.-піщаного розчину марки 100, - 40 мм армована металевою сіткою з чарунками 100x100 мм з дроту д3 ВР-1	
	2. Євроруберойд 2 шари (з смуговою - 4 мм приклеюю) - 3 мм	
	- верхній шар: Акваізол АПП-ПЕ-4,0П	
	- нижній шар: Акваізол СХ-3,0	
	3. Стяжка тип С-3, армована, із цементно- - 15 мм піщаного розчину марки 100	
	4. Теплоізоляційний шар – мінплита - 120 мм DACHROCK MAX $\gamma=153 \text{ кг/м}^3$, $\lambda=0,041$ Вт/мК	
	5. Пароізоляція: руберойд наклеєний на гарячий - 3 мм бітум	
	6. Похилоутворюючий шар: легкий бетон $\gamma=300$ -20÷200 кг/м ³ монолітної укладки мм	
	7. Монолітна залізобетонна плита покриття - 180 мм	
	Σ	- 565 мм

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару в конструкції покриття

Тип – I

Загальний опір теплопередачі огорожувальної багатошарової конструкції визначаємо по формулі:

$$R_{\Sigma} = R_B + \Sigma R_i + R_H, \text{ де}$$

R_B – опір теплопередачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції

$$\frac{1}{(\alpha_B)} - 0,155 \text{ м}^2\text{°C/Вт (ДБН В.2.6-31:2006)}$$

R_H – опір теплопередачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції

$$\frac{1}{(\alpha_3)} - 0,043 \text{ м}^2\text{°C/Вт (ДБН В.2.6-31:2006)}$$

ΣRi – опір теплопередачі всіх окремих шарів.

$$Ri = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \text{ де}$$

δ_i - товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, Вт/(м·К).

$$R\Sigma = R_B + \frac{\delta}{\lambda_1} + \frac{\delta}{\lambda_2} + \frac{\delta}{\lambda_3} + \frac{\delta}{\lambda_4} + \frac{\delta}{\lambda_5} + \frac{\delta}{\lambda_6} + \frac{\delta}{\lambda_7} + R_H$$

$$3,3 = 0,115 + \frac{0,04}{0,93} + \frac{0,007}{0,17} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{\delta}{0,041} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,02}{0,13} + \frac{0,18}{2,04} + 0,043$$

$$3,3 = 0,115 + 0,043 + 0,041 + 0,016 + \frac{\delta}{0,041} + 0,018 + 0,154 + 0,088 + 0,043$$

$$3,3 = 0,518 + \frac{\delta}{0,041} \quad 3,3 + 0,518 = \frac{\delta}{0,041} \quad 2,782 = \frac{\delta}{0,041}$$

$$\delta = 2,782 \times 0,041 = 0,114$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta = 120$ мм

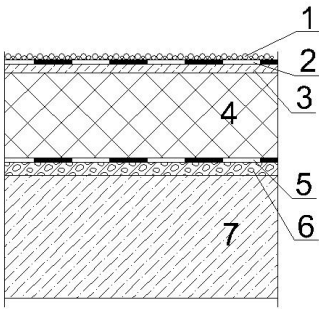
$$3,3 < 0,518 + \frac{0,12}{0,041}$$

$$3,3 < 0,518 + 2,93$$

$$3,3 < 3,448$$

$$R_{q \min} \leq R\Sigma$$

Конструкція покриття Тип – II

	1. Бронююча посипка з розміром зерен 3-10 мм
	2. Євроруберойд 2 шари (з смуговою приклеюю) - 4мм
	3. Стяжка тип С-3, армована, із цементно-піщаного розчину марки 100 - 15мм
	4. Теплоізоляційний шар – міноплита DACHROCK MAX $\gamma=153 \text{ кг/м}^3$, $\lambda=0,041 \text{ Вт/мК}$ - 120мм
	5. Пароізоляція: руберойд наклеєний на гарячий бітум - 3мм
	6. Похилоутворюючий шар: легкий бетон $\gamma=300 \text{ кг/м}^3$ монолітної укладки - 20÷200мм
	7. Монолітна залізобетонна плита покриття - 180мм
Σ 535мм	

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару в конструкції покриття Тип – II

Загальний опір теплопередачі огорожувальної багатошарової конструкції визначаємо по формулі:

$$R_{\Sigma} = R_B + \Sigma R_i + R_H, \text{ де}$$

R_B – опір теплопередачі внутрішньої поверхні огорожувальної

$$\text{конструкції } \left(\frac{1}{\alpha_B} \right) - 0,155 \text{ м}^2\text{°C/Вт (ДБН В.2.6-31:2006)}$$

R_H – опір теплопередачі зовнішньої поверхні огорожувальної

$$\text{конструкції } \left(\frac{1}{\alpha_3} \right) - 0,043 \text{ м}^2\text{°C/Вт (ДБН В.2.6-31:2006)}$$

ΣR_i – опір теплопередачі всіх окремих шарів.

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}},$$

де

δ_i - товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, Вт/(м·К).

$$R_{\Sigma} = R_B + \frac{\delta}{\lambda_1} + \frac{\delta}{\lambda_2} + \frac{\delta}{\lambda_3} + \frac{\delta}{\lambda_4} + \frac{\delta}{\lambda_5} + \frac{\delta}{\lambda_6} + \frac{\delta}{\lambda_7} + R_H$$

стяжка рубер. стяжка утепл. пароіз. лег.бет. з/бплита

$$3,3 = 0,115 + \frac{0,01}{0,43} + \frac{0,007}{0,17} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{\delta}{0,041} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,02}{0,13} + \frac{0,18}{2,04} + 0,043$$

$$3,3 = 0,115 + 0,023 + 0,041 + 0,016 + \frac{\delta}{0,041} + 0,018 + 0,154 + 0,088 + 0,043$$

$$3,3 = 0,498 + \frac{\delta}{0,041} \qquad 3,3 - 0,498 = \frac{\delta}{0,041} \qquad 2,802 = \frac{\delta}{0,041}$$

$$\delta = 2,802 \times 0,041 = 0,115$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta = 120$ мм

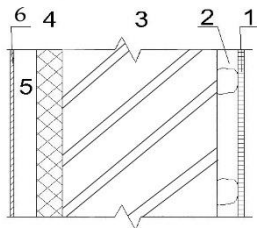
$$3,3 < 0,498 + \frac{0,12}{0,041} \qquad 3,3 < 0,498 + 2,93$$

$$3,3 < 3,428$$

$$R_{q \min} \leq R_{\Sigma}$$

2.9.1 Розрахунок зовнішніх стін

Конструкція зовнішньої стіни із силікатної цегли товщиною 510 мм



1. ГКЛ на клею	- 12,5 мм
2. Повітряний прошарок	- 40 мм
3. Цегла силікатна	- 510 мм
4. Теплоізоляційний шар: мінплита WENTIROK $\gamma=112$ кг/м ³ $\lambda=0,044$ Вт/мК	- 90 мм
5. Повітряний прошарок	- 40 мм
6. Фасадна система	
Σ	- 692,5 мм

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару в зовнішній стіні

Загальний опір теплопередачі огорожувальної багатошарової конструкції визначаємо по формулі:

$$R_{\Sigma} = R_B + \Sigma R_i + R_H, \text{ де}$$

R_B – опір теплопередачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції $\left(\frac{1}{\alpha_B}\right) - 0,155 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ (ДБН В.2.6-31:2006)

R_H – опір теплопередачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції $\left(\frac{1}{\alpha_3}\right) - 0,043 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ (ДБН В.2.6-31:2006)

ΣR_i – опір теплопередачі всіх окремих шарів.

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}},$$

де

δ_i - товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, Вт/(м·К).

$$R_{\Sigma} = R_B + \overset{\text{ГКЛ}}{\frac{\delta}{\lambda_1}} + \overset{\text{пов.п.}}{\frac{\delta}{\lambda_2}} + \overset{\text{с.цегла}}{\frac{\delta}{\lambda_3}} + \overset{\text{утеп.}}{\frac{\delta}{\lambda_4}} + R_H$$

$$3,8 = 0,115 + \frac{0,0125}{0,21} + 0,14 + \frac{0,51}{0,87} + \frac{\delta}{0,044} + 0,043$$

$$3,8 = 0,115 + 0,059 + 0,14 + 0,586 + \frac{\delta}{0,044} + 0,043$$

$$3,8 = 0,943 + \frac{\delta}{0,044} \quad 3,8 - 0,943 = \frac{\delta}{0,044} \quad 1,857 = \frac{\delta}{0,044}$$

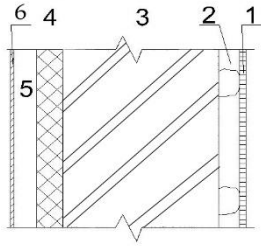
$$\delta = 1,857 \times 0,044 = 0,082 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta = 90 \text{ мм}$

$$3,8 < 0,943 + \frac{0,09}{0,044} = 0,943 + 3,045 = 3,99$$

$$R_{q \min} \leq R_{\Sigma}$$

Конструкція зовнішньої стіни із силікатної цегли товщиною 380мм.



1. ГКЛ на клею	- 12,5 мм
2. Повітряний прошарок	- 40 мм
3. Цегла силікатна	- 380 мм
4. Теплоізоляційний шар: мінплита WENTIROK $\gamma=112 \text{ кг/м}^3$ $\lambda=0,044$ Вт/мК	- 90 мм
5. Повітряний прошарок	- 40 мм
6. Фасадна система	
Σ	- 562,5 мм

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару в зовнішній стіні

Загальний опір теплопередачі огорожувальної багатошарової конструкції визначаємо по формулі:

$$R_{\Sigma} = R_B + \Sigma R_i + R_H, \text{ де}$$

R_B – опір теплопередачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції $\left(\frac{1}{\alpha_B}\right) - 0,155 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ (ДБН В.2.6-31:2006)

R_H – опір теплопередачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції $\left(\frac{1}{\alpha_3}\right) - 0,043 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ (ДБН В.2.6-31:2006)

ΣR_i – опір теплопередачі всіх окремих шарів.

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}},$$

де

δ_i - товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару,

$$R_{\Sigma} = R_B + \frac{\delta_{\text{ГКЛ}}}{\lambda_1} + \frac{\delta_{\text{пов.п.}}}{\lambda_2} + \frac{\delta_{\text{с.цегла}}}{\lambda_3} + \frac{\delta_{\text{утеп.}}}{\lambda_4} + R_H$$

$$3,8 = 0,115 + \frac{0,0125}{0,21} + 0,14 + \frac{0,38}{0,87} + \frac{\delta}{0,044} + 0,043$$

$$3,8 = 0,115 + 0,059 + 0,14 + 0,437 + \frac{\delta}{0,044} + 0,043$$

$$3,8 = 0,794 + \frac{\delta}{0,044} \quad 2,8 - 0,794 = \frac{\delta}{0,044} \quad 2,006 = \frac{\delta}{0,044}$$

$$\delta = 2,006 \times 0,044 = 0,088\text{м}$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta = 90 \text{ мм}$

$$3,8 < 0,794 + \frac{0,09}{0,044} = 0,794 + 3,045 = 3,839 \quad R_{q \min} \leq R_{\Sigma}$$

2.9.2 Підбір вікон

Конструкцію та термічний опір світлових прорізів (вікон) підбираємо за додатком Е [4] в залежності від розрахункової різниці температур. Для даного проекту різниця температур складає: $t_{\text{в}} - t_{\text{зов}} = 20 - (-21) = 41^{\circ}\text{C}$. За табл.2 дод. Е для $t_{\text{в}} - t_{\text{зов}} = 41^{\circ}\text{C}$ $R_0^{\text{п}} = 0,6 \text{ м}^2\text{C/Вт}$.

Для даного будинку приймаємо вікна в пластикових рамах з потрібним засклінням (одинарне плюс подвійне), які мають $R_0^{\text{ф}} = 0,62 \text{ м}^2\text{C/Вт}$, тобто умова $R_0^{\text{п}} \leq R_0^{\text{ф}}$ виконується. Для прийнятих вікон $K = 2,3 \text{ Вт/м}^2\text{C}$ (для цегляного будинку).

2.10 Розрахунок теплових втрат приміщень

Система тепло холодопостачання повинна компенсувати всі тепловтрати будинку – через огорожуючі конструкції та на нагрівання зовнішнього холодного повітря, яке проникає в приміщення через різні нещільності в огорожуючих конструкціях (інфільтрація).

Приміщення нумеруємо на планах починаючи з першого поверху - №201, 202, 203 тощо (див. арк.4).

Розрахункові тепловтрати розраховуємо за формулою згідно п. 2.2 [5]:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{гол}} + Q_{\text{інф}}, [\text{Вт}] \quad (2.9.1)$$

де $Q_{\text{гол}}$ – тепловтрати через огорожуючі конструкції, Вт;

$Q_{\text{інф}}$ – втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, Вт;

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

$$Q_{\text{г}} = 1/R_0^{\phi} \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}})(1 + \Sigma\beta) \cdot n, [\text{Вт}] \quad (2.9.2)$$

де F – теплопередаюча поверхня огорожуючої конструкції, м^2 ;

R_0^{ϕ} – повний фактичний термічний опір огорожуючої конструкції, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$t_{\text{в}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $^\circ\text{C}$ [2].

$t_{\text{з}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$, приймається середня

температура найбільш холодної п'ятиденки [7];

β – додаткові втрати теплоти, що враховуються для зовнішніх вертикальних і нахилених огорожуючих конструкцій будівлі згідно табл. 3 [5].

n – коефіцієнт, що враховує додатковий захист огорожувальної конструкції від зовнішніх температур, дод. Н .

Втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря для приміщень, в яких є вікно розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{в}} = 0,337 \cdot F_{\text{п}} \cdot h \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}), [\text{Вт}] \quad (2.9.3)$$

де $F_{\text{п}}$ – площа підлоги приміщення, м^2 ;

h – відстань від стелі до підлоги (не більше 3м);

Розрахунок виконано програмним комплексом розрахунки додані у вигляді таблиць (Додаток Б)

2.11. Вибір опалювальних приладів

Тепло холодопостачання приміщень громадської будівлі здійснюється підлоговими фанкойлами MITSUSHITO корпусні MFF4 з забором повітря збоку. Регулювання тепловіддачі опалювальних приладів здійснюється терморегуляторами, які вмонтовані на кожному приладі.

Системи тепло холодопостачання запроектовані горизонтальні двотрубні тупикові з насосною циркуляцією теплоносія.

Для тепло холодопостачання прийняті труби пластикові “ЕКОPLASTIK” типу STABI PN 20, які прокладаються в товщі підлоги в захисній гофрованій трубі типу «пешель».

Необхідну тепловіддачу фанкойла обчислимо за формулою:

$$L = Q_n / q_{\text{приладу}}, \quad (2.11.1)$$

де: Q_n - тепловитрати в кімнаті, Вт;

$q_{\text{пр}}$ - тепловіддача радіатора, в залежності від типорозміру, Вт.

Аналогічно ведемо розрахунки для інших кімнат - отримуємо «Розрахунок тепловитрат через огорожуючі конструкції та на нагрів повітря, що інфільтрується»

Проектом передбачається установка за гріючими приладами теплоловідбиваючих екранів, крім того всі фанкойли обладнуються терморегуляторами.

Випуск повітря передбачається у верхніх точках системи тепло холодопостачання повітровипускними кранами типу Маєвського.

2.12 Гідравлічний розрахунок трубопроводів

Розрахунок трубопроводів виконуємо після визначення всіх тепловитрат приміщень, вибору і розміщення обігрівальних приладів, складання схеми тепло холодопостачання в аксонометрії.

Гідравлічний розрахунок зводиться до визначення оптимальних діаметрів трубопроводів на кожній ділянці циркуляційних кілець.

Циркуляційний тиск P_p , Па, в загальному вигляді визначається за формулою:

$$P_p = P_{\text{шт}} + P_{\text{пр}}, \quad (2.12.1)$$

де: $P_{\text{шт}}$ – штучний тиск, викликаний збуджувачем, Па.

$$P_{\text{шт}} = (80 \dots 100) \Sigma l, \quad (2.12.2)$$

де: Σl – довжина циркуляційного кільця, м;

Природний тиск враховується тоді, коли він складає більше 10% від тиску штучного, P_p повинно бути не більше 10 – 12 кПа.

$P_{\text{пр}}$ – природний тиск, який виникає в кільці за рахунок охолодження води в елементах системи.

$$P_{\text{пр}} = \Delta P_{\text{пр.прил.}} + \Delta P_{\text{пр.труб}}, \quad (2.12.3)$$

де: $\Delta P_{\text{пр.прил.}}$ - природний циркуляційний тиск через опалювальний прилад нижнього поверху;

$$\Delta P_{\text{пр.прил.}} = \beta \cdot g \cdot h(t_r - t_o), \quad (2.12.4)$$

де: h – вертикальна відстань між опалювальним приладом на нижньому поверсі і точкою нагрівання;

β – середній приріст густини при пониженні її температури на 1°C , при розрахунковій різниці температур $t_r - t_o = 90 - 70^\circ\text{C}$, $\beta = 0,64$;

$\Delta P_{\text{пр.труб}}$ – додатковий тиск від охолодження води в трубах, визн. за графіком V.5 [3].

Розрахунок починаємо із самого невідгідного циркуляційного кільця, яке проходить через найбільш віддалений опалювальний прилад. Вибране циркуляційне кільце ділиться на ділянки. Через кожен ділянку протікає постійна кількість води, а межі ділянок знаходяться в точках зміни потужності потоку.

Для попереднього підбору діаметра труб на ділянках розрахункового циркуляційного кільця необхідно знати витрати води на ділянці G , кг/год і допустиму питому середню втрату тиску на 1м за рахунок тертя R_d , Па/м.

Витрати води визначаємо за виразом:

$$G = \frac{3.6 \cdot Q}{4.187(t_r - t_o)}, \quad (2.12.5)$$

де: Q – теплове навантаження ділянки циркуляційного кільця, Вт;

t_r – температура гарячої води, $^\circ\text{C}$;

t_o – температура охолодженої води, $^\circ\text{C}$.

Допустиму середню втрату тиску R_d визначаємо за виразом:

$$R_d = 0,9 \cdot k \cdot P_p / \Sigma l, \quad (2.12.6)$$

де: Σl - сумарна довжина розрахункових ділянок циркуляційного кільця, м;

k – доля втрат тиску на тертя, приймаємо для системи зі штучною циркуляцією $k = 0,65$.

$$R_d = 0,9 \cdot 0,65 \cdot 4449/55 = 80,8 \text{ (Па/м)};$$

Для даної системи приймаємо сталеві труби та металопластикові труби (для розводки по поверхх торгівельного комплексу). Орієнтуючись на витрату та швидкість руху води на ділянці (G , кг/год, V , м/с), з таблиць визначають діаметр трубопроводу, питомі витрати тиску від тертя на 1 м і динамічний тиск, які заносять до таблиці 2.2, після цього визначають втрати тиску від тертя на ділянці.

Втрати тиску в місцевих опорах визначаємо за формулою:

$$Z = \sum \xi \cdot p_d, \quad (2.12.7)$$

де: ξ – коефіцієнт місцевого опору, визначається з каталогів виробників фасонних частин;

p_d – динамічний тиск, визн. за додатком 9 [3] .

Після цього підраховуємо суму втрат тиску від тертя і суму втрат тиску від місцевих опорів. Потім визначають дійсні сумарні втрати тиску в циркуляційному кільці і порівнюють з розрахунковим циркуляційним тиском.

Якщо запас циркуляційного тиску $\Delta_{\text{зап}}$ знаходиться в межах 5-10%, розрахунок можна вважати закінченим, якщо запас менший або перевищує допустимий здійснюють корегування діаметрів труб і проводять перерахунок до одержання відповідного запасу тиску.

Таблица 2.2 Розрахунок головного напівкільця 2-го поверху

№	Q, Вт	G, кг/год	L, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	RL, Па	$\Sigma \xi$	P _д	Z, Па	RL+Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-1	1529	65,7	3,5	20	0,06	3,5	10,5	5,5	5	9,9	20,4
1-2	3822	164,3	3,0	20	0,126	16	48	1,0	7,2	7,8	55,8
2-3	6115	263	3,0	20	0,2	38	114	1,0	22	20	134
3-4	8408	361,5	3,0	20	0,28	75	225	1,0	39,1	42	267
4-5	10701	460,7	3,0	25	0,22	40	120	1,0	25,3	24	144
5-6	12994	558,7	3,0	25	0,27	55	165	1,0	37	35	200
6-7	15287	657,3	3,0	25	0,318	75	225	1,5	47,9	124	344
7-8	17580	756	3,0	25	0,21	24	72	1	22	22	94
8-9	19873	854,5	2,5	32	0,24	29	72,5	2,5	28,7	72,5	145
9-10	21020	904	5,5	32	0,25	32	176	1	31,2	31	207
10-11	22167	953,2	5,5	32	0,26	35	192,5	1	33,7	34	226,5
11-12	23314	1002,5	5,5	32	0,28	40	220	1	39,1	39	259
12-13	24461	1051,8	2,5	32	0,303	45	112,5	5	44,9	226	338,5
13-14	27902	1199,8	5,0	32	0,33	55	275,0	6	54,3	327	602
			$\Sigma 55$								$\Sigma 3321,6$

$$P_{\text{цирк}} = 80 \cdot 55 + 0,4 \cdot (9,81 \cdot (-5) \cdot 0,64 \cdot 20 + 750) = 4449 \text{ (Па)};$$

$$R_d = 0,9 \cdot 0,65 \cdot 4449 / 55 = 80,8 \text{ (Па/м)};$$

Розрахунок напівкільця 2-го поверху

№	Q, Вт	G, кг/год	L, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	RL, Па	$\Sigma \xi$	P _д	Z, Па	RL+Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-1	1147	49,32	3,0	20	0,07	3,5	10,5	5,5	6	9,9	20,4
1-2	2294	98,64	25,5	20	0,077	5,5	140,25	7	6,6	19,7	160
2-3	3441	148	4,0	25	0,117	1,4	56	6,5	9,8	43,1	99,1
			$\Sigma 32,5$								$\Sigma 279,5$

Розрахунок головного напівкільця (1-го поверху).

№	Q, Вт	G, кг/год	L, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	RL, Па	$\Sigma \xi$	P _д	Z, Па	RL+Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-1	3440	148	6,0	20	0,113	13,0	78,0	5,5	6,6	46,6	124,6
1-2	4778	205,5	3,0	20	0,157	24,0	72,0	1,0	11,9	12,0	84,0
2-3	6116	263	3,0	25	0,131	14,0	42,0	3,0	8,5	25,4	67,4
3-4	6451	277,4	4,0	25	0,136	15,0	45,0	1,0	9,1	9,1	54,1
4-5	9891	425,3	1,5	25	0,208	34,0	51,0	1,5	21,0	31,5	82,5
5-6	10317	443,6	6,0	25	0,214	36,0	216,0	3,0	23,7	23,0	239,0

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6-7	11846	509,4	5,0	25	0,242	45,0	225,0	1,0	28,7	29,0	254,0
7-8	14521	624,4	8,5	25	0,3	65,0	552,5	1,0	44,9	45,0	597,5
8-9	15859	682	3,0	25	0,328	80,0	240,0	1,0	52,7	53,0	293,0
9-10	17197	739,5	1,0	25	0,36	95,0	95,0	6,0	64,6	325,0	420,0
10-11	30708	1320	2	32	0,365	65	130	6	66,4	334	464
$\Sigma 43,0$						$\Sigma 2680,1$					

Розрахунок 2- го напівкільця (1-го поверху).

№	Q, Вт	G, кг/год	L, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	RL, Па	$\Sigma \xi$	P _д	Z, Па	RL+Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	11,28	9	10	11	12
11-12	1501	64,5	4,0	20	0,05	2,8	11,2	5,5	6,0	6,8	18,0
12-13	3753	161,4	3,0	20	0,126	16,0	48,0	1,0	7,2	7,8	55,8
13-14	6005	258,2	3,0	20	0,195	36,0	108,0	1,0	19	19,1	127,1
14-15	7506	322,7	6,0	25	0,155	19,0	114,0	5,0	11,9	60,2	174,2
15-16	9007	387,3	3,0	25	0,186	28,0	84,0	1,0	18,0	17,2	101,2
16-17	11255	484,0	3,0	25	0,228	40,0	120,0	1,0	25,3	25,0	145,0
17-18	13511	581,0	19,0	32	0,16	14,0	266,0	5,0	12,8	39,8	305,8
			$\Sigma 41$								$\Sigma 927,1$

$$P_{\text{цирк}} = 80 \cdot 43,0 + 0,4 \cdot (9,81 \cdot (-1) \cdot 0,64 \cdot 20 + 750) = 3135 \text{ (Па)};$$

$$R_{\text{д}} = 0,9 \cdot 0,65 \cdot 3835/43 = 42,65 \text{ (Па/м)}.$$

Розрахунок тепло холодопостачання підсобних приміщень (2-й пов.).

№	Q, Вт	G, кг/год	L, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	RL, Па	Σξ	PД	Z, Па	RL+Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-1	956	41,1	4	20	0,03	1,3	5,2	5,5	6	27,1	32,3
1-2	2489	107,0	2,0	20	0,086	7,0	14,0	4,0	6	14,5	28,5
2-3	2840	122,1	1,5	25	0,06	2,6	3,5	1,0	6	1,8	5,3
		2									
3-4	3195	137,4	6,5	25	0,07	3,1	20,2	2,5	6	7,3	147,5
4-5	4915	211,3	22,5	25	0,103	9,0	20,25	7,0	6	38,7	241,2
Σ 36,5						Σ459,8					

$$P_{\text{цирк}} = 80 \cdot 36,5 + 0,4 \cdot (9,81 \cdot (-5) \cdot 0,64 \cdot 20 + 750) = 2969 \text{ (Па)};$$

$$R_{\text{д}} = 0,9 \cdot 0,65 \cdot 2969/36,5 = 81,3 \text{ (Па/м)};$$

Розрахунок тепло холодопостачання приміщень виставкової зали (1-й пов.).

№	Q, Вт	G, кг/год	L, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	RL, Па	$\Sigma \xi$	P _д	Z, Па	RL+Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-1	1751	75,3	9,0	20	0,06	3,4	30,6	11,5	6,0	18,0	48,6
1-2	3502	150,6	3,5	20	0,117	14,0	45,0	2,5	6,6	16,6	61,6
2-3	5795	249,1	2,5	25	0,12	12,0	30,0	1,0	7,2	7,2	37,2
3-4	8088	347,8	10,0	25	0,168	22,0	220,0	8,0	14,4	115,9	336,0
4-5	8881	381,9	1,5	25	0,185	26,0	35,0	4,0	17,1	68,6	103,6
5-6	9238	397,2	1,5	25	0,19	28,0	42,0	3,0	18,0	54,3	96,3
6-7	10032	413,4	8,0	25	0,2	32,0	256,0	4,0	20,0	80,2	336,2
$\Sigma 36,0$										$\Sigma 1019,5$	

$$P_{\text{цирк}} = 80 \cdot 36,0 + 0,4 \cdot (9,81 \cdot (-1) \cdot 0,64 \cdot 20 + 750) = 3124,6 \text{ (Па)};$$

$$R_{\text{д}} = 0,9 \cdot 0,65 \cdot 3124,6 / 36 = 86,7 \text{ (Па/м)};$$

2.13 Висновок

В результаті розробки даної частини роботи був виконаний теплотехнічний розрахунок будівлі, загальні тепловтрати будівлі склали 68,1кВт, та проведені гідравлічні розрахунки горизонтальних двохтрубних систем тепло холодопостачання. На основі виконаного теплотехнічного розрахунку і визначених тепловитрат приміщень були підібрані опалювальні прилади, які забезпечують більшу тепловіддачу та більш ефективні.

На основі виконаного гідравлічного розрахунку було визначено діаметри трубопроводів та побудовано аксонометричні схеми систем тепло холодопостачання.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

3.1 Вихідні дані

Розробити технологію монтажу системи вентиляції громадської будівлі області з використанням припливно-витяжного обладнання з рекуперацією.

Витяжна система вентиляції призначена для видалення відпрацьованого повітря та шкідливих викидів, що утворюються у приміщеннях торговельного центру. В свою чергу припливна система призначена для подачі в приміщення чистого попередньо-підготованого (підігрітого/охолодженого, зволоженого) повітря.

Влаштування систем припливної та витяжної вентиляції для створення оптимальних умов праці є обов'язковим.

3.2 Аналіз конструктивних особливостей об'єкту

Згідно аксонометричних схем припливно – витяжна система вентиляції складається з таких елементів:

- припливно – витяжна установка, в якій розміщений вентилятор з електродвигуном, теплоутилізатор та обладнання для обробки повітря;
- мережа повітроводів з приєднаними решітками.

Перелік витрат основних матеріалів наведено в таблицях 3.1-3.2

Таблиця 3.1 – Перелік витрат матеріалів на прямі ділянки повітроводів, переходи, відводи та переходи

Розмір, мм	Довжина, м (кількість, шт)	Площа, м ²		Об'єм, м ³	Маса, кг
		1м,(шт)	Всього		
1	2	3	4	5	6
Прямі ділянки					
150x100	25,0	0,488	12,5	0,006	48,8
150x150	72,0	0,6	43,2	0,022	168,5
200x150	40,0	0,7	28,0	0,04	109,2
400x200	23,0	1,2	27,6	0,02	150,7
500x200	30,0	1,4	42,0	0,03	163,8
500x250	40,0	1,5	60,0	0,042	327,6
Переходи					
500x250/Ø315	0,5	-	1,48	0,0001	8,08
Ø200/200x150	0,3	-	2,0	0,00012	9,4
Ø160/200x150	0,2	-	0,2	0,00001	0,9
Ø160/150x150	0,15	-	0,18	0,00001	0,7
					987,68

Таблиця 3.2 - Витрата основних матеріалів

№ п/п	Найменування	Тип, марка	Кількість, шт	Вага, кг	
				одиниці	загальна
1	2	3	4	5	6
1	Припливний агрегат з рекуперацією тепла	MAXI 2000 HW (Systemair)	4	200,0	800,0
2	Припливний агрегат	TA-450 EL (Systemair)	1	46,0	46,0
3	Вентилятор	K160 XL		3,9	3,9
4	Шумоглушник	LDR 50-25	4	17,0	68,0
5	Шумоглушник	LDC 200-600	1	7,0	7,0
6	Шумоглушник	LDC 160-600	1	5,8	5,8
7	Решітки вентиляційні	Combi CVVX315	4	7,8	31,2
8	Клапани повітряні припливного повітря	EDF -315	4	5,2	20,8
9	Клапани повітряні припливного повітря	EDF -250	9	4,3	38,7
10	Віброгасник	VDM 2000	4	1,0	40,0
11	Байпас	BP 2000	4	5,6	5,6
12	Байпасний клапан з ел. приводом для Maxi 2000	-	4	2,2	8,8
13	Двохходовий клапан для Maxi 2000	-	4	1,3	5,2

1	2	3	4	5	6
14	Повітряна завіса	ScreenMaster LG8	1	16,0	16,0
15	Решітка повітрозабірна	IGC 200	1	1,3	1,3
16	Решітка вентиляційна припливно-витяжна	GSV 200x100	4	0,3	1,2
17	Те ж 300x150 мм	GSV 300x150	26	0,6	15,6
18	Те ж 400x100 мм	GSV 400x100	2	0,7	1,4
19	Решітка вентиляційна	MB 120	10	0,2	2,0
20	Решітка вентиляційна	MB 100	3	0,15	0,45
21	Пінофол фольгований $\delta=5\text{мм}$, м^2	-	31	0,4	12,4
					1131,35

3.3 Визначення складу робіт

3.3.1 Визначення складу робіт по влаштуванню систем припливно-витяжної вентиляції

1. Установка прийомних блоків включає в себе наступні види робіт:

1. Збір блоків з окремих вузлів та деталей.
2. Установка блоків.
3. Установка опор. Приєднання блоків на болтах з постановкою прокладок. [5.,84с].

2. Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу Н товщиною сталі 0,5-0,7 мм. Включає в себе наступні види робіт:

1. Збір ланок повітроводів в блоки.
2. Установка та зборка кріплень.
3. Підйом блоків та тимчасове їх підвішування.
4. Установка блоків в проектне положення.
5. З'єднання блоків на болтах з постановкою прокладок.

3. Пробивання отворів понад 25 мм у цегляних стінах вручну

Включає в себе:

1. Розмітку місць пробивання отворів.
2. Пробивання отворів.

4. Установка припливно-витяжних агрегатів включає в себе наступні види робіт:

1. Установка та зборка кріплень.

2. Підйом агрегатів та тимчасове їх підвішування.
 3. Установка агрегатів в проектне положення.
 4. Вивірка агрегатів .
 5. Випробування вентиляторів.
 5. Установка глушників шуму вентиляційних установок включає в себе наступні види робіт:
 1. Установка шумоглушників з приєднанням до повітроводу.
 2. Установка та зборка кріплень. [5.,84с]
 6. Установка вентиляторів осьових включає в себе наступні види робіт:
 1. Установка вентиляторів з електродвигуном на одній осі на готову основу.
 2. Опробування вентиляторів.
 7. Випробування та пуско-наладка мережі систем вентиляції та кондиціонування повітря при кількості перерізів до 10.
 8. Випробування та пуско-наладка шахт природної витяжної вентиляції.
 9. Випробування та пуско-наладка осьових вентиляторів. [8,340с]
- Визначення втрат (підсосів) повітря у вентиляційні мережі переносним вентилятором при сумарній довжині повітроводів до 60 м, площа перерізу повітроводу в місці приєднання переносного вентилятора до 2 м².
10. Визначення трудомісткості монтажних робіт та складання графіку виконання робіт, загальної тривалості робіт і складу бригад по влаштуванню систем вентиляції. [8,10с]
 11. Визначення трудомісткості монтажних робіт та складання графіку виконання робіт, загальної тривалості робіт і складу бригад.

Трудомісткість визначається за формулою:

$$Q = \frac{H_{\text{ч}} \cdot V}{8} \quad [\text{люд-днів}] \quad (3.3.1)$$

Де $H_{\text{ч}}$ – норма часу, встановлюється у ДБН

V - об'єм робіт

Тривалість роботи визначається за формулою:

$$T = \frac{Q}{N} \text{ днів} \quad (3.3.2)$$

Де Q – трудомісткість, [люд-днів];

N – кількість робітників, які виконують дану роботу, [люд].

3.4 Визначення трудомісткості монтажних робіт та складання графіку виконання робіт, загальної тривалості робіт і складу бригад по влаштуванню системи вентиляції

1. Доставка деталей на робочий майданчик та їх складування

Вимірник – 1 тонна

Норма часу: $N_{BP} = 3,1$ люд-год.

Затрати праці $Q = 3,1 \cdot (29/8) = 1,2$ люд-дні.

Склад бригади: 1 водій, 1 слюсар-сантехнік

Тривалість $T = \frac{1,2}{2} = 0,6$ днів

Приймаємо $T = 1$ день.

2. Розмітка вісей, монтаж підвісок, кронштейнів

Норма часу на виконання даної роботи $N_{\text{ч}} = 2,1$ люд/год;

Середній розряд робіт – 4

Трудомісткість: $Q = \frac{40 \cdot 2,1}{8} = 10,5$ люд/днів;

Тривалість виконання даної роботи: $\bar{O} = \frac{10,5}{3} = 3,5$ днів;

Приймаємо: $T = 3$ дні.

Склад ланки: монтажник 3 розряду, 4 розряду, 5 розряду;

3. Прокладання повітроводів із оцинкованої сталі класу Н (нормальні) товщиною сталі 0,5- 0,7 мм.

Вимірник: 100 м² повітроводів

Норма часу: $N_{BP} = 239,7$ люд.-год

$$Q = \frac{239,7 \cdot 2,25}{8} = 66 \text{ люд-днів;}$$

$$\dot{O} = \frac{Q}{N} = \frac{66}{6} = 11 \text{ днів.}$$

Приймаємо: 11 днів.

Склад ланки: 3 монтажники 3-го розряду,

3 монтажник 4-го розряду

4. Встановлення ґраток жалюзійних

Вимірник – 1 решітка

Витрати праці робітників-будівельників – 1,82 люд.-год

Середній розряд робіт – 3,4

$$Q = \frac{1,82 \cdot 50}{8} = 11,4 \text{ люд-днів;}$$

$$\dot{O} = \frac{Q}{N} = \frac{11,4}{3} = 3,8 \text{ днів.}$$

Приймаємо : -4 дні.

Склад ланки: 1 монтажник 4-го розряду,

2 монтажники 3-го розряду.

5. Установка агрегатів вентиляторних продуктивністю до 10 тис. м³/год

Вимірник – 1 агрегат.

Витрати праці робітників-будівельників – 18,36 люд.-год

Середній розряд робіт – 4

$$Q = \frac{18,36 \cdot 4}{8} = 9,18 \text{ люд-днів;}$$

$$\dot{O} = \frac{9,18}{3} = 3,06 \text{ днів.}$$

Приймаємо: 3 дні.

Склад ланки: 3 монтажники 4-го розряду.

6. Установка глушників шуму вентиляційних установок

Вимірник – 1 шт.

Витрати праці робітників-будівельників – 3,09 люд.-год

Середній розряд робіт – 3,3

$$Q = \frac{3,09 \cdot 6}{8} = 2,3 \quad \text{люд-днів};$$

$$\dot{O} = \frac{2,3}{3} = 0,77 \quad \text{днів.}$$

Приймаємо: - 1 день.

Склад ланки: 3 монтажники 4-го розряду.

7. Установка вентиляторів осьових масою до 0,025 т.

Вимірник – 1 вентилятор.

Витрати праці робітників-будівельників – 6,21 люд.-год

Середній розряд робіт – 4

$$Q = \frac{6,21 \cdot 2}{8} = 1,6 \quad \text{люд-днів};$$

$$\dot{O} = \frac{1,6}{2} = 0,8 \quad \text{днів.}$$

Приймаємо : -1 день.

Склад ланки: 3 монтажники 4-го розряду.

8. Прокладання трубопроводів із водогазопровідних труб діаметром 20-25 мм включає в себе наступні види робіт: 1. Розмітка місць установки кріплень. 2. Установка кріплень. 3. Прокладка трубопроводів з готових вузлів або окремих деталей на зварці з підтримуванням при прихватці. 4. Вивірка трубопроводів. 5. Накручування муфтової арматури і фасонних частин і приєднання. 6. Установка і заробка гільз в готові отвори в місцях проходів трубопроводів стінах та перекриттях.

Вимірник – 100 м.

Витрати праці робітників-будівельників – 55,27 люд.-год

Середній розряд робіт – 4

$$Q = \frac{55,27 \cdot 1,50}{8} = 10,3 \quad \text{люд-днів};$$

$$\dot{O} = \frac{10,3}{3} = 3,43 \quad \text{днів.}$$

Приймаємо : 3,5 днів.

Склад ланки: 3 монтажники 4-го розряду.

9. Випробування та пуско-наладка мережі систем вентиляції повітря при кількості перерізів до 10

Витрати праці: Провідний інженер – 5,6 люд.-год

$$Q = \frac{5,6 \cdot 4}{8} = 2,8 \quad (\text{люд-днів});$$

$$\dot{O} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \quad (\text{днів}).$$

Технік – 2,8 люд.-год

$$Q = \frac{2,8 \cdot 4}{8} = 1,4 \quad (\text{люд-днів});$$

$$\dot{O} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \quad (\text{днів}).$$

Приймаємо: 2 дні.

10. Вивезення деталей з робочого майданчика

Норма часу: $N_{BP} = 3,1$ люд-год.

Вимірник – 1 тонна

Затрати праці $Q = 3,1 \cdot (0,3/8) = 0,2$ люд-дні.

Склад бригади: 2 монтажників

Тривалість $T = 0,2/2 = 0,1$ день.

Приймаємо $T = 1$ день.

$$Q_{\text{заг}} = \sum Q = 19,0 \text{ люд-днів.}$$

3.5 Розрахунок витрат допоміжних ресурсів

Для виконання робіт визначається витрата допоміжних матеріалів, яка наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Витрата допоміжних матеріалів

№ п/п	Шифр ресурсу	Найменування	Од. виміру	Кількість
1	2	3	4	5
1	C111-27	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0-10,0 мм	т	0,0211846
2	C111-116	Гвинти з напівкруглою головкою, довжина 55-120 мм	т	0,00032
3	C111-479	Фарба порошкова П ПЭ-971 марка А,Б,В, червоно-коричнева	т	0,00032
4	C111-306	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	27,87
5	C111-605	Мастика герметизувальна «Гелан»	т	0,0116343
6	C111-1151	Прокат для армування з/б констр. Круглий та періодичного профілю, клас А, Ø12 мм	т	0,03182
7	C111-1504	Електроди, Ø2мм, марка Э42	т	0,000934
8	C111-1519	Електроди, Ø4мм, марка Э55	т	0,000391
9	C111-1521	Електроди, Ø5мм, марка Э42	т	0,0083
10	C111-1644	Клей гумовий N88-Н	кг	0,002
11	C111-1846	Болти анкерні	т	0,0154
12	C111-1848	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,039
13	C111-144	Віброізолятори пружинні	шт	40
14	C111-1805	Сталь листовая для зонтів	т	0,0156
15	C111-1292	Уайт-спірит	т	0,0001
16	C111-1668	Оліфа натуральна	кг	0,19
17	C111-1746	Прокладки гумові [пластина технічна пресована]	кг	0,64
18	C1545-159	Очіс льняний	т	0,00017
19	C142-10-2	Вода	м³	7,0489
20	C1425-11681	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м³	0,038
21	C1425-11683	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М100	м³	0,0185
23	C1999-9005	Мастильні матеріали	кг	0,4608

3.5.1 Розрахунок витрати енергоносіїв

Витрати дизельного палива:

витрати дизельного палива, при експлуатації автомобіля ГАЗ-3302 [13] протягом 0,2 змін, (при споживанні 15 л/год), будуть складатися:

$$0,2 \times 8 \times 15 = 24 \text{ л.}$$

Загальна витрата бензину становить – 24 л.

3.5.2 Визначення потреб у матеріально-технічних ресурсах

Потреба у монтажних інструментах:

а) вимірювальні інструменти:

- стрічка вимірювальна РС-10, 20м ;
- виски ;
- рівні .

б) ударні інструменти:

- зубила слюсарні ;
- молотки слюсарні;

в) інструменти для збирання :

- викрутки ;
- плоскогубці;
- ключі гайкові;
- пневмогайковерти .

г) інструменти для такелажних робіт :

- ковзани для переміщення вантажу до місця монтажу.

Для виконання робіт по монтажу повітроводів використовується електричний інструмент німецької фірми DeWalt [19] з такими характеристиками:

Таблиця 3.4 Характеристика електроінструменту.

Електродрель ударна DeWalt D21810KS:
Споживча потужність – 770 Вт; Вихідна потужність – 425 Вт; Число обертів – 0-110/0-2700 об/хв.; Кількість ударів за хвилину – 0-18700/0-45900 уд/хв.; Максимальний діаметр свердління – 20 мм; Вага – 2,3 кг.
Перфоратор DeWalt SDS-Max:
Споживча потужність – 1500 Вт; Вихідна потужність – 980 Вт; Число обертів під навантаженням – 125-250 об/хв.; Кількість ударів за хвилину – 1150-2300 уд/хв.; Енергія удару – 3-18 Дж; Максимальний діаметр свердління – 80 мм; Вага – 9,5 кг.

Продовження таблиці 3.4

Відбійний молоток DeWalt D25980:
Споживча потужність – 2000 Вт; Вихідна потужність – 985 Вт; Рівень вібрації – 6,6 м/с ² ; Кількість ударів за хвилину – 870 уд/хв.; Енергія удару – 68 Дж; Вага – 31 кг.

3.6 Отримання об'єкту під монтажні роботи

Перед початком монтажних робіт об'єкт приймають по акту під монтаж. До часу прийняття об'єкту під монтаж виконати наступні роботи : [8,304с]

- отвори в стінах, перегородках, перекриттях для прокладання повітроводів та припливних шахт. При чому об'єкт повинен відповідати проекту по габаритам, прив'язкам до основних конструктивних елементів споруди;
- отвори з закладними деталями для встановлення решіток, клапанів;
- штукатурка стін і стелі в місцях прокладання повітроводів;
- закладні елементи, які використовуються як основа для кріплення підвісок;
- майданчики під вентиляційне та холодильне обладнання.

До моменту монтажу вентиляційної системи забезпечити:

- достатнє освітлення приміщення;
- приміщення для майстра;
- приміщення для складів, майданчики для зберігання заготовок, типових деталей, матеріалів і обладнання в зоні дії транспортних засобів;
- забезпечення електроенергією, водою;
- пожежоно-сторожова охорона;
- можливість використання приоб'єктного транспорту для переміщення та підйому вентиляційних заготовок та обладнання;
- очищення місць виконання від будівельного сміття.

Акт про готовність об'єкту підписує представник генпідрядника і монтажної організації.

Після прийняття, на об'єкті, у відповідності до проекту виконання робіт і безпосередньо перед самим монтажем встановити:

а) монтажні пристосування та механізми;

Поставити на об'єкт:

б) допоміжні матеріали;

в) заготовки вентиляційних систем у комплекті з прокладочними і закріплюючими деталями (прокладки, болти з гайками, хомути, підвіски, кронштейни і т.д.);

г) вентиляційне обладнання у комплекті з віброізоляційними основами, електродвигунами, кронштейнами, анкерними болтами та іншими конструктивними елементами.

3.7 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів, пристосувань та конструкцій кріплень.

До монтажу повітропроводів із сталі висувають наступні вимоги : [1]

- внутрішні поверхні повітропроводів повинні бути гладкі;
- роз'ємні з'єднання повітропроводів повинні бути розміщені в доступних місцях;
- вертикальні повітропроводи не повинні відхилятися від вертикалі більше ніж 2 мм на 1 м довжини повітропроводу;[1]
- болти у фланцевих з'єднаннях повинні бути затягнуті до відмови, усі гайки болтів розташовувати з однієї сторони фланця.

При встановленні болтів вертикально гайки розташовувати в нижній частині з'єднання;

- вільно підвішені повітропроводи повинні бути розчалені шляхом встановлення подвійних підвісок через кожні дві одинарні підвіски, при довжині підвіски до 1.5 м , через кожну одинарну підвіску при її довжині не більше 1.5 м [1].

До початку монтажу необхідно[8,306с] :

- а) на аксонометричній схемі чи монтажному кресленні вентиляційної схеми зробити розбивку на вузли у відповідності з місцевими умовами монтажу;
- б) визначити послідовність монтажу вузлів;
- в) прив'язати до будівельних конструкцій на плані місце розташування і кронштейнів.

3.8 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механічних пристосувань і конструкцій.

3.8.1 Вимоги до монтажу

Осі повітроводів повинні бути паралельними площинам будівельних конструкцій.

При проходженні повітроводів через будівельні конструкції фланцеві або інші роз'ємні з'єднання повітроводів не можна монтувати в огорожуючій конструкції та розташовувати на відстані менше 100 мм від їх поверхні.

До всмоктуючого та нагнітального патрубку вентилятора повітроводи необхідно приєднувати за допомогою гнучких вставок довжиною не менше 150 мм. [3]

Відгалуження від ствола повітроводу можуть виконуватись за допомогою прямих трійників та хрестовин різних перерізів.

Відгалуження за допомогою прямого трійника можуть мати горизонтальне, вертикальне, наклонне розташування трійника.

Відгалуження за допомогою хрестовин можуть бути з двома опусками, з двома відгалуженнями, з двома відгалуженнями і прямими ділянками [3].

3.8.2 Монтаж повітроводів [8,314с]

Перед початком монтажних робіт повітроводи систем вентиляції поділити на укрупнені вузли залежно від способу монтажу, ваги деталей, вантажопідйомності механізмів і місцевих умов, і встановити послідовність монтажу цих вузлів. Розмістити в місця встановлення кріплень і перевірити наявність закладних деталей, що передбачені проектом.

Прямі ділянки повітроводів, фасонні елементи, мережне обладнання з'єднати фланцевим, безфланцевим, хомутовим чи розтрубним з'єднанням.

Одним з найрозповсюдженіших з'єднань є фланцеве. Саме воно використано у даному проекті. На елементах повітроводів передбачені фланці із стрічкової або кутникової сталі. Для зручності збирання фланцевих з'єднань отвори під болти виконати не круглими, а овальними. З'єднуючи металеві фланці, між ними прокласти ущільнюючий матеріал, після чого їх стягнути болтами.

Кріплення горизонтальних металевих повітроводів на фланцевих з'єднаннях передбачити на відстані до 6 м. Кріплення вертикальних повітроводів розташувати з частотою до 4 м. Глибина заробляння кронштейнів в стіни 250...510 мм. Відстань між горизонтальним повітроводом і стіною прийняти 50 мм. [3]

3.8.3 Монтаж каналних вентиляторів .

Канальні вентилятори встановити безпосередньо в повітроводах.

Встановлюючи осьовий вентилятор у повітровід його слід прикріпити до кронштейна або підвісити до перекриття, а фланці кожуха з'єднати болтами з фланцями повітроводу. В повітроводі з боку електродвигуна встановити лючок для приєднання електроживлення і для профілактичного обслуговування.

Монтувати осьові вентилятори слід в наступній послідовності: встановити і вивірити кронштейни, раму чи підвіски для закріплення вентилятора, встановити його в проектне положення і закріпити опорні болти, перевірити відстань між циліндричним корпусом і лопатками робочого колеса (зазор повинен бути рівномірним і не перевищувати 1 % від діаметра робочого колеса, приєднати повітроводи, проводи живлення, перевірити правильність напрямку обертання робочого колеса. [3]

3.8.4 Монтаж припливно-витяжної установки

Припливно витяжна установка MAXI 2000 розроблена для горизонтального монтажу за підвісною стелею. Агрегати MAXI 2000 поставляються укомплектованими припливними та витяжними вентиляторами, припливними та витяжними фільтрами, пластинчатим теплообмінником, додатковим повітрянагрівачем. В комплект входить система автоматики з необхідними датчиками та захистом і виносним пультом. Додатково поставляються повітряні клапани з приводом, хомути і привод з 2-х ходовим клапаном, віброізолюючі опори, кронштейни для підвісного монтажу. Також агрегат можливо укомплектувати секцією водяного охолоджувача, яка встановлюється на повітропроводі, після агрегату MAXI 2000, її холодопродуктивність регулюється автоматикою агрегату. Для зручності транспортування та зберігання агрегат MAXI 2000 поставляється 2-ма секціями, бойпас -3-я секція.

Монтувати установку необхідно у наступній послідовності:

Розмітити та установити дюбелі латунні розжимні в монолітній плиті, з'єднати секції між собою, підняти агрегат та попередньо закріпити на шпильках. Під'єднати повітроводи припливного та витяжного повітря за допомогою гнучких вставок та комплекту переходів до повітропроводів. Вивірити та остаточно закріпити агрегат на шпильках. Під'єднати до теплообмінника подаючий та зворотній трубопроводи подачі гарячої води, встановити повітровипускний клапан зовні агрегату, встановити накладний датчик температури. Під'єднати патрубок для відводу конденсату до відповідної мережі. Провести пуско-налагоджувальні випробування.

3.8.5 Монтаж вентиляційних решіток

До початку монтажу решіток повинні бути виконані наступні роботи: [3] змонтовані магістральні повітропроводи, відгалуження від них з встановленням патрубків і переходів.

При монтажі повітророзподільників безпосередньо в повітроводах їх закріпити у спеціально зроблених отворах за допомогою репильних рамок на саморізи [8,336с].

3.8.6 Засоби для кріплення повітроводів.

Хомути для кріплення повітроводів виготовити із стрічкової сталі 25х2 і 30х3 мм. Тяги для підвішування повітроводів виготовити діаметром 10 і 12 мм з метричною різьбою на обох кінцях. Довжина тяг не лімітується. Щоб змінювати довжини підвісок і тяг в невеликих межах, використовувати регульовані підвіски – талрепи. Талреп складається з короткої тяги, що вільно обертається в корпусі, і регульованої тяги, яка вкручується в гайку корпусу під час його обертання. Для регулювання довжини підвіски можливо використати тяги з перфорованої металевої стрічки.

Для кріплення повітроводів використати також кронштейни, які необхідно прикріпити дюбелями до стін. [3]

3.8.7 Загальні вимоги з техніки безпеки

При виконанні робіт необхідно виконувати норми і правила “Техніка безпеки в будівництві”, а також “Правила влаштування і безпечної експлуатації грузопідйомних кранів», які поширюються на крани всіх типів, ручні та електричні талі, лебідки для підняття людей, змінні і вантажозахватні пристосування – стропи, траверси.

3.8.8 Заходи по охороні праці на будівельному майданчику

Вступний інструктаж робітників проводить інженер по техніці безпеки, а на ділянках — старший виконавець робіт ділянки. Інструктаж на робочому місці по конкретних питаннях техніки безпеки проводиться при кожному переході на інший об'єкт, при зміні умов праці старшим виконавцем робіт, виконавцем робіт чи майстром. Якщо робітник включений у комплексну бригаду, то він повинен бути навчений безпечним прийомом по усіх видах робіт, виконуваних бригадою.

Проведення інструктажу на робочому місці повинне бути оформлено записом у журналі реєстрації виробничого інструктажу з техніки безпеки. Повторний інструктаж повинні робити не рідше одного разу в три місяці.

До верхолазних робіт допускаються робітники не молодше 18 і не старше 60 років. Верхолазними вважаються роботи, виконувані на висоті більш 5 м від поверхні землі, чи перекриття настилу.

Проїзди, проходи і робочі місця не слід захаращувати.

На будівельному майданчику повинні бути санітарно-побутові приміщення і пристрої: гардеробні, умивальні, душові, убиральні, приміщення для сушіння, пункти харчування, медпункти та ін. На кожному об'єкті необхідно мати аптечки з медикаментами й інші засоби для надання першої допомоги потерпілим.

3.9. Підготовка об'єкту під монтажні роботи

Монтаж трубопроводів і обладнання при жорсткому дотриманні технічних умов і правил на виконання робіт виконувати при старанному контролі якості поступаючих на монтаж труб, деталей і вузлів трубопроводу, арматури і інших матеріалів, а також при належному оформленні документів, які свідчать про правильне виконання робіт на кожному етапі.

До початку монтажу повинні бути закінчені загальнобудівельні роботи, а також встановленні конструкції і обладнання (у випадку, коли їх монтаж не ведеться разом з обв'язочними трубопроводами), проходи і проїзди звільнені від будівельного сміття і сторонніх предметів, щоб забезпечити вільний і безпечний доступ до робочих місць. Перед тим, як приступити до монтажу трубопроводів, необхідно ознайомитися з місцями їх прокладання.

Отже, до часу приймання об'єкту під монтажні роботи повинні бути виконанні підготовчі роботи, які фіксуються актом:

Отвори в стінах, перегородках і перекриттях для прокладання трубопроводу, ніші під віконними прорізами для встановлення радіаторів.

Монтажні отвори для вертикального і горизонтального такелажного об'єднання, а також монтажні отвори в стінах і перекриттях, забезпечуючи використання механізмів та пристосувань.

Отвори з закладними деталями.

Оштукатурення стін і стель в місцях прокладання трубопроводів і встановлення радіаторів.

Проведено лінії енергоживлення для можливості проведення монтажних робіт.

Змонтовані міжповерхові перекриття, сходишкові марші.

Підготовленні монтажні проходи для переміщення крупногабаритного обладнання, що монтується.

Нанесені на стінах фарбою відмітки “чистої підлоги”.

Встановленні віконні коробки та підвіконні доски.

Підготовлені основи під розширювальні баки, вентиляційні камери, а також влаштовані фундаменти під котли, насоси, вентилятори.

Забезпечена освітленість робочих місць, доступ до них робітників і можливість доставки матеріалів, виробів.

Підготовлені підмостки та риштування на висоті.

Заскленні віконні порізи та утеплені приміщення при виконанні робіт в осінньо – зимовий період.

3.10. Визначення складу і об'ємів робіт системи тепло холодопостачання

3.10.1 Склад робіт

1. Забезпечення об'єкту монтажним і опалювальним обладнанням.

Після приймання під монтаж на об'єкт у відповідності до проекту виконання робіт доставляють:

- Монтажні пристосування і механізми
- Допоміжні матеріали

- Заготовки опалювальних систем в комплекті з прокладочними і закріплюючими деталями (прокладки, болти, кронштейни, хомути, траверси) у відповідності з графіком доставки системи на об'єкт з заводу виробника.

-

3.10.2 Монтаж трубопроводів і фанкойлів.

Послідовність робочих операцій при монтажі цих елементів системи тепло холодопостачання виглядає таким чином:

- Розмітка місць встановлення кронштейнів під магістралі, опалювальні пристрої та інші вузли нульового циклу.
- Нанесення вузлів та деталей трубопроводів, укладання їх на кронштейни.
- Зварювання стиків трубопроводів.
- Кріплення магістралей до кронштейнів хомутами.
- З'єднання вставок з блоками опалювальних приладів на різьби і зварювання з встановленням в необхідних місцях гільз.
- Кріплення стояків до стіни при висоті приміщення 2,8 м.
- Встановлення вузлів приєднання стояків до магістралі з врізкою в магістраль.

3.10.3 Випробовування трубопроводів

Склад робіт

зовнішній огляд трубопроводу

установка заглушок і манометра

приєднання водопроводу і гідравлічного пресу

наповнення окремих частин системи водою до заданого тиску

огляд трубопроводу з відміткою дефектних місць

спуск води з трубопроводу і усунення дефектів

повторне наповнення системи до заданого тиску

огляд і перевірка системи, зниження тиску і усунення дефектів

здача системи

спуск води з системи

знаття заглушок, манометра і від'єднання преса

Види робіт

перше робоче випробовування окремих частин системи

робоча перевірка системи в цілому

кінцева перевірка системи при здачі

монтаж вузла обліку тепла

Склад робіт

доставка вузлів системи на місце монтажу

розташування вузлів в порядку їх збирання

влаштування кріплення

монтаж вузла обліку

вивірка по виску і рівню.

3.11.Визначення об'ємів робіт

Визначення об'ємів робіт зведено в таблицю 3.5

Таблиця 3.5 – Визначення об'ємів робіт

№ п/п	Найменування роботи	Одиниці виміру	Об'єм робіт	Кількість
1	2	3	4	5
1	Розмітка місць прокладання трубопроводів системи тепло холодопостачання	100	6,67	-
2	Прокладання трубопроводів сталевих із зварюванням стиків	100 м	0,78	-
3	Прокладання трубопроводів поліетиленових із зварюванням	100 м	5,89	-
4	Прокладання захисної туби «пешель»	100 м	5,34	-
5	Монтаж кранів повітряних	компл.	-	45
6	Тепловідбиваюча ізоляція	10м ²	-	2,81
7	Монтаж радіаторних терморегуляторів	компл.	-	45
8	Монтаж фанкойлів	100 кВт	-	0,68328
9	Гідравлічне випробування трубопроводів	100м	0,395	-
10	Монтаж вузла обліку тепла	шт	-	1
11	Перше робоче випробування	100 м	6,67	-
12	Робоча перевірка системи в цілому	100 м	6,67	-
13	Кінцева перевірка системи при здачі	100м	6,67	-

Таблиця 3.6 - Витрата основних матеріалів

№ п/п	Найменування	Тип, марка	Од. вим.	Кількість
1	Труби пластикові багатошарові Ø25x3,5 мм	«ЕКОПЛАСТИК», STABI PN20)	п.м.	296,0
2	Труби пластикові багатошарові Ø32x4,4 мм	«ЕКОПЛАСТИК», STABI PN20)	п.м.	233,0
3	Труби пластикові багатошарові Ø40x5,5 мм	«ЕКОПЛАСТИК», STABI PN20)	п.м.	60,0
4	Труби пластиковы гофровані Ø25 мм	пешель	п.м.	264,0
5	Труби пластиковы гофровані Ø32 мм	пешель	п.м.	201,0
6	Труби пластиковы гофровані Ø40 мм	пешель	п.м.	60,0
7	Труби сталеві водогазопровідні Ø15 мм	ГОСТ 32	м	1,5
8	Труби сталеві водогазопровідні Ø25 мм	ГОСТ 32	м	25,0
9	Труби сталеві водогазопровідні Ø32 мм	ГОСТ 32	м	10,0
10	Труби сталеві водогазопровідні Ø40 мм	ГОСТ 32	м	3,0
11	Фанкойли підлогові типу MFF4-150	mitsubishi	шт	4
12	MFF4-250	- « -	шт	1
13	MFF4-300	- « -	шт	1
14	MFF4-450	- « -	шт	3
15	MFF4-150	- « -	шт	2
16	Крани кульві, Ø15 мм t=130°C		шт	45
17	Крани кульві, Ø25 мм t=130°C		шт	4
18	Крани кульві, Ø32 мм t=130°C		шт	4
19	Радіаторні терморегулятори	RTD-N	шт	45
20	Муфта, Ø25 мм		шт	82
21	Муфта, Ø32 мм		шт	37
22	Муфта, Ø40 мм		шт	49
23	Перехід діаметру прямий, Ø25x20 мм		шт	11
24	Перехід діаметру прямий, Ø32x25 мм		шт	9
25	Перехід діаметру прямий, Ø40x32 мм		шт	10
26	Трійник прямий, Ø25 мм		шт	68
27	Трійник прямий, Ø32 мм		шт	39
28	Трійник прямий, Ø25 мм		шт	40
29	Кутник прямий, Ø25 мм		шт	23
30	Кутник прямий, Ø32 мм		шт	19
31	Кутник прямий, Ø40 мм		шт	20

3.12 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів, пристосувань, конструкції кріплень.

3.12.1 Монтаж опалювальних приладів

Опалювальні прилади встановлювати тільки при наявності оштукатурених ніш або інших місць установки приладів, а також при наявності чистої підлоги або її відмітки. Висота підвіконної ніші для опалювального

приладу повинна бути більше висоти приладу на 0,15 м, а на глухій стіні – на 0,25 м. Ширина ніші повинна бути більше ширини опалювального приладу на 0,4 м при підводці труб по прямій лінії. Глибина ніші для цегляних стін 0,13 м.

Опалювальні прилади встановлюють на відстані не менше 60 мм від підлоги, 50 мм від нижньої поверхні підвіконної дошки і 25 мм від поверхні штукатурки стіни.

Послідовність монтажу фанкойлів

1. Розмітка місць прокладки трубопроводів
2. Розмітка місць установки фанкойлів
3. Установка фанкойлів
4. Прокладка трубопроводів тепло холодопостачання
5. Зварювання стиків

Основною умовою, що забезпечує правильну установку опалювальних приладів, а звідси і якісний монтаж всієї системи тепло холодопостачання є правильна установка фанкойлів.

В свою чергу, установка фанкойлів залежить від якості розмітки отворів, яку рекомендується виконувати за допомогою спеціальних шаблонів. Існує декілька конструкцій шаблонів, що дозволяють точно розмітити отвори під дюбелі.

Найпростішим пристосуванням є шаблон з просвердленими в ньому отворами. Такий шаблон прикласти верхнім ребром до низу підвіконної дошки, після чого і виконати відповідну розмітку.

3.13. Монтаж магістральних трубопроводів

В даному дипломному проекті підвідний і зворотній трубопроводи прокладаються в конструкції підлоги, в захисній гофрованій трубі. При прокладанні магістральних трубопроводів необхідно дотримуватися прямолінійності та заданих ухилів. Для водяних систем тепло холодопостачання мінімальний ухил приймається рівним 0,002. Ухили трубопроводів слід спрямувати у сторону повітровипускаючих пристроїв. На прямолінійних ділянках

не повинно бути ніяких зламів, загинів або кривизни, що не передбачені проектами.

Відгалуження від магістральних трубопроводів виконувати під прямим кутом. Магістральні трубопроводи діаметром до 50 мм монтуються за допомогою зварки або різьбового з'єднання, а більше 50 мм – тільки за допомогою зварки.

Для зручності виконання зварювальних і теплоізоляційних робіт трубопроводи прокласти на доступній відстані від будівельних конструкцій і між собою. На відгалуженнях від магістралі, після пробкових кранів встановити згони із приварених до них патрубками і з пробками для випуску повітря та зливу води із відгалуження.

Магістральні трубопроводи при проході через будівельні конструкції розташувати в гільзах для можливості вільного переміщення труб при зміні температури води. З'єднання труб у товщі стін і будівельних конструкцій не допускати.

Монтаж магістральних трубопроводів виконувати в такій технологічній послідовності:

1. Розмітка вісей магістралей та установка підвісок і кронштейнів.
2. Розкладка труб, вузлів і заготовок по наміченим вісям.
3. Збірка магістралей і приєднання до них монтажних вузлів, повітрозбірників.
4. Вивірка та установка заданих ухилів.
5. Закріплення магістралей.

3.14. Монтаж підводок

Привезені із заготівельних підприємств трубопроводи та вузли санітарно – технічних пристроїв бувають забрудненими, особливо часто відмічається засмічення всередині труб. А тому прямі труби перед початком монтажу необхідно проглядати на просвіт. Кінці змонтованих труб та вузлів доцільно до закінчення монтажу закривати дерев'яними інвентарними пробками.

Застосовувати з цією метою ганчірки і войлок не допускається. Головний стояк необхідно прокладати строго вертикально і по можливості без будь – яких згинів, закріплюючи його знизу на надійні опори. Стояк виконати із сталевих труб, монтувати зварюванням. До стіни стояки закріпити за допомогою хомутів та кронштейнів, що розташовані через 2-3 м один від одного, при цьому хомути та кронштейни не повинні перешкоджати температурним лінійним видовженням стояка при температурних розширеннях. Прокладка стояків проводиться після установки опалювальних приладів. Так як по стоякам і підводкам транспортується теплоносії з температурою вище 70°C, то вони в місцях перетинання з внутрішніми стінками та перегородками повинні прокладатися в гільзах, що забезпечує вільне переміщення труб при їх лінійному видовженні. Як звичайно гільзи виготовляють із відрізків сталевих труб, покрівельної листової сталі або азбестового картону.

Підвідний трубопровід завжди прокладають справа від зворотнього.

На кожному відгалуженні від магістрального трубопроводу обов'язково передбачають різьбове з'єднання, яке розташовується після крана на підвідній лінії по ходу теплоносія. Підводки до опалювальних приладів повинні мати однаковий уклон від стояків до приладів. Цей уклон приймається рівним 10 мм на всю довжину підводки. При довжині підводки 500 мм уклон може бути зменшений до 5 мм.

Збірку і монтаж стояків та підводок до приладів на різьбі можна поділити на такі технологічні операції:

1. Доставка заготовок.
2. Навіска та вивірка фанкойлів.
3. Підготовка робочого місця.
4. Вкручування згонів в фанкойли.
5. Установка та вивірка вузла підводок з приєднаними до них згонами “насухо”.
6. З'єднання підводок з використанням зварювання;
7. Вивірення та закріплення трубопроводів за допомогою хомутиків.

3.15. Підготовка до монтажу та монтаж

Замовник перед початком монтажу узгоджує з представником розробника методику та послідовність виконання робіт. Створюється комісія з представників замовника і розробника по перевірці готовності котла до пуско-налогоджуваних робіт.

Узгодженню та перевірці комісією підлягають

- Місце встановлення вузла обліку
- Готовність приміщення, в якому буде монтуватись вузол обліку
- Наявність та комплектність всіх основних та допоміжних вузлів
- Підведення вхідних та вихідних патрубків опалювальної теплової

тепла

системи

для приєднання їх до відповідних патрубків вузла обліку

- Наявність підйомно – транспортного обладнання та пристосувань для переміщення вузлів .

Монтажники під керівництвом представників розробника ознайомлюються з схемою монтажу, схемами та відповідними вимогами до його виконання.

Вузол обліку встановлюється у пристосованому для цього приміщенні ІТП. Монтаж вузла обліку повинен здійснюватися паралельно з монтажем системи тепло холодопостачання, горячого водопостачання та інших санітарно-технічних систем. Для монтажу використовують ланку слюсарів в складі трьох чоловік, нагляд за встановленням повинен вести майстер чи бригадир. Необхідно влаштувати освітлення робочого місця при установці вузла обліку.

Чітка організація доставки труб та матеріалів до робочих місць здійснює безпосередній вплив на якість монтажу санітарно – технічних систем.

Доставлені на будівельний майданчик будівельні прилади групують згідно заявочних специфікацій. При площі поверхні нагріву більше 4 м² чавунні фанкойли доставляють частинами.

Трубні заготовки комплектуються по поверхах. Напірні і зворотні магістралі зв'язують у пакети, які мають відповідну маркіровку, що не допускає помилок між ділянками. Для тимчасового зберігання на майданчику фанкойлів і труб необхідно відвести місце в радіусі дії баштового крану. Для перевезення фанкойлів використовують спеціальні контейнери.

3.16.Вибір типів машин, механізмів, пристосувань.

Обладнання для системи тепло холодопостачання доставляють на місце монтажу вантажним автомобілем ГАЗ-3302 [18].

Для влаштування кріплень трубопроводів та фанкойлів використовують перфоратор DeWalt SDS-Max [19], його технічні характеристики:

Споживча потужність – 1500 Вт;

Вихідна потужність – 980 Вт;

Число обертів під навантаженням – 125-250 об/хв.;

Кількість ударів за хвилину – 1150-2300 уд/хв.;

Енергія удару – 3-18 Дж;

Максимальний діаметр свердління – 80 мм;

Вага – 9,5 кг.

3.17 Визначення трудомісткості монтажних робіт та складання графіку виконання робіт, загальної тривалості робіт і складу бригад.

Прокладка трубопроводів теплопостачення із поліетиленових труб.

Склад робіт: 1. Розмітка деталей та перерізка труб. 2. Зборка вузлів із окремих деталей та фасонних частин з підготовкою під контактну зварку. 3.Прокладка трубопроводів на зварці із готових вузлів.4. Установка муфтової арматури. 5. Установка кріплень з пристрілкою пістолетом. Гідравлічне випробування водою питної якості.

Монтаж системи проходить в одну зміну, тобто час $\tau = 8$ годин.

Вимірювач – 100м.п.

1.Доставка деталей на робочий майданчик та їх складування

Вимірник – 1 тонна

Норма часу: НВ Р = 3,1 люд/год [Е1–1–1].

Затрати праці $Q = 3,1 \cdot (1,9/8) = 0,8$ люд-дні.

Склад бригади: 1 водій, 1 слюсар-сантехнік

Тривалість $T = 0,8/2 = 0,4$ днів

Приймаємо $T = 1$ день.

Розмітка місць прокладання трубопроводів.

Норма часу на одиницю виміру $H = 1,64$ люд/год

Тривалість роботи знаходиться за формулою:

$$t = \frac{V \cdot H}{\hat{A} \cdot n} \quad (3.17.1)$$

де Нвр – норма часу на одиницю виміру, люд/год

V- об'єм робіт

B – кількість годин в зміні, люд

n – кількість людей, люд

Тривалість роботи:

$$t = \frac{6,67 \cdot 1,64}{8 \cdot 1} = 1,37$$

Склад бригади: слюсар- сантехнік 6 розряду – 1

Приймаємо: $T = 1$ день

Встановлення дюбелів латунних розжимних

Норма часу на одиницю виміру $H = 6,5$ люд- год на 100шт.

Склад бригади:

Слюсар сантехнік 4 розряду – 1

$$\text{Тривалість: } t = \frac{2 \cdot 6,5}{8 \cdot 1} = 1,62 \text{ дня}$$

Приймаємо: $T = 2$ дні

Прокладання поліетиленових трубопроводів Ду до 50 мм зі зварюванням стиків.

Одиниця виміру -100м

Норма часу: НВ Р = 172,2 люд/год [16–14–2-ИН]

Склад бригади: слюсар – сантехнік 4 розряду – 5

слюсар – сантехнік 4 розряду – 4

Тривалість: $t = \frac{172,2 \cdot 5,89}{8 \cdot 9} = 14,0$ днів

Приймаємо: Т=14 днів.

Установка вентилів, кранів, терморегуляторів.

Одиниця виміру -1компл.

Норма часу: Н=0,2 люд / год [18–22–5]

Склад бригади: слюсар-сантехнік 4 розряду – 1

слюсар – сантехнік 3 розряду – 2

Тривалість: $t = \frac{0,2 \cdot 90}{8 \cdot 3} = 0,75$ дня

Прийнята тривалість Т=1 день

Монтаж фанкойлів:

Одиниця виміру -100кВт

Норма часу: Н=96,2 люд / год. [18–6–2]

Склад бригади: слюсар-сантехнік 4 розряду – 1

слюсар – сантехнік 3 розряду – 2

Тривалість: $t = \frac{0,6833 \cdot 96,2}{8 \cdot 3} = 3,3$ дні

Прийнята тривалість Т=3 дні

Монтаж вузла обліку тепла

Норма часу: Н=160 люд/ год (згідно кошторису 2-1-4)

Склад бригади: монтажник 5 розряду – 1

монтажник 4 розряду – 1

монтажник 3 розряду – 1

Тривалість $t = \frac{160}{8 \cdot 3} = 6,7$ днів

Прийнята тривалість Т=7 днів

Прокладання сталевих трубопроводів Ду до 50 мм із зварюванням стиків.

Одиниця виміру -100м

Норма часу: НВ Р = 55,27, люд/год [16–7–1-ИН]

Склад бригади: слюсар – сантехнік 4 розряду – 5

слюсар – сантехнік 4 розряду – 4

$$\text{Тривалість: } t = \frac{55,27 \cdot 0,78}{8 \cdot 3} = 1,8 \text{ днів}$$

Приймаємо: Т=2 дні.

Перше робоче випробування частин системи тепло холодопостачання

Норма часу: Н=5,3 люд – год

Склад бригади: монтажник 5 розряду – 1

монтажник 4 розряду – 1

монтажник 3розряду – 1

$$\text{Тривалість } t = \frac{6,67 \cdot 5,3}{8 \cdot 3} = 1,47 \text{ дня}$$

Прийнята тривалість Т=1 день

Робоча перевірка системи в цілому:

норма часу: Н=2,8 люд – год

Склад бригади: монтажник 6 розряду – 1;

монтажник 5 розряду – 1

монтажник 4розряду – 1

$$\text{Тривалість: } t = \frac{6,67 \cdot 2,8}{8 \cdot 3} = 0,76 \text{ дня}$$

Прийнята тривалість Т=1 день

Кінцева перевірка системи при здачі:

Норма часу Н=2,3 люд - год

Склад бригади: монтажник 6 розряду – 1;

монтажник 5 розряду

Тривалість: $t = \frac{6.67 \cdot 2,3}{8 \cdot 2} = 0.95$ дня

Прийнята тривалість T=1 день

Загальна тривалість робіт по монтажу системи тепло холодопостачання :
- 35 днів.

3.18. Визначення потреб у матеріально—технічних ресурсах

3.18.1 Потреби в інструменті

Таблиця 3.7 – Набір інструментів для бригади монтажників системи тепло холодопостачання з чотирьох чоловік

Найменування	марка	Кількість
1	2	3
№1	НКТМ 189В1 –73	2
№2		2
№3		2
Ключ гайковий двухсторонній М12-17-19 мм М16-22-21 мм		2
		2
Плоскогубці комбіновані		2
Молоток слюсарний		2
Зубило слюсарне довжиною 200 мм		2
Стрічка вимірювальна, 20 м		2
Рівень металевий		1
Висок		1
Ящик переносний для інструменту		2
Будівельно – монтажний пістолет ПЦ – 52-1		1

Таблиця 3.8 – Набір інструментів та пристосувань для зварочних робіт

Найменування	Марка	Од. виміру	Кількість
1	2	3	4
Пальник комбінований		шт	1
Різак ацетиленовий	РЗР –50	шт	1
Редуктор ацетиленовий		шт	1
Редуктор кисневий		шт	1
Плоскогубці комбіновані		шт	2
Трансформатор зварювальний	Komitech 2000 N 922	шт	1
Трансформатор зварювальний змінного струму	СТЕ-24У	шт	1
Ключ гайковий розвідний		шт	1
Молдоток слюсарний, 800 г		шт	2
Зубило слюсарне довжиною 200 мм		шт	2
Рашпіль круглий		шт	2
Щітка сталева		шт	1
Ніж мідний		шт	1
Електротримач пружинний	ЕД – 2 (500 А)	шт	1
Щиток для електрозварника		шт	1
Дріт для електродугової зварки, переріз 50 мм ²		м	5,0
Світлофільтр скляний		шт	1
Ящик переносний для інструменту		шт	1

3.18.2 Витрати електроенергії

Витрати електроенергії на роботу електроприладів розраховують за формулою:

$$E = p \cdot \tau \cdot k, \quad (3.8.2.1)$$

де p – потужність приводу чи механізму, кВт.

τ -термін роботи приладу, год

k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання.

- витрати електроенергії на роботу перфоратора.

Приймаємо $k=0,3$, термін роботи $\tau=24$ год. Потужність перфоратора $p=0,35$ кВт. $E_1=0,35 \cdot 24 \cdot 0,3=2,52$ кВт·год

- Витрати електроенергії на роботу трансформатора

$K=0,5$, $\tau=16$ год, $p=9,8$ кВт

$E_3 = 9,8 \cdot 16 \cdot 0,5 = 88,2$ кВт

Загальна витрата електроенергії $E_{\text{загал}} = 2,52 + 88,2 = 90,72$ кВт·год

3.18.3 Витрата допоміжних матеріалів

Таблиця 3.9 – Витрата допоміжних матеріалів на монтаж

№ п/п	Шифр ресурсу	Найменування	Одиниця виміру	Кількість
1	2	3	4	5
1	C111-63	Ацетилен технічний, марка А	т	0,000075
2	C111-254	Вапно хлорне, марка А	т	0,000172
3	C111-324	Кисень технічний газоподібний	м ³	0,1351
4	C111-384	Білило густотерте, цинкове МА-011-1	кг	0,82
5	C111-388	Фарба зелена олійна, мумія, сурик залізний, МА-015	кг	0,007
6	C111-449	Фарба олійна блакитна, бежево-рожева, МА-25	кг	0,85
7	C111-540-1	Скотч алюмінієвий	м	41,0
8	C111-540	Стрічка сталевая пакувальна	т	0,0093
9	C111-807	Дріт зварювальний Ø4мм	т	0,000158
10	C111-814	Дріт сталевий Ø6мм	т	0,0134
11	C111-1741	Дріт сталевий різного призначення, Ø2мм	кг	10,4
12	C111-1742	Дріт сталевий різного призначення, Ø8мм	кг	0,7
13	C111-1298-1 ИНБ	Тепловідбиваюча ізоляція (пенофол δ=5мм)	м ²	28,1
14	C111-1483	Шурупи запівкруглою головкою, Ø6мм	кг	2,62
13	C111-1668	Оліфа натуральна	кг	0,9
14	C111-1800	Сталь листовая оцинкована δ=0,8мм	кг	0,354
15	C114-13-У-8-ИНБ	Ізоляція Thermaflex FRZ	м	18
16	C1545-159	Очис лляний	кг	0,8
17	C1630-115	Кронштейни Кр1-РС для фанкойлів сталевих спарених	компл.	26
19	C142-10-2	Вода	м ³	20,4
20	C1113-266	Водний розчин нітрата та карбоната натрію	м ³	0,4

3.19 Монтажне регулювання та здача систем в експлуатацію

Після закінчення монтажу систем тепло холодопостачання та гарячого водопостачання, а також після зупинки й ремонту здійснюється пуск систем в дію. Він включає наступні основні операції: підготовку системи до пуску, гідравлічне випробування, промивання системи, підключення її до систем, установлення циркуляції теплоносія.

Перед пуском необхідно зробити зовнішній огляд системи й установити наступне: відповідність проекту трасування, діаметрів і ухилів, трубопроводів, а також якість фарбування й теплоізоляції трубопроводів; наявність, правильність установки й справність запірно-регулюючих арматур, повітрявидаляючих пристроїв, конденсатовідвідників, грязевиків, елеваторів, обвідних ліній,

підживлювальних насосів, контрольно-вимірювальних приладів і іншого встаткування; відповідність проекту типу й кількості секцій нагрівальних приладів, кріплення їх до трубопроводів. Всі виявлені при огляді несправності заносяться в дефектну відомість і підлягають усуненню.

До пуску системи не можна робити теплоізоляцію труб, оскільки промерзла в холодний час теплоізоляція буде віднімати значну кількість теплоти на своє відігрівання.

Наповнення системи, особливо початкове, досить відповідально, тому що наявність у ній прихованих дефектів може привести до заливання приміщень. Наповнення виконується кваліфікованими слюсарями, розставленими парами на кожний під'їзд або виділену частину будинку. На тепловому пункті (або в системі) повинен перебувати черговий слюсар, що регулює подачу води в систему, а зовні будинку - спостерігач для зв'язку.

Систему можна наповнювати водою під тиском водогінної мережі, а у випадку його недостатності – за допомогою ручного насоса. Наповнення системи треба робити плавно, поступово відкриваючи прохідний перетин впускного вентиля або засувки.

Для контролю за наповненням системи у верхню пробку одного з фанкойлів на кожному поверсі доцільно встановлювати тимчасовий кран. Спостереження за ходом наповнення й за станом системи слюсарі починають із нижніх поверхів. Місця, де виявлені незначні течії в з'єднаннях, позначають крейдою або усувають без припинення наповнення. Великі дефекти варто ліквідувати можливо швидше, для чого необхідно призупинити наповнення й понизити рівень стояння води в системі.

Після заповнення приладів останнього поверху варто зробити контрольний огляд устаткування в нижніх поверхах, тому що в з'єднаннях з ростом гідростатичного тиску може з'явитися теча. У процесі наповнення системи виробляється не менш чим дворазовий випуск повітря через всі повітрівідвідні пристрої (повітрозбірники, повітревипускні крани) до витікання з них струменя води.

Гідравлічне випробування системи. Перед початком випробувань систему потрібно прогріти до розрахункової температури води, витримати при цій температурі протягом доби, потім остудити. Це дозволить виявити ті дефекти, які можуть виникнути в з'єднаннях під впливом температурних подовжень.

При наповненні системи водою для гідравлічного випробування варто звернути особливу увагу на видалення повітря із системи, тому що при наявності його тиск при випробуванні буде підніматися повільно й створюється неправильне уявлення про щільність з'єднань.

Для гідравлічного випробування систему тепло холодопостачання треба ізолювати від трубопроводів ІТП засувками; всі повітреспускні крани повинні бути перекриті. Схема гідравлічного випробування системи тепло холодопостачання наведено на малюнку 1.

Тиск у системі створюється за рахунок фактичного тиску води в міському водопроводі або спеціальному гідропресі. Труба від водопроводу (або гідропреса) приєднується до зворотної лінії системи. При гідравлічних випробуваннях варто застосовувати тільки перевірені манометри із ціною поділки шкали 1 кПа. Величина випробовуваного тиску залежить від виду системи й способу теплопостачання.

Таблиця 3.9 – Величини випробовуваного тиску

	Випробуваний тиск, атм. (МПа)
Водяне тепло холодопостачання: від місцевої систем: підключені до теплової мережі з чавунними радіаторами:	Рроб.÷1 ат., але ≥ 3 атм. (0,3) в нижні точці 6 (0,6)
з конвекторами:	10 (1,0)
Панельне тепло холодопостачання:	10 (1,0)

Система вважається витримав випробування на щільність, якщо протягом 5хв. знаходження її під іспитовим тиском падіння тиску по манометрі не перевищує 0,02 МПа. При виявленні течі в процесі випробування спорожнити систему й установити дефекти. Ліквідація течі без спуску води шляхом

підкарбування неприпустима, оскільки таким способом теча може бути усунута тільки на короткий час.

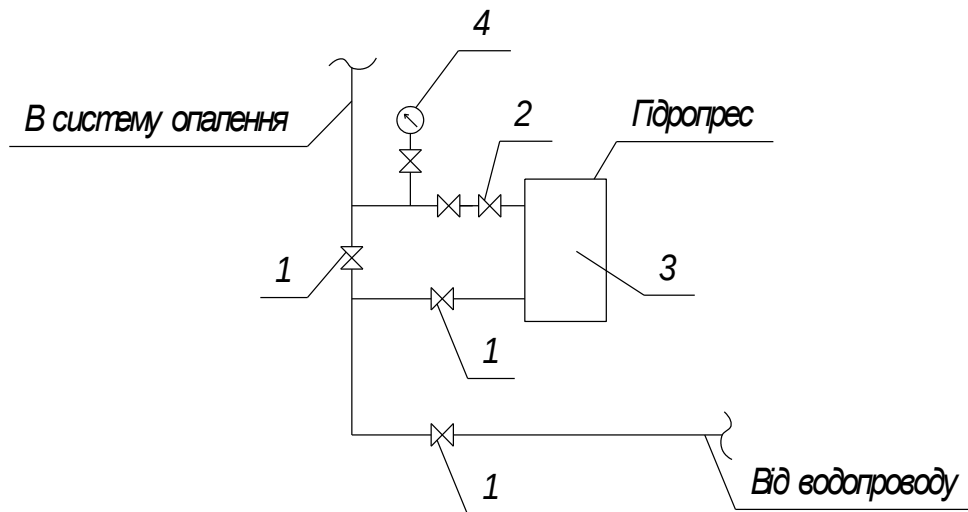


Рисунок 1 – Схема гідравлічного випробування системи тепло холодопостачання

1 – вентиль 15кч16п1, 2 – зворотній клапан 16кч9п, 3 – опресувальний апарат СО-2(О-16Б), 4 – контрольний манометр ТТЖ-М.

Промивання систем. Після монтажу, а також улітку систему тепло холодопостачання необхідно промити (для видалення бруду й шлаків) - багаторазово й швидко спустити воду із системи. Для цього в самій нижчій точці системи встановлюємо штуцер великого діаметра (80-100 мм), до якого приєднуємо трубу або шланг із виводом у каналізацію. Більше ефективно застосування води зі стисненим повітрям для створення в системі бурхливого (зі значною швидкістю) руху води (барботаж).

Установлення циркуляції теплоносія. Нормальна циркуляція води досягається при витраті її з тепломережі, що відповідає встановленому ліміту. У системі циркуляція води здійснюється циркуляційними насосами. Включивши один з них, відкриваємо засувку на зворотному колекторі, потім на подаючому.

Після монтажу при пуску системи в експлуатацію поводимо теплове обстеження шляхом зовнішнього огляду. Ціль його — виявлення й досягнення рівномірності прогріву всіх нагрівальних приладів; розрахункових параметрів теплоносія в тепловому центрі; відсутності помітної течії в з'єднаннях; безшумності роботи системи; здатності системи підтримувати в приміщеннях

необхідну t_b . Всі замічені при огляді недоліки усуваються: при здачі системи в експлуатацію - монтажною організацією.

Здаючи системи тепло холодопостачання в експлуатацію подають акт прийняття системи тепло холодопостачання в експлуатацію, акт гідравлічного випробування системи, акт приймання прихованих робіт.

3.21 Висновок

В даному проекті розроблено технологію монтажу системи вентиляції та тепло холодопостачання громадської будівлі. В результаті розробки проекту визначено склад та об'єм робіт, обрано методи виконання робіт, викреслено схеми систем вентиляції та тепло холодопостачання, вузли даних системи, визначено трудомісткість монтажних робіт, на основі якої складено графік виконання робіт, загальної тривалості робіт та складу бригад, також виконано техніко-економічні розрахунки.

4. ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ

4.1 Сучасні засоби утилізації теплової енергії в системах вентиляції

Весь світ докладає величезних зусиль для пошуку нових технологічних і технічних рішень, які направлені на скорочення споживання енергії. Серед енергозберігаючих рішень у вітчизняній практиці будівництва та експлуатації будівель та споруд можна виділити використання щільних віконних конструкцій та дверей, а також утеплення огорожуючих конструкцій. Як результат – ускладнення проникнення свіжого повітря у приміщення. Щоб цьому запобігти, частіше роблять провітрювання, що зменшує ефект від реалізованих енергозберігаючих заходів. Таким чином створюється конфлікт інтересів: енергозбереження та комфорту, який потребує оптимального повітрообміну [1].

Використання в цих умовах механічної вентиляції будівель може призвести до значних втрат енергії. В сучасних будинках в зимовий період 25-50% тепла витрачається на нагрів припливного повітря. У літній період в будинках, обладнаних системами центрального кондиціонування теплонадлишки знімаються за рахунок охолодження припливного повітря [5].

Неконфліктне енергозбереження та збалансований припливно-витяжний повітрообмін у приміщенні забезпечують системи вентиляції з теплообмінниками-утилізаторами, які дозволяють використати теплоту повітря, що видаляється з приміщення, для нагрівання холодного повітря, що надходить у приміщення [6].

Зростання цін на енергоносії стимулює зростання інтересу до рекуперації теплової енергії в системах вентиляції та кондиціонування повітря, які проєктуються і реконструюються [5].

Існують наступні засоби утилізації теплової енергії в системах вентиляції та кондиціонування [9].

Пластинчасті теплообмінники

Пластинчасті теплообмінники є рекуператорами з площинами, що стикаються. Це означає, що тепловиділяючий і теплопоглинаючий повітряні потоки проходять уздовж розділяючих їх площин, що мають високу теплопровідність, через які відбувається процес теплопередачі. В залежності від конструктивного виконання пластинчасті теплообмінники можуть мати ефективність від 40 до 70% і мати втрату тиску по припливу і витяжці від 50 до 250 Па [11].

Основні переваги пластинчастих теплообмінників [14]:

1. Пластинчасті теплообмінники мають просту будову і не містять рухомих частин.
2. При належній апаратурній обв'язці (витяжний вентилятор до теплообмінника і витяжний вентилятор за теплообмінником) виключено забруднення припливного повітря за рахунок витоків на витяжці.
3. Практично відсутня необхідність технічного обслуговування, за винятком випадків встановлення обладнання в умовах особливо забрудненого повітряного середовища, що передбачає періодичне чищення теплообмінників, що знімаються шляхом їх промивання в розчинниках, яка істотно полегшена при використанні теплообмінників зі збільшеною відстанню між пластинами.
4. У зв'язку з відсутністю додаткових споживачів електричної енергії мінімальне збільшення споживаних кВт·год, які витрачаються вентиляторами на подолання незначної доданої втрати напору на припливі і витяжці.

Основні недоліки пластинчастих теплообмінників [15]:

1. За умов, що сприяють обмерзанню теплообмінника в зимовий період, необхідно періодично на притоці здійснювати автоматичну зупинку вентилятора або використовувати байпас.
2. Відсутній вологообмін між припливом і витяжкою.

Роторні теплообмінники

Роторні теплообмінники класифікуються як рекуператори з обертовим акумулятором тепла (категорія 3). Ротор оснащений насадкою, що має високу теплоємність. Насадка при використанні протиточної схеми поперемінно

нагрівається і охолоджується тепловиділяючими і теплопоглинальними повітряними потоками. В залежності від параметрів повітря і властивостей використовуваної насадки процес теплопередачі може також в тій чи іншій мірі супроводжуватися передачею вологи. Відомі роторні теплообмінники конденсаційного типу, що здійснюють переважно перенесення тепла і тільки тієї вологи, яка конденсується на поверхні насадки в місцях, які мають температуру нижче точки роси. Використовуються також роторні теплообмінники гігроскопічного типу, які здійснюють передачу як тепла, так і вологи, що вбирається насадкою, яка має спеціальне гігроскопічне покриття. Третій тип роторних теплообмінників сорбційного типу здійснює переважно передачу вологи. Для цього на насадку, що має невелику теплоємність (наприклад, скло), наносять шар сорбенту (солі літію).

В залежності від конструктивного виконання роторні теплообмінники мають загальну ефективність від 60 до 85% і мати втрату тиску по притоку і витяжці від 75 до 500 Па [11].

Основні переваги роторних теплообмінників [14]:

1. Завдяки використанню роторів різного типу з'являється широкий спектр його практичного застосування;
2. Завдяки тому, що процес тепломасообміну здійснюється за більшої питомої поверхні насадки, що використовується, агрегат має мінімальні габарити;
3. Регулювання швидкості обертання ротора дозволяє управляти загальною ефективністю рекуператора.

Основні недоліки роторних теплообмінників [18]:

1. Використання можливе за умови паралельного розташування припливного і витяжного повітропроводів дуже близько один від одного.
2. Має місце додаткова витрата електроенергії, споживаної приводом ротора і вентиляторами на подолання доданої втрати напору на притоці і витяжці.
3. Забруднене повітря частково переноситься з витяжки в приплив. Забруднення може бути зменшено за рахунок використання ряду заходів

конструктивного характеру, таких як пристрій зони очищення, але не може бути усунуто повністю, у зв'язку з чим використання роторних теплообмінників в умовах присутності токсичних і з неприємним запахом речовин неприпустимо.

Водяні циркуляційні системи

Водяні циркуляційні системи включають два окремих теплообмінника типу «вода-повітря», об'єднаних між собою гідравлічним контуром, в якому здійснюється прокачування води або водо-гліколієвої суміші. Теплообмінники розміщуються в припливному і витяжному повітропроводі, які можуть бути розділені між собою на визначену відстань. Тепло, що поглинається з одного повітряного потоку, проміжним теплоносієм переноситься в другий теплообмінник, через який передається іншому повітряному потоку.

В залежності від конструкції водоповітряних теплообмінників і використовуваної запірно-регулюючої арматури водяні циркуляційні системи можуть забезпечувати ефективність рекуперації від 50 до 65% і мати втрати напору по притоку і витяжці від 200 до 900 Па [5].

Основні переваги водяних циркуляційних систем [17]:

1. Відсутня необхідність суміжного розташування припливного і витяжного повітропроводів, що виключає необхідність зміни їх трасування при реконструкції існуючих систем вентиляції та кондиціювання повітря.

2. Перетікання забрудненого повітря з витяжки в приплив повністю виключено, оскільки вони ізолювані між собою через проміжний теплоносій.

Основні недоліки водяних циркуляційних систем [17]:

1. Висока додаткова витрата електроенергії, споживаної циркуляційним насосом та вентиляторами на подолання доданої втрати напору на притоці і витяжці, при певних обставинах робить рекуперацію тепла економічно недоцільною.

2. Наявність циркуляційного насоса і великої кількості запірно-регулювальної арматури обумовлюють необхідність експлуатаційного технічного обслуговування в значних обсягах.

3. Відсутній вологообмін між припливом і витяжкою.

Теплові труби

Теплові труби являють собою фреоновий контур, в якому циклічним чином здійснюються фазові переходи теплоносія з рідкого в газоподібний стан і назад. Тепло, яке поглинається з одного повітряного потоку з використанням проміжного теплоносія, що здійснює зазначені фазові переходи за рахунок протікання через розділову капілярну трубку, передається іншому повітряному потоку.

Ефективність теплових труб складає від 45 до 65% і може регулюватися за рахунок зміни нахилу по відношенню до вертикального положення [17]. Перетікання забрудненого повітря з витяжки в приплив повністю виключено, оскільки вони ізольовані між собою проміжним теплоносієм. Серед інших засобів рекуперації теплові труби найбільш компактні. Використання їх можливе за умови паралельного розташування припливного і витяжного повітропроводів, які безпосередньо примикають один до одного.

Теплові насоси

Теплові насоси являють собою традиційний холодильний контур з компресором, розширювальним клапаном, а також випарником і конденсатором, розташованими окремо в припливному і витяжному повітропроводах. Особливістю є наявність 4-ходового перепускового клапана, який забезпечує реверсування руху теплоносія, що дозволяє в залежності від сезону здійснювати перенесення тепла з витяжки на приплив і навпаки. При цьому припливний і витяжний повітропроводи можуть бути рознесені між собою в межах допустимої довжини холодильного контура. Перетікання забрудненого повітря з витяжки в приплив повністю виключено, оскільки вони ізольовані між собою через проміжний теплоносій. Продуктивність теплового насоса залежить від витрати повітря і його температури на вході у випарник і конденсатор. Чим вище витрата повітря і його температура на вході у випарник, тим вище продуктивність теплового насоса. Зниження температури повітря на вході в конденсатор призводить також до збільшення продуктивності при зменшеному енергоспоживанні. Значення коефіцієнта корисної дії становлять близько 4,5-5,2. Зазначене означає, що на одиницю затраченої електричної

енергії здійснюється транспортування 4-5 одиниць теплової енергії. В цілому найбільша економія за рахунок використання теплових насосів досягається при наявності на витяжці великої кількості прихованого тепла [17].

Теплові камери

Теплова камера являє собою ємність, розділену на дві частини, які за допомогою системи клапанів поперемінно заповнюються припливним і витяжним повітрям. За рахунок великої теплоємності камери, таким чином, здійснюється передача тепла між повітряними потоками. Ефективність даної системи може бути досить велика, однак вона характеризується значними капітальними витратами. Крім того, вона практично неприйнятна при наявності істотного забруднення повітря на витяжці [18].

Провівши аналіз існуючих засобів утилізації теплоти вентиляційного повітря, що видаляється, найбільш ефективним є використання рекуперативного пластинчатого теплообмінника.

4.2 Конструктивне виконання пластинчастих теплообмінників

Теплообмінник виготовлений із алюмінієвих пластин, які утворюють систему каналів для протікання двох потоків повітря. В рекуператорі відбувається теплопередача між цими розділеними потоками з різною температурою. Витяжне повітря, що видаляється з приміщення, протікає в кожному другому каналі між пластинами теплообмінника, нагріваючи їх. Припливне повітря протікає через інші канали теплообмінника і поглинає тепло нагрітих пластин [7].

Пластини з'єднуються між собою методом подвійного фальцювання [7]. У результаті, на входних і вихідних гранях блока теплообмінника місця з'єднання пластин, утворені фальцами, мають товщину, рівну 6-кратній товщині пластины, що забезпечує високу міцність конструкції блоку. Крім того, обтічність профілю з'єднання дозволяє значно зменшити не тільки втрати напору, а й відкладення бруду [6]. Висока ефективність пластинчастих теплообмінників досягається за рахунок спеціального профілю

пластин, утвореного шляхом автоматизованого штампування. Унікальний профіль пластин забезпечує наступні позитивні якості рекуператорів [12]:

- висока ступінь турбулізації повітряного потоку, за рахунок чого відбувається потоншення повітряного пограничного шару на поверхні пластин та інтенсифікація конвективного теплообміну;

- можливість стоку конденсату в будь-якому напрямку, за рахунок чого тоншає шар води, що формується на поверхні пластин, і інтенсифікується кондуктивний теплообмін;

- підвищена міцність і жорсткість пластин за рахунок спеціальної орієнтації вертикальних і горизонтальних виштамповок і гофрувань, що забезпечує відсутність механічних деформацій при різниці тиску оброблюваних теплового і холодного повітряних потоків до 1500 Па;

- вирівняна епюра швидкостей оброблюваних повітряних потоків всередині теплообмінника, завдяки чому мінімізовані втрати напору оброблюваних повітряних потоків, як у теплому, так і в холодному плечах теплообмінника;

- точна відстань між пластинами завдяки використанню автоматизованого штампування, що сприяє підвищенню сумарної ефективності теплообміну і зниження втрат напору;

- мала залежність ефективності рекуперації від швидкості повітряного потоку.

Завдяки турбулентному потоку повітря в каналах теплообмінника, досягається висока ефективність утилізації тепла при порівняно низькому гідравлічному опорі.

В зв'язку з можливістю конденсації вологи з витяжного повітря, за теплообмінником встановлений сепаратор зі зливним піддоном і відводом конденсату через сифон [17].

Виготовляються теплообмінники двох типів: N (з виштамповками) і F (з гофруванням). Тип N використовується в звичайних системах вентиляції та кондиціонування з витратою повітря до 50 тис. м³/год. Тип F, володіючи більшою міцністю і жорсткістю, використовується в складі технологічного обладнання, а

також в системах вентиляції і кондиціонування з витратою повітря до 100тис.м³/год [16].

Можливий також вибір поперечного розміру пластин і відстані між пластинами в широкому ряду типорозмірів. Кількість пластин і відстань між ними визначають довжину теплообмінника, яка може варіюватися від 200 до 3000 мм.

Пластинчастий теплообмінник сам по собі є необхідним високотехнологічним елементом рекуперативної установки. Разом з тим він може бути оснащений додатковими елементами, що суттєво спрощують подальшу зовнішню обв'язку теплообмінника. До числа вказаних додаткових елементів належать [20]:

- байпасна секція, що вбудовується в той же корпус, що і блок пластин теплообмінника (збоку від нього або посередині);

- рециркуляційний клапан, що забезпечує більш ефективне регулювання теплопродуктивності.

Рециркуляційний клапан монтується в байпасній секції. Таким чином, крім рекуперації тепла з'являється можливість рециркуляції повітря, регульованою в межах від 0 до 100%.

Необхідність використання зазначених опцій визначається умовами експлуатації теплообмінника. Байпас може встановлюватися як у теплому, так і в холодному плечах теплообмінника. Установка байпаса в холодному плечі диктується умовами, що сприяють обмерзанню теплообмінника в зимовий період. Якщо розрахункова температура обмерзання вище розрахункового значення температури зовнішнього повітря в заданому регіоні, то використання байпаса або автоматичне управління режимом короткочасної зупинки припливного вентилятора є необхідними. Байпас в теплому плечі встановлюється, коли необхідна реалізація режиму нічного охолодження, що характерно для регіонів з різко континентальним кліматом. Необхідність установки рециркуляційного клапана визначається умовами доцільності суміщення між собою рекуперації тепла і рециркуляції повітря [8].

4.3 Особливості роботи пластинчастих теплообмінників в умовах їх обмерзання

При охолодженні вологого повітря відбувається збільшення відносної вологості до стану насичення, після чого починається інтенсивна конденсація надлишкової вологи. В результаті відповідним чином зменшується абсолютний вологовміст. При подальшому охолодженні нижче температури замерзання має місце кристалізація конденсованої вологи. Цей процес характерний для систем рекуперації, в яких при низькій температурі зовнішнього повітря здійснюється його підігрів шляхом часткової передачі тепла, що міститься в повітрі, що видаляється системами витяжної вентиляції. Зазначене, з одного боку, призводить до істотного підвищення ефективності теплообміну за рахунок прихованої теплоти випаровування. З іншого боку, при відсутності належних способів відведення конденсату може спостерігатися зменшення теплопередачі за рахунок формованого на поверхні пластин шару рідини, а також зменшення живого перерізу повітряних каналів, що, в свою чергу, призводить до збільшення втрат статичного тиску [17]. У випадках, коли, припливне повітря має досить низьку температуру, конденсат, що накопичується всередині теплообмінника, замерзає, закупорюючи частково або повністю повітряні канали на стороні витяжки. В результаті витрата повітря, що видаляється, знижується або припиняється зовсім. Відповідно, ефективність рекуперації падає, що виражається в недостатньому попередньому підігріві припливного повітря, компенсується установкою додаткових зовнішніх нагрівачів (калориферів) порівняно великої потужності [18].

Теоретичний аналіз і практичний досвід експлуатації свідчать, що робота пластинчастих теплообмінників в умовах обмерзання визначається наступними факторами [20]:

- аеродинамічною характеристикою витяжного вентилятора;
- станом теплообмінника і спрямованістю повітряних потоків;
- конструктивним виконанням теплообмінника, а саме, чи здійснюється переміщення повітря, що видаляється, роздільними потоками з використанням

спеціальних сепараторів (теплообмінники каналного типу), або суцільним потоком, коли рух повітря і, відповідно, утвореного конденсату не обмежено ніякими направляючими ні в поздовжньому, ні в поперечному напрямках (теплообмінники відкритого типу).

Теплообмінники відкритого типу.

Роль вентилятора при обмерзанні теплообмінників відкритого типу.

При частковому обмерзанні пластинчастого теплообмінника відкритого типу відбувається наступне. Утворений в «холодному кутку» лід звужує прохідний перетин на виході повітря, яке видаляється, що призводить до додаткових втрат статичного напору на стороні витяжки. Якщо витяжний вентилятор має пологі характеристику, то при обмерзанні відбувається зниження витрати повітря на витяжці, в результаті чого змінюється масове відношення повітряних потоків на припливі і витяжці, що в свою чергу сприяє більш інтенсивному обмерзанню. Знову збільшується втрата напору, знижується витрата, змінюється масове відношення і даний процес набуває лавиноподібний характер аж до повного обмерзання теплообмінника, який в результаті припиняє свою роботу. Зазвичай це не призводить до пошкодження пластин і після відтавання теплообмінник знову може функціонувати повноцінним чином [9].

На противагу цьому, якщо витяжний вентилятор має круту характеристику, то витрата повітря при обмерзанні залишається практично незмінною навіть при досить великому звуженні вихідного перерізу. В цьому випадку ефективність теплообміну дещо знижується за рахунок збільшення швидкості повітря, тобто зменшується відвід тепла від повітря, яке видаляється, особливо в міру наближення до вихідного перерізу. В результаті, незважаючи на деяку невелику зміну масового відношення на користь припливного повітря, подальшої інтенсифікації обмерзання не відбувається, процес стабілізується на певній стадії і, в підсумку, повного обледеніння не спостерігається.

Положення відкритого теплообмінника і спрямованість повітряних потоків.

Той факт, що конденсат, який утворюється всередині теплообмінника під дією сил тяжіння стікає зверху вниз може призводити до двох прямо протилежним за своїми результатами наслідків [9]:

1. Коли починається процес конденсації, точка роси досить висока і утворений конденсат містить велику кількість теплової енергії. Крім того, теплоємність води у багато разів перевищує теплоємність повітря. Таким чином, у разі утворення великої кількості конденсату при стіканні вниз разом з ним переноситься тепло, достатнє для підігріву холодної частини пластин, запобігаючи або знижуючи їх обмерзання.

2. Якщо кількість утвореного конденсату невелика, то теплової енергії, яка з ним переноситься виявляється недостатньо для обігріву холодної частини. В цьому випадку конденсат стікає повністю або його більша частина замерзає, прискорюючи тим самим процес заморожування теплообмінника.

У загальному випадку пластинчасті теплообмінники не призначені для горизонтальної установки в силу наступних причин [6]:

- дренаж конденсату відбувається некерованим чином;
- конденсат може потрапляти в припливне повітря через найменші нещільності;
- в разі обледеніння пластини теплообмінника можуть бути пошкоджені під дією тяжіння утвореного при цьому льоду;
- краплі конденсату можуть переноситися разом з потоком повітря.

Крім того, слід мати на увазі, що при відключенні вентиляційної установки конденсат залишається на пластинах і може замерзати при низьких температурах зовнішнього повітря. Таким чином, горизонтальна установка пластинчастих теплообмінників пов'язана з набагато більшою небезпекою і, можливо, більш серйозними наслідками їх замерзання.

Теплообмінники каналного типу.

При переміщенні повітря по прямокутним каналах обмерзання відбувається дещо іншим чином, ніж це має місце в теплообмінниках відкритого типу. Обмерзання каналу у вихідному перерізі повністю перешкоджає проходженню повітря через нього. В результаті, якщо, наприклад,

перекритий льодом перший канал, то другий канал стає першим. Припливне, холодне повітря тепер, впливаючи на нього, приводить до утворення чергової крижаної пробки і закупорювання цього каналу. Таким чином, процес розвивається далі. У результаті теплообмінники каналного типу замерзають значно швидше, ніж теплообмінники відкритого типу [10].

Роль вентилятора при обмерзанні теплообмінників каналного типу.

Вплив характеристики вентилятора на роботу рекуператора в цьому випадку аналогічно має місце при використанні теплообмінників відкритого типу.

Крута характеристика. Збільшення втрат статичного тиску призводить до зниження витрати повітря через теплообмінник, інтенсифікуючи процес обмерзання аж до повного замерзання [11].

Полога характеристика. Більша кількість повітря проходить через кожен з решти працездатних каналів. Масове відношення повітряних потоків в цих каналах змінюється на користь повітря, що видаляється. Теплообмінник, що мав спочатку квадратний перетин, перетворюється в прямокутний теплообмінник. При цьому інтенсивність обledenіння і небезпека його повного заморожування знижуються.

Положення каналного теплообмінника і спрямованість повітряних потоків.

Оскільки повітря проходить через теплообмінник по каналам, сили гравітації надають набагато більший вплив на процес обмерзання.

Горизонтальне розташування каналних теплообмінників.

Теоретично ситуація при горизонтальному розташуванні теплообмінників аналогічна використанню теплообмінників відкритого типу. Проте, з практичної точки зору небезпека обмерзання при цьому трохи вище, оскільки в каналних теплообмінниках дренажування конденсату в напрямку протилежному повітряному потоку утруднено більшою мірою [11].

Представлені матеріали дозволяють констатувати наступне:

- Використання витяжних вентиляторів з крутою аеродинамічною характеристикою запобігає або знижує інтенсивність обледеніння, що однозначним чином диктує доцільність їх використання [17].

- Пластинчасті теплообмінники відкритого типу мають очевидні переваги в порівнянні з каналними теплообмінниками, оскільки останні більш схильні до обмерзання.

- Стосовно розташування теплообмінників та організації повітряних потоків розробка загальних рекомендацій принципово неможлива. У кожному конкретному випадку слід керуватися конкретними обставинами, які, перш за все, визначаються кількістю утвореного конденсату, а також швидкістю повітря на витяжці.

4.4 Методи боротьби з обмерзанням теплообмінників

Підігрів припливного повітря

Проблема обмерзання теплообмінника повністю вирішується шляхом попереднього підігріву припливного повітря вище температури обмерзання. Зазначене може бути реалізовано за рахунок часткового змішування свіжого повітря і того, що видаляється на притоці, або використовуючи додаткові електричні нагрівачі (ТЕНи) або калорифери. Слід мати на увазі, що підігрів необхідний тільки в межах «Холодного кута», за рахунок чого габарити і потужність встановлюваного устаткування можуть бути істотно знижені. Тим не менш, подібне рішення навряд чи доцільно на практиці, оскільки воно пов'язане зі значним ускладненням конструкції і додатковими експлуатаційними витратами [9].

Регулювання масового відношення повітряних потоків на припливі і витяжці

При зменшенні кількості холодного припливного повітря в принципі можна досягти умов, при яких кількість асимільованого ним тепла не призводить до переохолодження порівняно з великою кількістю теплого повітря, яке видаляється і, відповідно, до обмерзання теплообмінника. Однак,

для досягнення цього масове відношення повітряних потоків, як правило, не повинно перевищувати 0,5. Причиною є та обставина, що на витяжці видаляється повітря завжди значно холодніше у вихідному перерізі порівняно з вхідним [10].

Проте, даний захід використовується досить часто, оскільки в будь-якому випадку доцільною є установка байпаса, що дозволяє в літній період регулювати параметри повітря на притоці. В силу цього додаткові витрати виявляються невеликі, оскільки пов'язані тільки з необхідністю використання відповідних коштів автоматизованого контролю та органів управління.

Слід зазначити, що подібне технічне рішення недостатньо ефективне з енергетичної точки зору, тому що значна частина припливного повітря проходить через байпас, минаючи теплообмінник. Загальна ефективність рекуперації при цьому різко падає.

Особливий інтерес представляє конструктивне рішення, яке, прийнятно тільки для пластинчастих теплообмінників відкритого типу. Потік холодного припливного повітря на вході в теплообмінник відхиляється в поперечному напрямку за допомогою плоского дефлектора маятникового типу, керованого сигналами термостата, розташованого в «холодному кутку». В результаті на витяжці тепле повітря, що видаляється не переохолоджується в критичній зоні нижче заданої температури, що забезпечується локальним обмеженням доступу холодного повітря. Таким чином, це запобігає процесу обмерзання. За рахунок плоского дефлектора відбувається звуження прохідного перерізу на вході з боку припливу, що призводить до збільшення втрат статичного тиску. Однак, зазначений ефект не настільки значний, оскільки за дефлектором в теплообмінниках відкритого типу повітряний потік знову розширюється.

Розморожування теплообмінників

Нижче вказані способи розморожування теплообмінників припускають можливість їх обмерзання з наступним відтаванням шляхом відповідного перемикання режимів роботи.

Мають місце наступні два варіанти [12]:

1. Розморожування всього теплообмінника. При досягненні певної міри обмерзання теплообмінника відбувається відключення припливу. В результаті через теплообмінник проходить тільки тепле повітря, що видаляється з боку витяжки, за рахунок чого теплообмінник розморожується. Зазначений спосіб є простим і досить ефективним, оскільки відключення припливу проводиться на короткий час (від 3 до 5 хвилин). Найкращим в цьому випадку є управління по величині перепаду статичного тиску на стороні витяжки.

2. Часткове розморожування (метод стратифікації). Даний спосіб передбачає наявність на вході з боку припливу багатопелюсткових, індивідуально керованих повітряних клапанів. При нормальному функціонуванні клапани повністю відкриті. У міру обмерзання теплообмінника здійснюється управління пелюстками клапана, за рахунок чого відбувається короткочасне перекриття окремих частин повітряного потоку на притоці. Таким чином, можуть послідовно розморожуватися одна секція за іншою. Втрати статичного тиску в цьому випадку незначні. В цілому даний спосіб розморожування достатньо ефективний. Однак, при цьому система управління є значно складнішою, ніж в попередньому варіанті.

Зниження теплопередачі пластин рекуператора

Даний метод є чисто конструктивним, передбачаючи спеціальне профілювання пластин з метою зниження коефіцієнта теплопередачі в «холодному кутку». Однак, при цьому неможливо здійснювати управління та регулювання, що обмежує можливості методу, забезпечуючи лише зниження температури обмерзання до деяких меж. В залежності від умов експлуатації можуть знадобитися додаткові заходи боротьби з обмерзанням теплообмінників [12].

Способи регулювання обмерзання рекуператорів

Принципово існують три способи регулювання, які призначені для запобігання або ліквідації наслідків обмерзання теплообмінників [20]:

1. Температура припливного повітря. За показами термостата, встановленого на вході повітряного потоку з боку припливу, відбувається управління роботою байпасного клапана. У більшості випадків здійснюється

двохпозиційне регулювання. Використання теплової енергії при цьому оптимізується не в повній мірі.

2. Температура повітря на витяжці в «холодному кутку». За показами термостата, встановленого даними чином, здійснюється безперервне регулювання, забезпечуючи повноцінну оптимізацію використання теплової енергії в ході керування роботою теплообмінника в зимових умовах при охолодженні зовнішнього повітря нижче температури обмерзання.

3. Втрата статичного тиску на стороні витяжки. Ступінь обмерзання визначається по перепаду тиску між вхідним і вихідним перерізами потоку повітря, що видаляється. За допомогою пневмодатчика встановлюється значення перепаду тиску, при досягненні якого відбувається спрацювання відповідної системи захисту. Даний спосіб регулювання найбільш ефективний при використанні методів боротьби з обмерзання теплообмінників шляхом їх періодичного розморожування.

4.5 Аналіз строків окупності пластинчастого і роторного теплоутилізаторів

Виконаємо порівняльний аналіз термінів окупності теплообмінників-утилізаторів пластинчастого і роторного типів для систем вентиляції та кондиціювання. Розрахунок проводимо для холодного періоду року, приймаючи в якості зовнішньої розрахункової температури середню температуру найбільш холодної п'ятиденки. Прийmemo продуктивність установки 1000 м³/год. Розрахуємо витрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря в системі без теплоутилізатора [15]

$$Q_p^i = \frac{1}{3600} V \rho c_p (t_{np} - t_n^i) \tau [\text{кВт} \cdot \text{год}], \quad (1.1)$$

де V – витрата зовнішнього повітря, м³/год;

ρ – щільність зовнішнього повітря, кг/м³;

c_p – питома теплоємність при постійному тиску, кДж/(кг К);

t_{np} – температура припливного повітря, °С;

t_n – температура зовнішнього повітря, °C.

$$Q_p^i = \frac{1}{3600} 1000 \cdot 1,2 \cdot 1(18 - (-21)) = 13 (\text{кВт} \cdot \text{год}).$$

Річні витрати тепла

$$Q_p = Q_p^i \cdot \tau [\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}], \quad (1.2)$$

де τ - період роботи системи вентиляції з опалювальний період, год / рік:

$$\tau = 189 \cdot 12 = 2268 (\text{год} / \text{рік}). \quad (1.3)$$

$$Q_p = 13 \cdot 2268 = 29484 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}).$$

Розрахуємо економію енергії при включенні в склад припливно-втяжної установки роторного регенератора вартістю $\Pi_{\text{yr}} = 19600$ грн. Температуру припливного повітря приймемо $t_{\text{np}} = 18^\circ\text{C}$, температуру повітря, що видаляється з приміщення повітря $t_y^1 = 22^\circ\text{C}$ [30]. Розрахунок проводимо при ефективності рекуператора $\varepsilon = 80\%$.

Температура повітря на виході з роторного регенератора [11]:

$$t_{n2}^i = t_{n1}^i + \varepsilon (t_{y1} - t_{n1}^i) [^\circ\text{C}], \quad (1.4)$$

$$t_{n2} = -21 + 0,8(22 - (-21)) = 13,4 (^\circ\text{C}).$$

Кількість теплоти, необхідної на догрів зовнішнього повітря від температури на виході з регенератора до параметрів на притоці [12]:

$$Q_{p,ym}^i = \frac{1}{3600} V \rho c_p (t_{np} - t_{n2}^i) [\text{кВт} \cdot \text{год}], \quad (1.4)$$

$$Q_{p,ym}^i = \frac{1}{3600} 1000 \cdot 1,2 \cdot 1(18 - 13,4) = 1,53 (\text{кВт} \cdot \text{год}).$$

$$Q_{p,ym} = Q_{p,ym}^i \cdot \tau [\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}], \quad (1.5)$$

$$Q_{p,ym} = 1,53 \cdot 2268 = 3477,6 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}).$$

Кількість зекономленої енергії

$$\Delta Q = 29484 - 3477,6 = 26013 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}). \quad (1.7)$$

Витрати енергії на обертання ротора

$$N = N_{np} \tau [\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}], \quad (1.8)$$

$$N = 4,2 \cdot 2268 = 9525,6 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}).$$

де $N_{\text{пр}}$ - встановлена потужність приводу ротора, кВт.

Вартість зекономленої енергії [13]

$$E = \Delta Q \cdot \Pi - N \cdot \Pi_{\text{ел}} [\text{грн} / \text{рік}], \quad (1.9)$$

де Π – вартість електричної або теплової енергії залежно від типу використовуваного калорифера, грн / (кВт год);

$\Pi_{\text{ел}}$ - вартість електричної енергії, грн / кВт год.

$$E = 26013 \cdot 2,87 - 9525,6 \cdot 0,28 = 71992,8 (\text{грн} / \text{рік}).$$

Термін окупності теплоутилізатора [12]

$$\tau = \frac{\Pi_{\text{ум}}}{E} = \frac{19600}{71992,8} = 0,3 (\text{рік}). \quad (1.10)$$

Проведемо розрахунок терміну окупності та економії енергії при установці в систему обробки повітря пластинчастого рекуператора вартістю 15800 грн. Слід зауважити, що при установці пластинчастого теплоутилізатора відсутні витрати енергії на привід, оскільки у даного типу теплообмінника відсутні рухомі частини.

Вартість зекономленої енергії при установці пластинчастого рекуператора [12]

$$E = 74657 (\text{грн} / \text{рік}).$$

Термін окупності теплоутилізатора [20]

$$\tau = \frac{\Pi_{\text{ум}}}{E} = \frac{15800}{74657} = 0,2 (\text{рік}).$$

В результаті проведеного розрахунку можна зробити наступні висновки:

1. Період окупності пластинчастого утилізатора практично дорівнює періоду окупності роторного регенератора. Але конструкція пластинчастого рекуператора значно простіша, немає рухомих частин на відміну від роторного регенератора, які призводять до певних незручностей [17]:

- наявність обертового ротора передбачає ретельне регулювання положення агрегату по відношенню до горизонтальної площини щоб уникнути биття ротора і пов'язаного з цим передчасного зносу опорних підшипників;

- ротор, що представляє собою теплоутилізуючу насадку, утворену вузькими каналами значної довжини, в яких мають місце ламінарні повітряні потоки, вразливий до механічного забруднення, що вимагає ретельного контролю за станом фільтрів, які встановлюються на входах.

Пластинчастий рекуператор при надійній системі захисту від обмерзання не вимагає обслуговування. Також пластинчастий рекуператор через відсутність перетоків повітря може використовуватися в тих системах, де неприпустимо попадання витяжного повітря в припливне [15].

3. Чим більший період експлуатації системи вентиляції протягом доби, тим швидше окупається установка тепло утилізатора [13].

4. Підвищення ефективності утилізатора (ступеня рекуперації) призводить до зниження терміну окупності системи (особливо в системах з водяним калорифером). Однак в області високих значень ефективності підвищення ступеня рекуперації веде лише до незначного зменшення строків окупності. Оскільки підвищення ефективності теплообмінника, пов'язане з конструктивними змінами, а отже зі збільшенням собівартості утилізатора, оптимальним значенням ефективності слід вважати $\epsilon = 80 \dots 85\%$ [15].

Слід зазначити, що в розрахунку не враховувалися одноразові витрати на доставку, монтаж, витрати на сервісне обслуговування, амортизаційні відрахування та інші витрати, пов'язані з включенням до схеми обробки повітря роторного або пластинчастого утилізаторів. Розрахунок проводився лише з позицій економії енергії. Тому в реальності термін окупності утилізатора може бути значно вище, однак загальна закономірність залишиться тією ж.

Висновки до розділу 4

1. Проаналізовано процес рекуперації теплової енергії в системах вентиляції та кондиціювання повітря, що має своїм завданням суттєве скорочення енергоспоживання, а також зниження навантаження на навколишнє

середовище. Основними факторами, які спонукають до використання систем рекуперації тепла є:

- зростання цін на всі види енергоносіїв;
- обмеження на встановлену потужність (наприклад, в центральних районах великих міст);
- ряд нових стандартів і технічних вимог, що регламентують проєктування, виготовлення і використання енергозберігаючого обладнання.

1. В результаті аналізу відомих конструктивних рішень теплообмінників та проведеного порівняльного аналізу їх основних видів було підібрано найефективніший тип системи вентиляції з рекуперацією тепла. Що стосується типів рекуператорів, то найбільший інтерес представляють пластинчасті та роторні теплообмінники. Але існують деякі особливості роторних теплообмінників, що вимагають уважного відношення до їх монтажу та експлуатації. Незважаючи на підвищені габарити і ефективність, пластинчасті теплообмінники не пов'язані з такими обмеженнями, оскільки вони не містять рухомих частин і при збільшенні розміру між пластинами дозволяють проводити їх чистку шляхом продувки стисненим повітрям або промивання з використанням води і розчинників.

2. Розглянуто конструкцію пластинчастого рекуператора, яка виконана таким чином, щоб максимально збільшити ефективність його роботи, яка досягається за рахунок спеціального профілю пластин, які утворюють систему каналів для протікання двох потоків повітря. За рахунок цього забезпечується висока ступінь турбулізації повітряного потоку, мінімальні втрати напору, відсутність механічних деформацій, інтенсифікацію кондуктивного теплообміну.

3. Проведено аналіз ефективності використання рекуператорів пластинчастого типу. Єдиною перешкодою для їх широкого впровадження є небезпека обмерзання. У зв'язку з цим особливу увагу приділено проблемам забезпечення працездатності та ефективності функціонування теплообмінників з урахуванням особливостей їх експлуатації в холодний період року. Зроблена систематизація варіантів конструктивних рішень, що передбачають

профілактику обмерзання, або скорочення виникаючих при цьому негативних наслідків. Розроблені рекомендації по конструюванню рекупераційних агрегатів, що складаються з елементів і блоків, які серійно випускаються, з урахуванням забезпечення їх ефективної роботи взимку при низьких температурах зовнішнього повітря.

4. Обґрунтовано економічну доцільність застосування пластинчастих рекуператорів, якає більш ніж очевидна, оскільки вона безпосереднім чином залежить від температурного контрасту. Чим більше різниця температур повітря зовні і всередині будівлі, тим більший економічний ефект. Проведений розрахунок терміну окупності та економії енергії при установці в систему обробки повітря пластинчастого рекуператора доводить, що цей рекуператор є найбільш ефективним з економічної точки зору.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Кошторисну документацію до магістерської кваліфікаційної роботи складено у відповідності до ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 “Правила визначення вартості будівництва”.

В локальному кошторисі визначено кошторисну вартість робіт, яка містить в собі прямі та загальновиробничі витрати. Загальновиробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників Додатку 3 до ДСТУ Б Д.1.1-1:2013.

Вартість матеріальних ресурсів і машино-годин прийнято за регіональними поточними цінами станом на дату складання документації, згідно прайс-листів та усередненими даними Держбуду України.

Локальний кошторис складений на монтаж системи вентиляції та тепло-холодопостачання торговельно-офісного комплексу (табл.5.2). Склад, об’єми робіт та необхідну кількість витратних матеріалів наведено у частині 3 даного проекту. Основою для розробки кошторису є креслення та специфікації (див. частину 3). Значення основних техніко-економічних показників наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники

Показники	Одиниці вимірювання	Значення
Кошторисна вартість	тис.грн	197,948
Кошторисна трудомісткість	тис.люд.-год.	4,598
Кошторисна заробітна плата	тис.грн	98,7
Середній розряд робіт	розряд	4
Вартість матеріалів	грн	40324

Громадська будівля

Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1
на системи мікроклімату
Системи мікроклімату

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 197,948 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 4,598 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 98,700 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,0 розряд
Вимірник одиничної вартості 6500,00 м3
Показник одиничної вартості 30,45 грн.

Складений в поточних цінах станом на “14 жовтня” 2024 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	
										на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E20-1-1	Прокладання повітроводів із листової сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,5 мм, діаметром до 200 мм	100м2	0,0225	<u>21626,61</u> 4963,73	<u>109,11</u> 34,88	487	112	<u>2</u> 1	<u>261,8</u> 2,0876	<u>5,89</u> 0,05
2	E20-11-1	Установлення ґрат жалюзійних площею у простві до 0,25 м2	ґрати	69	<u>44,35</u> 35,36	<u>5,34</u> 1,24	3060	2440	<u>368</u> 86	<u>1,82</u> 0,0745	<u>125,58</u> 5,14
3	E20-13-1	Установлення клапанів зворотних діаметром до 355 мм	клапан	4	<u>47,19</u> 33,58	<u>1,43</u> 0,44	189	134	<u>6</u> 2	<u>1,75</u> 0,0266	<u>7</u> 0,11
4	E20-14-1	Установлення заслінок повітряних і клапанів повітряних КВР із ручним приводом діаметром до 250 мм	шт	4	<u>52,23</u> 34,97	<u>1,43</u> 0,44	209	140	<u>6</u> 2	<u>1,8</u> 0,0266	<u>7,2</u> 0,11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	E20-25-1	Установлення шумоглушників вентиляційних трубчастих круглого перерізу типу ГТК 1-1 діаметром обичайки 125 мм	шт	4	<u>403,27</u> 35,50	<u>2,14</u> 0,67	1613	142	<u>9</u> 3	<u>1,85</u> 0,0399	<u>7,4</u> 0,16
6	E20-42-1	Установлення камер припливних типових без секції зрошення продуктивністю до 10 тис.м3/год	камера	4	<u>1629,89</u> 1341,59	<u>80,67</u> 19,28	6520	5366	<u>323</u> 77	<u>68,17</u> 1,1154	<u>272,68</u> 4,46
7	E20-34-1	Установлення агрегатів повітряно- опалювальних масою до 0,25 т	шт	2	<u>317,37</u> 241,74	<u>56,43</u> 16,74	635	483	<u>113</u> 33	<u>12,75</u> 0,9723	<u>25,5</u> 1,94
8	E20-24-1	Установлення вузлів проходу витяжних вентиляційних шахт діаметром патрубка до 250 мм	10вузол	0,4	<u>940,74</u> 810,53	<u>27,47</u> 13,91	376	324	<u>11</u> 6	<u>43,86</u> 0,833	<u>17,54</u> 0,33
9	E20-37-1	Установлення фільтрів чарункових	м2	16	<u>156,03</u> 143,48	<u>9,98</u> 3,11	2496	2296	<u>160</u> 50	<u>7,04</u> 0,1862	<u>112,64</u> 2,98
10	E20-32-1	Установлення вентиляторів осьових масою до 0,025 т	шт	8	<u>137,30</u> 129,54	<u>7,56</u> 2,20	1098	1036	<u>60</u> 18	<u>6,21</u> 0,1231	<u>49,68</u> 0,98
11	E20-23-1	Установлення дефлекторів діаметром патрубка 280 мм	шт	10	<u>275,35</u> 85,51	<u>1,43</u> 0,44	2754	855	<u>14</u> 4	<u>4,51</u> 0,0266	<u>45,1</u> 0,27
12	E20-18-1	Установлення над шахтами зонтів із листової сталі круглого перерізу діаметром 200 мм	зонт	4	<u>100,34</u> 12,15	<u>1,97</u> 0,47	401	49	<u>8</u> 2	<u>0,61</u> 0,028	<u>2,44</u> 0,11
13	E20-29-1	Установлення вставок гнучких до радіальних вентиляторів	м2	8	<u>191,27</u> 185,43	<u>1,43</u> 0,44	1530	1483	<u>11</u> 4	<u>9,78</u> 0,0266	<u>78,24</u> 0,21
14	E20-35-1	Установлення калориферів масою до 0,1 т	шт	4	<u>304,40</u> 153,01	<u>33,67</u> 8,38	1218	612	<u>135</u> 34	<u>8,28</u> 0,4886	<u>33,12</u> 1,95
15	E16-6-1	Прокладання трубопроводів опалення зі сталей водогазопровідних неоцинкованих труб діаметром 15 мм	100м	0,2	<u>5809,40</u> 1004,89	<u>109,82</u> 28,60	1162	201	<u>22</u> 6	<u>48,71</u> 1,6512	<u>9,74</u> 0,33
16	E16-6-2	Прокладання трубопроводів опалення зі сталей водогазопровідних неоцинкованих труб діаметром 20 мм	100м	1,2	<u>6298,38</u> 1004,89	<u>109,82</u> 28,60	7558	1206	<u>132</u> 34	<u>48,71</u> 1,6512	<u>58,45</u> 1,98

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17	E16-6-3	Прокладання трубопроводів опалення зі сталевих водогазопровідних неоцинкованих труб діаметром 25 мм	100м	0,5	<u>6383,16</u> 1004,89	<u>109,82</u> 28,60	3192	502	<u>55</u> 14	<u>48,71</u> 1,6512	<u>24,36</u> 0,83
18	E16-14-1	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 20 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	5,89	<u>7367,18</u> 5693,88	<u>1027,38</u> 398,95	43393	33537	<u>6051</u> 2350	<u>268,96</u> 24,7574	<u>1584,17</u> 145,82
19	E16-14-2	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 25 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	1,5	<u>5603,70</u> 4478,73	<u>645,80</u> 246,79	8406	6718	<u>969</u> 370	<u>211,56</u> 15,2947	<u>317,34</u> 22,94
20	E16-14-3	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 32 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	0,5	<u>4638,03</u> 3645,47	<u>399,58</u> 147,99	2319	1823	<u>200</u> 74	<u>172,2</u> 9,1445	<u>86,1</u> 4,57
21	E16-14-4	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 40 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	0,55	<u>6101,61</u> 4860,63	<u>480,23</u> 180,34	3356	2673	<u>264</u> 99	<u>229,6</u> 11,1495	<u>126,28</u> 6,13
22	E16-15-1	Установлення вентилів, засувки, затворів, клапанів зворотних, кранів прохідних на трубопроводах із сталевих труб діаметром до 25 мм	шт	50	<u>78,90</u> 49,12	<u>11,65</u> 2,61	3945	2456	<u>583</u> 131	<u>2,41</u> 0,1561	<u>120,5</u> 7,81
23	E16-15-2	Установлення вентилів, засувки, затворів, клапанів зворотних, кранів прохідних на трубопроводах із сталевих труб діаметром до 50 мм	шт	25	<u>82,48</u> 49,12	<u>16,71</u> 3,23	2062	1228	<u>418</u> 81	<u>2,41</u> 0,1814	<u>60,25</u> 4,54
24	E16-6-3	Прокладання трубопроводів опалення зі сталевих водогазопровідних неоцинкованих труб діаметром 25 мм	100м	0,78	<u>6383,16</u> 1004,89	<u>109,82</u> 28,60	4979	784	<u>86</u> 22	<u>48,71</u> 1,6512	<u>37,99</u> 1,29
25	E18-2-1	Установлення котлів сталевих жаротрубних пароводогрійних на твердому паливі теплопродуктивністю до 0,21 МВт [0,18 Гкал/год]	шт	4	<u>2566,53</u> 1537,47	<u>398,67</u> 118,32	10266	6150	<u>1595</u> 473	<u>75,44</u> 6,9236	<u>301,76</u> 27,69

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26	E18-6-3	Установлення конвекторів	100кВт	0,68	<u>3272,50</u> 2840,76	<u>377,65</u> 117,49	2225	1932	<u>257</u> 80	<u>142,68</u> 6,8996	<u>97,02</u> 4,69
27	E18-10-5	Установлення баків розширювальних круглих і прямокутних місткістю 0,4 м3	шт	8	<u>831,14</u> 119,83	<u>16,26</u> 4,96	6649	959	<u>130</u> 40	<u>5,95</u> 0,2836	<u>47,6</u> 2,27
28	E18-13-1	Установлення насосів відцентрових з електродвигуном, маса агрегату до 0,1 т	шт	8	<u>639,29</u> 429,38	<u>33,37</u> 8,71	5114	3435	<u>267</u> 70	<u>21,32</u> 0,5002	<u>170,56</u> 4
29	E18-15-1	Установлення гребінок пароводорозподільних зі сталевих труб, зовнішній діаметр корпусу 108 мм	шт	4	<u>788,89</u> 234,68	<u>20,34</u> 5,30	3156	939	<u>81</u> 21	<u>11,25</u> 0,3054	<u>45</u> 1,22
30	E18-17-1	Установлення повітрозбірників зі сталевих труб зовнішнім діаметром до 76 мм	шт	16	<u>140,83</u> 37,55	<u>8,65</u> 2,73	2253	601	<u>138</u> 44	<u>1,82</u> 0,1602	<u>29,12</u> 2,56
31	E18-21-1	Установлення фільтрів для очищення води у трубопроводах систем опалення діаметром 25 мм	10шт	0,4	<u>2250,59</u> 250,67	<u>136,23</u> 34,28	900	100	<u>54</u> 14	<u>12,3</u> 2,0478	<u>4,92</u> 0,82
32	E18-22-2	Установлення манометрів з триходовим краном	комплект	8	<u>11,29</u> 7,74	- -	90	62	- -	<u>0,36</u> -	<u>2,88</u> -
33	E18-22-4	Установлення термометрів в оправі прямих та кутових	комплект	16	<u>11,57</u> 10,39	- -	185	166	- -	<u>0,51</u> -	<u>8,16</u> -
		Разом прямі витрати по кошторису					133796	80944	<u>12528</u> 4245		<u>3922,21</u> 258,29
		Разом будівельні роботи, грн.					133796				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					40324				
		всього заробітна плата, грн.					85189				
		Загальновиробничі витрати, грн.					64152				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					417,93				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					13511				
		Всього будівельні роботи, грн.					197948				

		Всього по кошторису					197948				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.					4598				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Кошторисна заробітна плата, грн.					98700				

Склав _____ Волинець
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірів _____ Лялюк
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Висновок

В результаті розробки роботи було запроєктовано системи тепло холодопостачання та вентиляції громадської будівлі з використанням модульних теплових насосів, розташованих поповерхово. В якості джерел низь потенційного тепла використано каналізаційні стоки, вентиляційне повітря та зовнішнє повітря. Витрати тепла на тепло холодопостачання та вентиляцію склали 68,332 кВт, річні витрати тепла склали -125,541 ГДж/рік, питомі витрати тепла - 23,54 Вт/м².

Проектом передбачена припливно-витяжна вентиляція, механічна з рекуперацією тепла, в приміщенні санвузлів передбачена природня витяжка через приставні металеві канали.

Обладнання для механічної припливно-витяжної вентиляції розміщується під стелею торгових приміщень, за конструкцією підвісної стелі. Повітроводи квадратного перерізу виконані з тонколистової оцинкованої сталі товщиною 0,5-0,7мм, прокладені за конструкцією підвісної стелі. Для притоку та витяжки повітря використані сталеві жалюзійні регулюємі ґратки фірми «Systemair» типу GSV з подвійним регулюванням, встановлені на повітропроводах через доводчики. За рахунок подвійного регулювання досягається більш точне та зручне регулювання кількості повітря, яке подається у приміщення.

Також складено специфікацію матеріалів та обладнання для цих систем, виконано кошторисні розрахунки.

Технологічні рішення диктуються такими умовами: набором вітчизняного та імпортного технологічного обладнання, вимогами нормативно-технологічної документації з пожежної безпеки, охорони праці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сакевич Володимир Федорович. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах : навчальний посібник / В. Ф. Сакевич, М. А. Томчук. – Друге видання. Вінниця : ВНТУ, 2008. 142 с.
2. ДБН В.2.5-67:2013: Тепло холодопостачання, вентиляція та кондиціонування повітря. Київ. : К. Мінрегіонбуд, 2013. 141 с.
3. Правила визначення вартості будівництва : ДБН Д.1.1-1-2000 / Мінбуд України. Зі змінами та доповненнями. К. : Мінбуд України, 2000. (Державні будівельні норми).
4. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006 / Мінбуд України. Видання офіційне. К. : Мінбуд України, 2006. 70 с. (Державні будівельні норми України).
5. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з дисципліни "Тепло холодопостачання" для студентів напряму підготовки 0921 – "Будівництво" / уклад. А.Ф. Пономарчук, І.А. Пономарчук, О. Б. Волошин. Вінниця : ВНТУ, 2005. 56 с.
6. Жуковський Степан Семенович. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт : навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти спеціальності 7.092.108 "Будівництво та цивільна інженерія" / С. С. Жуковський, Р. І. Кінаш. Львів : Видавництво науково-технічної літератури, 1999. 448 с. – ISBN 966-7148-63-7.
7. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 16. Трубопроводи внутрішні : ДБН Д.2.2-16-99 / Держбуд України. Видання офіційне. Дніпропетровськ : ЦМДБ НВО "Созидатель", 2000. 38 с. – (Державні будівельні норми України).
8. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 17. Водопровід і каналізація – внутрішнє обладнання : ДБН Д.2.2-17-99 / Держбуд України. Видання офіційне. Дніпропетровськ : ЦМДБ НВО "Созидатель", 2000. 10 с. – (Державні будівельні норми України).

9. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник
18. Тепло холодопостачання – внутрішнє обладнання : ДБН Д.2.2-18-99 / Держбуд України. Видання офіційне. Дніпропетровськ : ЦМДБ НВО “Созидатель”, 2000. 28 с. – (Державні будівельні норми України).

10. Каталог обладнання [Електронний ресурс] : обладнання для систем тепло холодопостачання, холодо- та водопостачання. 80 Min / 700 MB. Herz, 2009. 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).

11. Автоматичні та ручні балансувальні клапани : технічний опис. Данфосс ТОВ. 08/2008. VD.57.Q5.50. 90 с.

12. Тихомиров Анатолій Кузьмович. Гаряче водопостачання житлового мікрорайону : навч. посібник. Х. , 2007. 140 с. – ISBN 978-5-7389-0542-1.

13. Ратушняк Г. С., Попова Г.С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції : навчальний посібник. Вінниця : ВДТУ, 2000. 122 с.

14. ДБН В.2.58-28-2006 “Природне і штучне освітлення”.

15. Пономарчук І.А.. Вентиляція та кондиціонування повітря: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.; Він. нац. техн. ун-т. Вінниця:ВНТУ,2012 . 92с.

16. Про охорону праці [Текст]: Закон України від 22.11.2002р. №235-IV// Офіційний вісник України. 2002 . С.1, 6, 7.

17. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми мікроклімату [Текст] / ДСН 3.3.6.037-99. Держбуд України 2000. 6 с.

18. ДСТУ НБВ.2.5-43.2010. "Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання".Міненергобуд України 2010. 32 с.

19. Правила облаштування електроустановок(ПУЕ) [Текст] . Енергія, 1997. 532с.

20. ДБН В.2.2.5-97 “Захистні споруди цивільної оборони”.

21. ДСНіП "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу". Наказ МОЗ №248 від 08.04.2014.

22. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва.

23. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.

24. ДСТУ Б В.2.5-82:2006. Електробезпека в будівлях та спорудах. Вимоги до захистних заходів від ураження електричним струмом.

25. ДБН В.2.5-28:2018 Природне та штучне освітлення.

26. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ №37 від 01.12.1999.

27. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрації. Постанова МОЗ №39 від 01.12.1999.

28.URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/16053>

Додаток А

Міністерство освіти і науки, України
Вінницький національний технічний університет
Кафедра ІСБ

Затверджено:
Завідувач кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.
"24" "09" 2024 р.

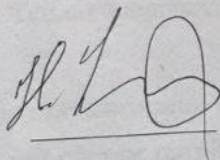


ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

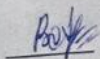
на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

**Енергоефективні системи теплохолодопостачання і
вентиляції громадської будівлі**

Керівник



Розробив



Вінниця 2024

Технічне завдання

1. Призначення розробки та місце застосування. Для проектування систем теплохолодопостачання і вентиляції громадської будівлі

2. Основа для виконання робіт.

Завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

3. Мета та призначення розробки.

Метою дипломної роботи є розробка проектних рішень систем тепло холодопостачання громадської будівлі.

Призначення розробки: заміна застарілих котлів на більш сучасніші і економічніші.

4. Джерела розробки.

Джерелами розробки є робочі креслення, нормативна література.

5. Технічні вимоги.

Технічні вимоги до котелень та газопостачання викладені в наступній нормативній літературі:

В.2.5-67:2013: Теплохолодопостачання, вентиляція та кондиціонування повітря.

6. Вимоги по стандартизації та уніфікації.

При модернізації систем потрібно застосовувати максимально можливу кількість стандартних виробів, які б забезпечували можливість швидкого монтажу та можливість їх ремонту чи заміни.

7. Вимоги з надійності.

Вимоги по надійності викладені В.2.5-67:2013: Тепло холодопостачання, вентиляція та кондиціонування повітря. Обов'язковими є показники:

7.1. Середній термін напрацювання обладнання на відмову, який складає не менше 10 років.

7.3 Теплові навантаження для розрахунку і вибору обладнання систем визначають для трьох режимів роботи:

–при середній температурі зовнішнього повітря за найбільш холодну п'ятиденку; найбільш холодного місяця

– при середній температурі зовнішнього повітря за найбільш холодний місяць;

-літнього при розрахунковій температурі зовнішнього повітря теплого періоду (розрахункові параметри А).

Зазначені середні і розрахункові температури зовнішнього повітря приймають відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27

7.2. На виробі повинні подати всі необхідні сертифікати.

8. Ергономічні вимоги:

8.1. Розташування органів управління основного та допоміжного обладнання повинні забезпечувати роботу персоналу нагляду на протязі денної та нічної частини доби.

8.2. Виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточнюється на стадії приймальних випробувань.

9. Експлуатаційні та ремонтні вимоги.

Для виробів в період експлуатації повинні бути встановлені наступні види технічного обслуговування: сезонне ТО, регламентоване ТО, строки ТО і ДО повинні по можливості співпадати з строками обслуговування базового обладнання.

10. Порядок розробки випробувань, приймання систем в експлуатацію:

Кожний котел підлягає технічному опосвідченню до пуску в роботу, періодично в процесі експлуатації і, в необхідних випадках – позачерговому. Технічні опосвідчення проводяться експертами ЕТЦ. Періодичне технічне опосвідчення допускається проводити фахівцями організацій, підприємств, установ, які мають дозвіл Держнаглядохоронпраці України, отриманий в установленому порядку.

10.2 Ремонтна документація розробляється за окремим завданням замовника.

10.3 Порядок приймання розробки здійснюється у відповідності із вимогами Держстандарту.

10.4 Місце і строки випробувань визначають заздалегідь і попередньо узгоджують.

10.5 Підрядник представляє приймальної комісії в одному екземплярі наступну документацію:

- перелік організацій, що беруть участь у виробництві будівельно-монтажних робіт, з зазначенням видів виконаних ними робіт і прізвищ фахівців, які безпосередньо відповідають за їх виконання:

- комплект робочих креслень на будівництво пред'являється об'єкта, розроблених проектними організаціями. На кресленнях повинні бути написи про відповідність виконаних у натурі робіт цим кресленням або внесених до них змін. Написи виконують особи, відповідальні за виробництво будівельно-монтажних робіт. Зазначений комплект робочих креслень є виконавчою документацією;

- сертифікати, технічні паспорти або інші документи, засвідчують якість матеріалів, обладнання і деталей, що застосовуються при виробництві будівельно-монтажних робіт;

- будівельний паспорт;

- висновок про якість зварних;

- журнал виробництва робіт (для підземних газопроводів та резервуарних установок зріджених вуглеводневих газів);

- акти про виконання ущільнення (герметизації) введів і випусків інженерних комунікацій в місцях проходів їх через підземну частину зовнішніх стін будівель, згідно з робочим проектом.

Додаток Б Розрахунок тепловтрат приміщення

№	Назва	Поз нач.	Орієн тація	Розміри, м	Пло- ща, м ²	К, Вт/м ²	Δ t	n	Додаткові тепловтрати					Вит. на вент	Тепло втрати конції	Тепло втр. прим.
									Орієн тація	Ві- тер	Зовн. стіни	На вис.пр- им	Зага льні			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
101	Сходинкова клітка, t=16°C	Зс		2,9x17,12	49,7	0,35	38	1	-	5	-	15	1,20	4374	792	6569
		Підл		7x2,9	20,3	0,32	38	0,6	-	-	-	-	-		115	
		Ст		7x2,9	20,3	0,2	38	1	-	-	-	-	-		154	
		ВТ		5x1,7x1,5	12,8	2,22	38	1	-	5	-	-	1,05		1134	
102	Сходинкова клітка, t=16°C	Зс		2,9x17,12	49,7	0,35	38	1	-	5	-	15	1,20	4374	792	6569
		Підл		7x2,9	20,3	0,32	38	0,6	-	-	-	-	-		115	
		Ст		7x2,9	20,3	0,2	38	1	-	-	-	-	-		154	
		ВТ		5x1,7x1,5	12,8	2,22	38	1	-	5	-	-	1,05		1134	
108	Виставкове приміщення, t=20°C	Зс	Пн	10,5x3,6	37,8	0,35	42	1	10	5			1,20	6191	667	8880
		Зс	Сх	14x3,6	50,4	0,35	42	1	10	5	5	-	1,20		890	
		ВТ	Пн	1,7x1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	5	-	1,15		280	
		ВТ	Пн	1,7x1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ДД	Пн	1,5x2,1	3,2	3,7	42	1	10	5	-	-	1,15		572	
109	Службове приміщення, t=18°C	Зс	Пд	3,0x3,6	10,8	0,35	40	1	-	5	5	-	1,1	364	166	964
		Зс	Сх	3,3x3,6	11,9	0,35	40	1	10	5	5	-	1,20		192	
		ВТ	Пд	1,7x1,5	2,6	2,22	40	1	-	5	-	-	1,05		242	
110	Службове приміщення, t=18°C	Зс	Пд	2,5x3,6	9	0,35	40	1	-	5	-	-	1,05	243	132	617
		ВТ	Пд	1,7x1,5	2,6	2,22	40	1	-	5	-	-	1,05		242	
111	Санвузол, t=16°C	Зс	Пд	3,5x3,6	12,6	0,35	38	1	-	5	-	-	1,05	461	176	867
		ВТ	Пд	1,7x1,5	2,6	2,22	38	1	-	5	-	-	1,05		230	
112	Кімната прийому їжі, t=18°C	Зс	Пд	6,5x3,6	23,4	0,35	40	1	-	5	-	-	1,05	2208	344	3036
		ВТ	Пд	1,7x1,5	2,6	2,22	40	1	-	5	-	-	1,05		242	
				1,7x1,5	2,6	2,22	40	1	-	-	-	-	1,05		242	

Продовження Додатку Б - Розрахунок тепловтрат приміщення

113	Службове приміщення, t=18°C	Зс ВТ	Пд Пд	3,0x3,6 1,7x1,5	10,8 2,6	0,35 2,22	40 40	1 1	- -	5 5	- -	- -	1,05 1,05	415	159 242	816
114	Санвузол, t=16°C	Зс ВТ	Пд Пд	3,5x3,6 1,7x1,5	12,6 2,6	0,35 2,22	38 38	1 1	- -	5 5	- -	- -	1,05 1,05	461	176 230	867
115	Службове приміщення, t=18°C	Зс ВТ	Пд Пд	2,5x3,6 1,7x1,5	9 2,6	0,35 2,22	40 40	1 1	- -	5 5	- -	- -	1,05 1,05	243	132 242	617
116	Службове приміщення, t=18°C	Зс Зс ВТ	Пд Зх Пд	3,0x3,6 3,3x3,6 1,7x1,5	10,8 11,9 2,6	0,35 0,35 2,22	40 40 40	1 1 1	- 5 -	5 5 5	5 5 -	- - -	1,1 1,15 1,05	364	166 184 242	956
117	Виставкове приміщення, t=20°C	Зс Зс ВТ ВТ ДД	Пн Зх Пн Пн Пн	12,0x3,6 14x3,6 1,7x1,5 1,7x1,5 1,5x2,1	43,2 50,4 2,6 2,6 3,2	0,35 0,35 2,22 2,22 3,7	42 42 42 42 42	1 1 1 1 1	10 5 10 10 10	5 5 5 5 5	5 5 - - -	- - - - -	1,2 1,15 1,15 1,15 1,15	6064	775 852 280 280 572	9053
118	Виставкове приміщення, t=20°C	Зс ВТ ВТ ВТ ВТ ДД	Пн Пн Пн Пн Пн Пн	14,2x3,6 1,7x1,5 1,7x1,5 1,7x1,5 1,7x1,5 1,5x2,1	51,1 2,6 2,6 2,6 2,6 3,2	0,35 2,22 2,22 2,22 2,22 3,7	42 42 42 42 42 42	1 1 1 1 1 1	10 10 10 10 10 10	5 5 5 5 5 5	5 5 - - - -	- - - - - -	1,2 1,15 1,15 1,15 1,15 1,15	4637	901 280 280 280 280 572	7230
204	Санвузол, t=16°C	Зс	Пд	3,0x3,3	9,9	0,35	38	1	-	5	-	-	1,05	317	151	468

Продовження Додатку Б Розрахунок тепловтрат приміщення

№	Назва	Познач.	Орієнтація	Розміри, м	Площа, м²	К, Вт/м²	Δ t	n	Додаткові тепловтрати					Вит. на вент	Тепло втрати конції	Тепло втр. прим.
									Орієнтація	Вітер	Зовн. стіни	На вис. прим	Загальні			
206	Офісне приміщення, t=20°C	Зс	Пд	6,5х3,3	21,5	0,35	42	1	-	5	-	-	1,05	2125	318	2953
		ВТ	Пд	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	-	5	-	-	1,05		255	
		ВТ	Пд	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	-	5	-	-	1,05		255	
207	Офісне приміщення, t=20°C	Зс	Пн	9,0х3,3	29,7	0,35	42	1	10	5	5	-	1,20	6726	748	10629
		Зс	Зх	17,5х3,3	57,8	0,35	42	1	5	5	5	-	1,15		1065	
		Зс	Пд	9,1х3,3	30,0	0,35	42	1	-	5	5	-	1,10		485	
		ВТ	Пн	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ВТ	Пн	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ВТ	Пн	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ВТ	Пд	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	-	5	-	-	1,05		255	
		ВТ	Пд	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	-	5	-	-	1,05		255	
		ВТ	Пд	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	-	5	-	-	1,05		255	
208	Офісне приміщення, t=20°C	Зс	Пн	6,5х3,3	21,5	0,35	42	1	10	5	5	-	1,20	4484	379	7392
		Зс	Сх	17,5х3,3	57,8	0,35	42	1	10	5	5	-	1,20		1111	
		Зс	Пд	6,5х3,3	21,5	0,35	42	1	-	5	5	-	1,10		348	
		ВТ	Пн	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ВТ	Пн	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ВТ	Пд	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	-	5	-	-	1,05		255	
		ВТ	Пд	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	-	5	-	-	1,05		255	
209	Офісне приміщення, t=20°C	Зс	Пн	12,5х3,3	41,3	0,35	42	1	10	5	-	-	1,15	3433	698	5543
		ВТ	Пн	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ВТ	Пн	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ВТ	Пн	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ДД	Пн	1,5х2,1	3,2	3,7	42	1	10	5	-	-	1,15		572	
210	Офісне приміщення, t=20°C	Зс	Пн	13,0х3,3	42,9	0,35	42	1	10	5	-	-	1,15	3924	725	6061
		ВТ	Пн	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ВТ	Пн	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ВТ	Пн	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	10	5	-	-	1,15		280	
		ДД	Пн	2,1х2,1	3,2	3,7	42	1	10	5	-	-	1,15		572	
211	Офісне приміщення, t=20°C	Зс	Пд	3,5х3,3	11,6	0,35	42	1	-	5	-	-	1,05	1144	179	1578
		ВТ	Пд	1,7х1,5	2,6	2,22	42	1	-	5	-	-	1,05		255	

Додаток В - Аеродинамічний розрахунок повітропроводів

№ ділянки	Кількість повітря L, м³/год	Довжина ділянки, м	Швидкість повітря, V, м/с	Розмір повітропроводу, мм	Еквівалентний діаметр, мм	Втрати тиску на тертя, R, Па	Втрати тиску на дільнянці, Rl, Па	Динам. тиск $D_a = \frac{v^2 \cdot \gamma}{2g}$, Па	Сумма коеф. місц. опорів, $\sum \xi$	Втрати тиску на місц. опори Z, Па	Загальні втрати тиску на діль. Rl+ Z Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Розрахунок повітропроводів П1											
1-2	218	1,6	0,61	500x200	286	0,02	0,03	0,22	10	2,2	2,23
2-3	1092	6	3,04	500x200	286	0,39	2,35	5,63	10	56,17	58,53
3-4	36	10,5	0,62	150x100	123	0,07	0,72	0,24	12,5	3	3,72
3-5	1347	4,4	3,64	500x200	286	0,55	2,41	8,1	20	162	164,4
3-6	1347	1	4,67	Ø315	315	0,83	0,83	13,33	2,5	33,3	34,15
											$\sum 263,0$
Розрахунок повітропроводів В1											
1-2	218	1,2	0,76	400x200	167	0,04	0,04	0,35	10	3,5	3,54
2-3	36	0,7	0,62	150x100	123	0,07	0,07	0,24	10	2,38	2,45
2-4	946	5,6	3,28	400x200	167	0,5	2,81	6,59	7,5	49,4	52,21
4-5	437	2,5	1,52	400x200	167	0,12	0,31	1,41	12,5	17,57	17,88
4-6	1347	7	3,74	500x200	286	0,58	4,04	8,55	5	42,74	46,77
6-7	673	0,5	3,74	250x200	222	0,81	0,41	8,53	5	42,65	43,06
6-8	673	0,5	3,74	250x200	222	0,81	0,41	8,53	5	42,65	43,06
											$\sum 208,8$
Розрахунок повітропроводів П2											
1-2	218	2	0,481	500x250	333	0,01	0,02	0,14	10	1,43	1,46
2-3	1311	20	2,91	500x250	333	0,31	6,11	5,18	32,5	168,4	174,51
3-4	1311	1	4,67	Ø315	315	0,83	0,83	13,33	2,5	33,3	34,15
											$\sum 210,12$
Розрахунок повітропроводів В2											
1-2	875	6,5	3,0	400x200	267	0,44	2,83	5,64	15,5	87,42	90,25
2-3	436	4,5	1,51	400x200	267	0,12	0,56	1,4	10	14	14,56
2-4	656	0,5	3,64	250x200	222	0,78	0,39	8,11	5	40,55	40,94
2-5	656	0,5	3,64	250x200	222	0,78	0,39	8,11	5	40,55	40,94
											$\sum 188,65$

Продовження додатку В

[illegible]

[illegible]

					08-13.МКР.001.02.000 ВДП							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість магістерської кваліфікаційної			Літ.	Арк.	Акрушів		
Розроб.		Волинець В.А.									1	1
Перевірів		Коц І.В.										
Рецензент		Попович М.М.										
Н. Контр.		Панкевич О.Д.										
Затвердив		Ратушняк Г.С.										
								ВНТУ, ТГ-23м				

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Енергоефективні системи теплохолодопостачання і
вентиляції громадської будівлі

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра ІСБ
(кафедра, факультет)

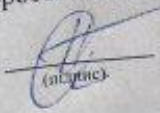
Показники звіту подібності TURNITIN

Оригінальність 80% Схожість 20%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Слободян Н.М.
(прізвище, ініціали)

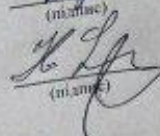
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою
TURNITIN щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

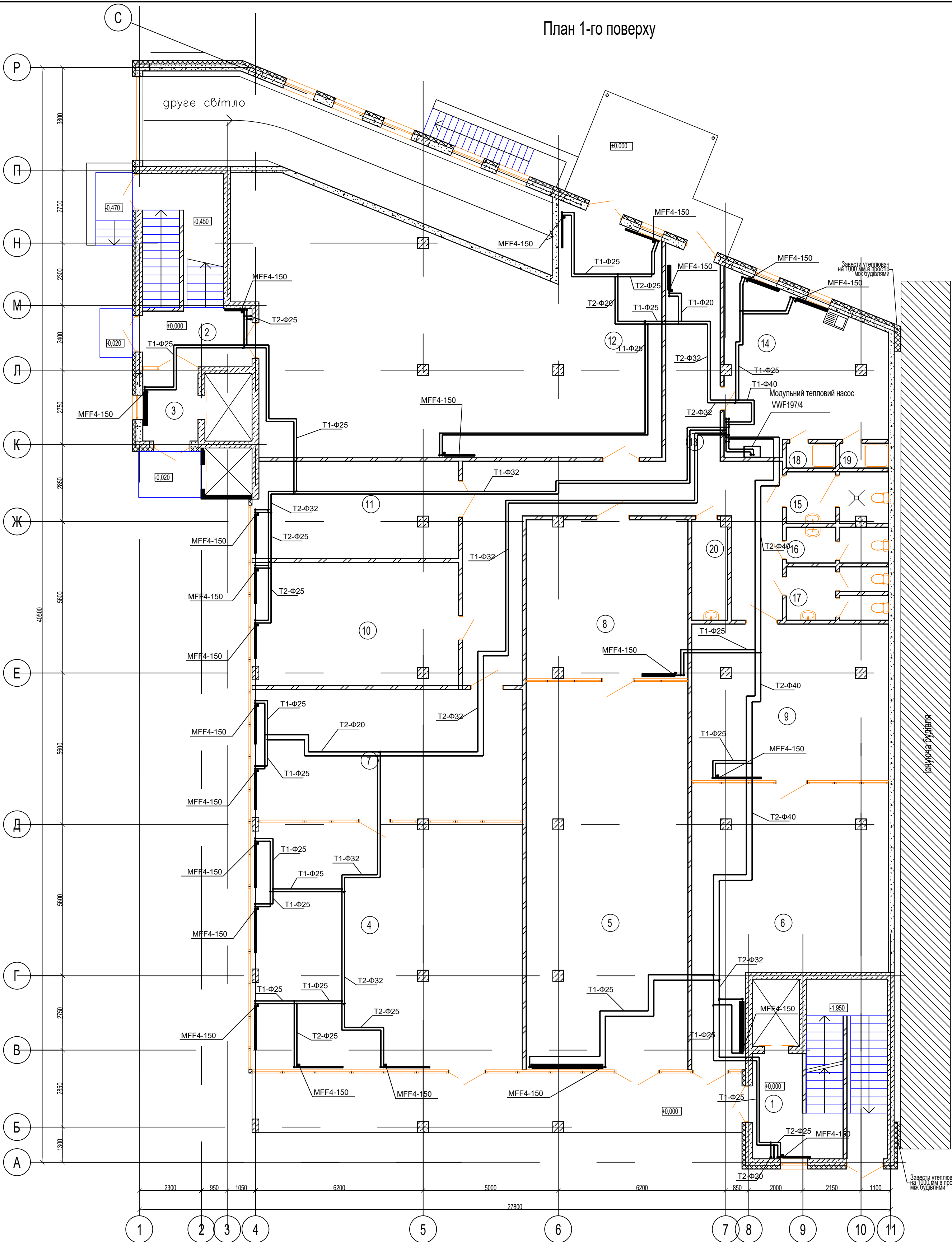
Волинець В.А.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Кощ І.В.
(прізвище, ініціали)

План 1-го поверху



Експлікація приміщень 1-го поверху

Номер по плану	Найменування	Площа кв.м.	Кат. приміщ.
1	Сходова клітка	26,44	
2	Сходова клітка	22,78	
3	Ліфтовий хол	5,06	
4	Тамбур	91,02	
5	Тамбур	85,25	
6	Тамбур	57,47	
7	Торгова зала	47,74	
8	Торгова зала	34,65	
9	Торгова зала	41,68	
10	Канторське приміщення	34,32	
11	Зберігання пакувальних матеріалів, білизняна	26,75	В
12	Приміщення зберігання товарів	133,39	В

Експлікація приміщень 1-го поверху (продовження)

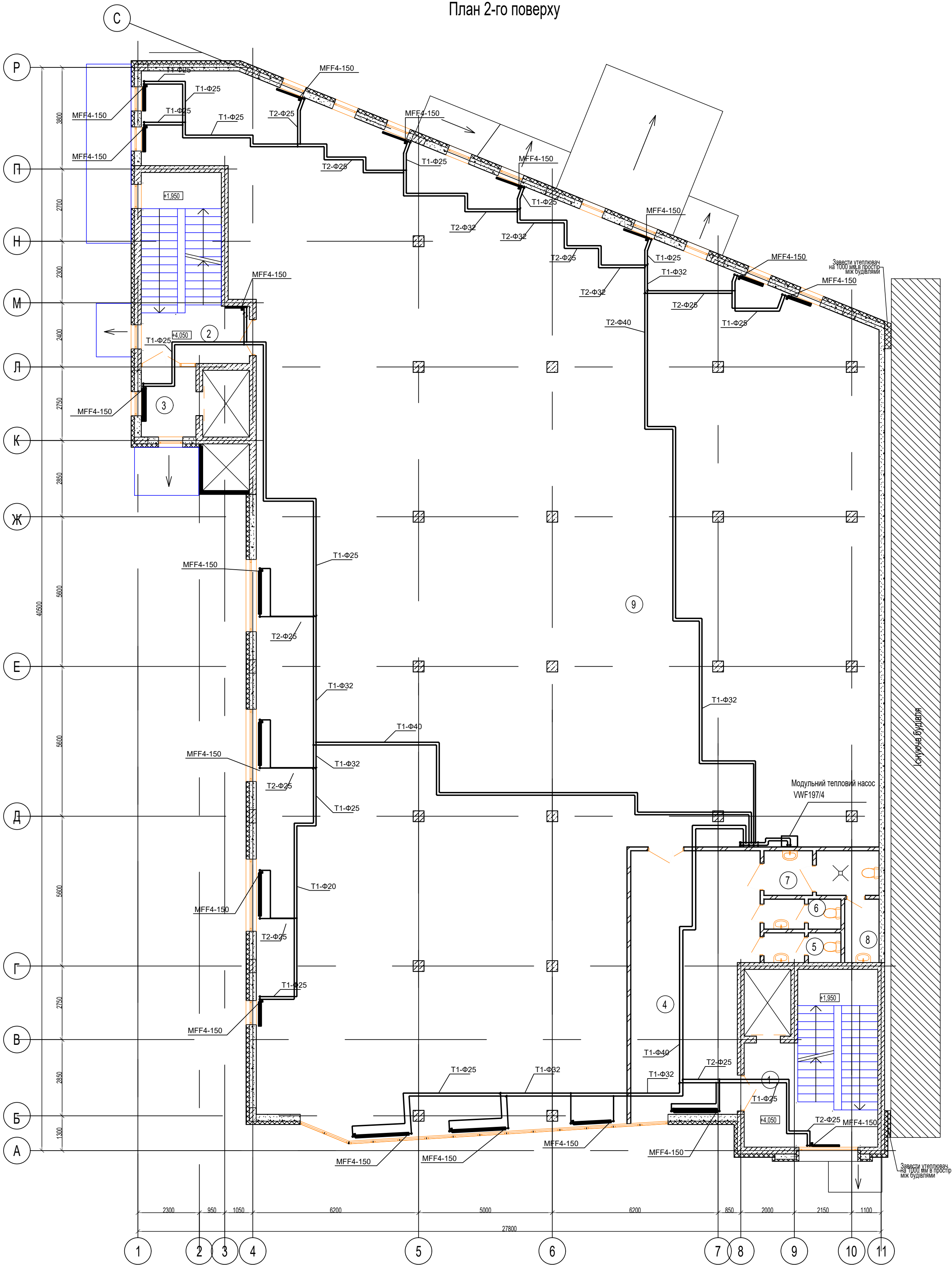
13	Коридор	60,10	
14	Гардеробна персоналу з місцем для приймання їжі	32,53	
15	Вбиральня для МГН	6,70	
16	Вбиральня	4,69	
17	Вбиральня	6,78	
18	Душова	1,62	
19	Душова	1,62	
20	Приміщення прибирального інвентарю	4,80	В

08-13.МКР.001.02.000 ОВ

Енергоефективні систем теплохолодопостачання і вентиляції громадської будівлі

						08-13.МКР.001.02.000 ОВ			
						Енергоефективні систем теплохолодопостачання і вентиляції громадської будівлі			
Змін	К-ть.	Арк	№ док	Підпис	Дата				
Виконав	Волинець					Громадська будівля	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Коц						МКР	1	13
Н. контр.	Панкевич					Тепло холодопостачання. План 1-го поверху	ВНТУ, ТГ-23м		
Опонент	Попович								
Затвердив.	Ратушняк								

План 2-го поверху



Експлікація приміщень 2-го поверху

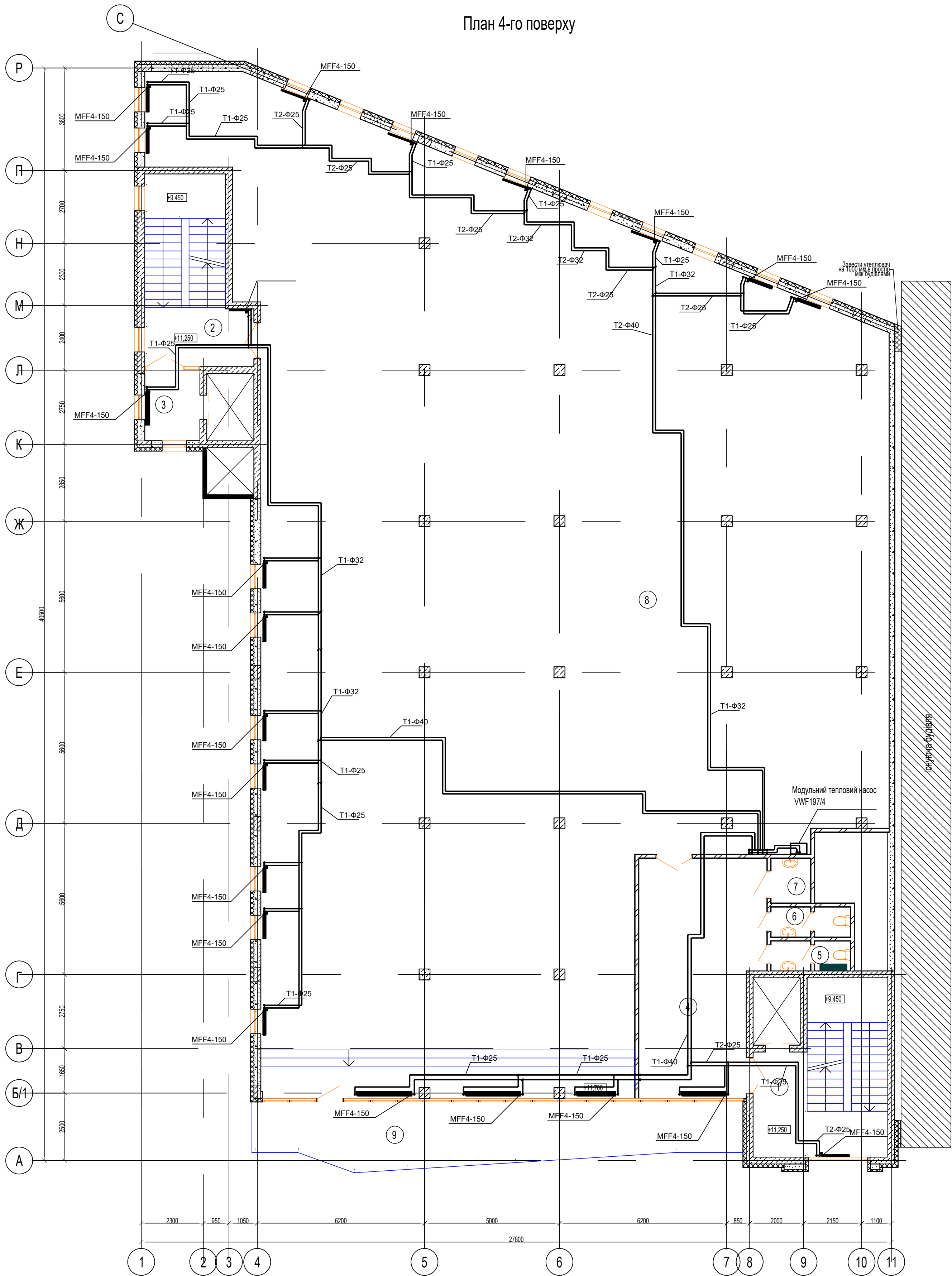
Номер по плану	Найменування	Площа кв.м.	Кат. приміщ.
1	Сходові клітка	27,63	
2	Сходові клітка	23,60	
3	Ліфтовий хол	5,06	
4	Хол	43,06	
5	Вбиральня	2,99	
6	Вбиральня	2,99	
7	Вбиральня для МГН	6,81	
8	Приміщення прибирального інвентарю	3,00	В
9	Виставкова зала	723,01	

						08-13.МКР.001.02.000 ОВ				
						Енергоефективні системи теплохолодопостачання і вентиляції громадської будівлі				
Змін	К-ть.	Арк	№ док	Підпис	Дата					
Виконав	Волинець					Громадська будівля		Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Коц							МКР	2	13
Н. контр.	Панкевич					Тепло холодопостачання. План 2, 3-го поверху		ВНТУ, ТГ-23м		
Опонент	Попович									
Затвердив.	Ратушняк									

Змін	К-ть.	Арк	№ док	Підпис	Дата
Виконав	Волинець				
Перевірив	Коц				
Н. контр.	Панкевич				
Опонент	Попович				
Затвердив.	Ратушняк				

Зам. інв. №	
Підпис, дата	
Інв. № орг.	537-20

План 4-го поверху



Експлікація приміщень 4-го поверху

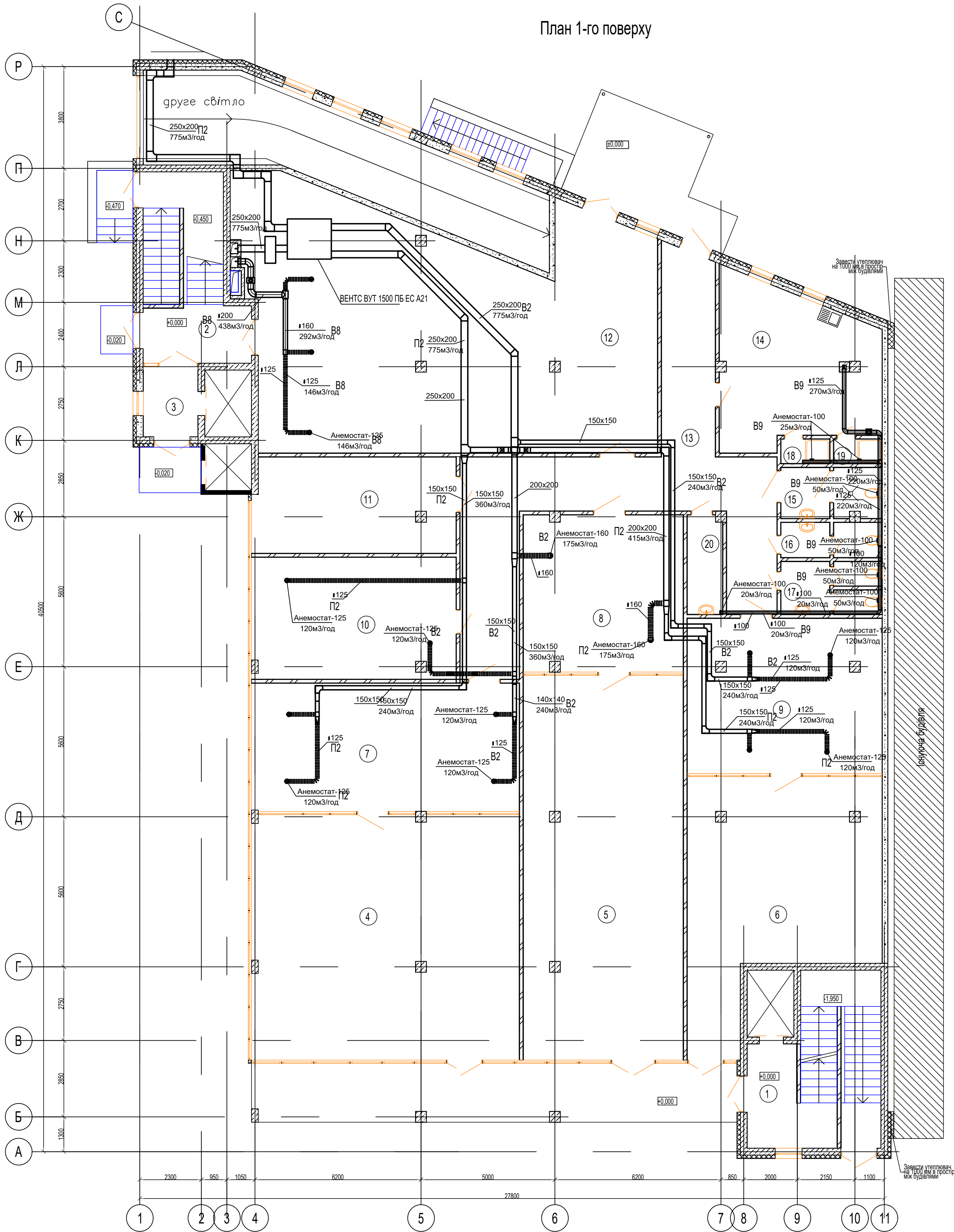
Номер по плану	Найменування	Площа кв.м.	Кат. приміщ.
1	Сходова клітка	27,63	
2	Сходова клітка	23,60	
3	Ліфтовий хол	5,06	
4	Хол	38,57	
5	Вбиральня	3,06	
6	Вбиральня	3,06	
7	Приміщення прибирального інвентарю	2,41	В
8	Виставкова зала	698,94	
9	Балкон	37,05	

08-13.МКР.001.02.000 ОВ					
Енергоефективні системи теплохолодопостачання і вентиляції громадської будівлі					
Громадська будівля				Стадія	Аркуш
				МКР	3
Тепло холодопостачання. План 4-го поверху				ВНТУ, ТГ-23м	

Змін	К-ть.	Арк	№ док	Підпис	Дата
Виконав	Волинець				
Перевірив	Коц				
Н. контр.	Панкевич				
Опонент	Попович				
Затвердив.	Ратушняк				

Зам. інв. №	537-20
Підпис, дата	
Інв. № орг.	537-20

План 1-го поверху



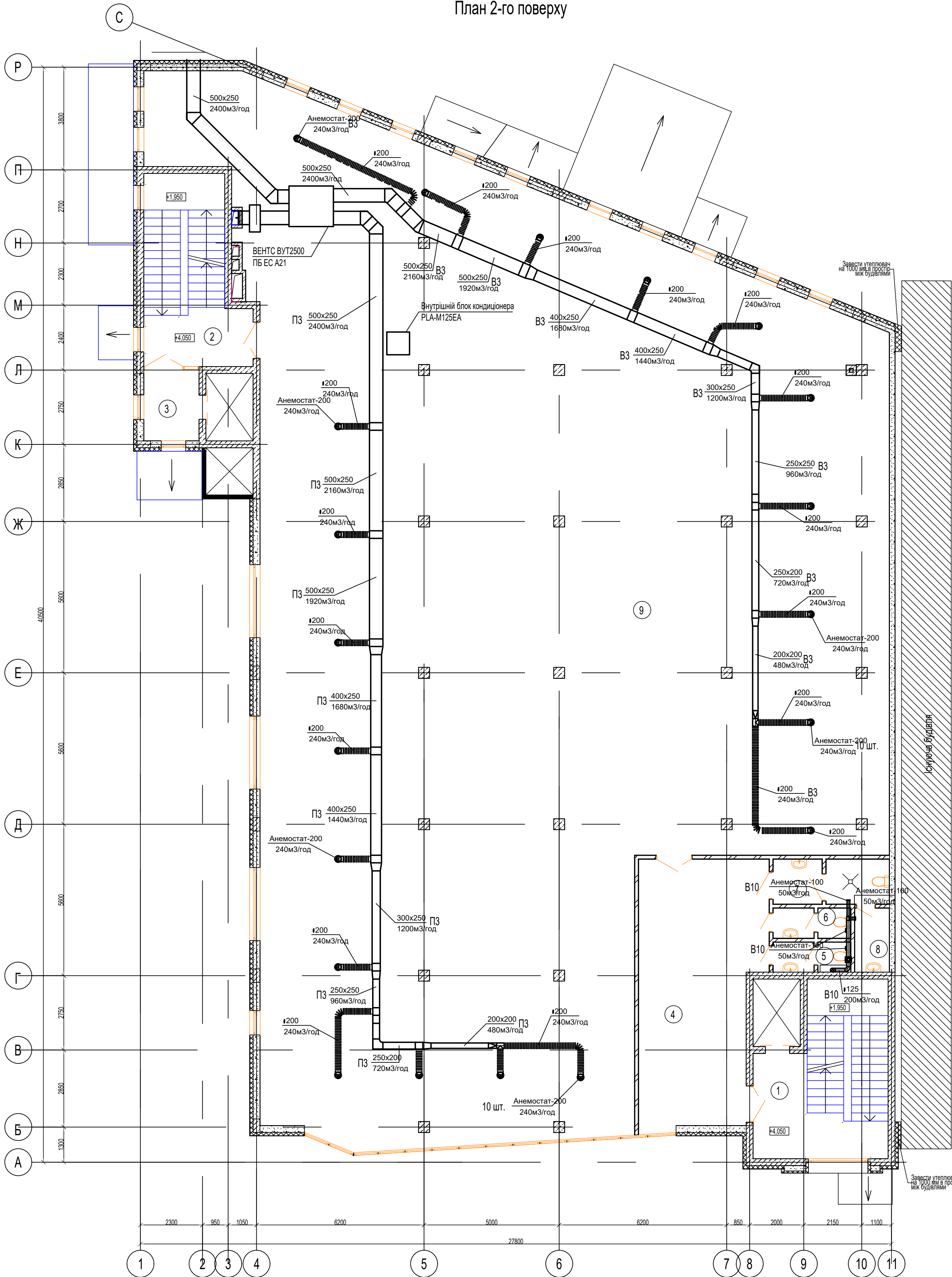
Таблиця повітрообміну приміщень

Номер по плану	Найменування	Площа кв.м.	Об'єм куб.м.	Витрата повітря м3/год		Кратність 1/год	
				Приплив.	Витяжка.	Приплив.	Витяжка.
7	Торгова зала	47,74	158	240	240	1,5	1,5
8	Торгова зала	34,65	116	175	175	1,5	1,5
9	Торгова зала	41,68	139	210	210	1,5	1,5
10	Канторське приміщення	34,32	113	120	120	1,1	1,1
11	Зберігання пакувальних матеріалів, білизняна	26,75	89		89		1
15	Вбиральня для МГН	6,70	50		50		1
16	Вбиральня	4,69	50		50		1
17	Вбиральня	6,78	50		50		1
18	Душова	1,62	25		25		1
19	Душова	1,62	25		25		1
20	Приміщення прибирального інвентарю	4,80	20		20		1
12	Приміщення зберігання товарів	133,39	438		438		1

						08-13.МКР.001.02.000 ОВ			
						Енергоефективні системи теплохолодопостачання і вентиляції громадської будівлі			
Змін	К-ть.	Арк	№ док	Підпис	Дата	Громадська будівля	Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав		Волинець					МКР	4	13
Перевірив		Коц				Вентиляція та кондиціювання. План 1-го поверху	ВНТУ, ТГ-23м		
Н. контр.		Панкевич							
Опонент		Попович							
Затвердив.		Ратушняк							

Зам. №	
Підпис, дата	
Інв. № ориг.	537-20

План 2-го поверху

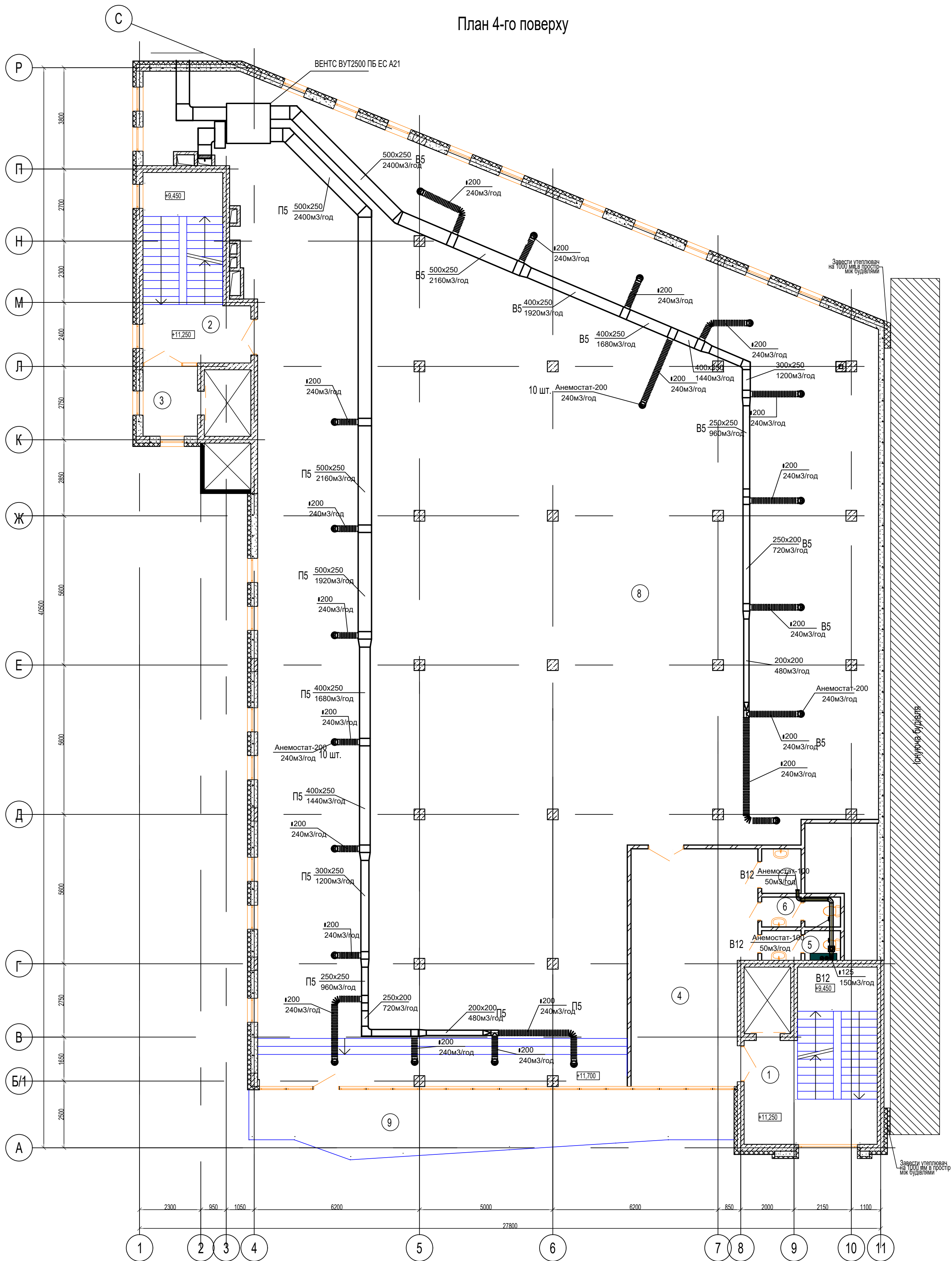


Зам. інв. №	
Підпис, дата	
Інв. № ориг.	537-20

Номер по плану	Найменування	Площа кв.м.	Об'єм куб.м.	Витрата повітря м3/год		Кратність 1/год	
				Приплив.	Витяжка.	Приплив.	Витяжка.
5	Вбиральня	2,99	10		50		5
6	Вбиральня	2,99	10		50		5
7	Вбиральня для МГН	6,81	22		50		2,3
8	Приміщення прибирального інвентарю	3,00	10		20		2
9	Виставкова зала	723,01	2386	2400	2400	1	1

						08-13.МКР.001.02.000 ОВ			
						Енергоефективні системи теплохолодопостачання і вентиляції громадської будівлі			
Змін	К-ть.	Арк	№ док	Підпис	Дата	Громадська будівля	Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав		Волинець					МКР	5	13
Перевірив		Коц				Вентиляція та кондиціювання. План 2, 3-го поверху	ВНТУ, ТГ-23м		
Н. контр.		Панкевич							
Опонент		Попович							
Затвердив.		Ратушняк							

План 4-го поверху



Зам. інв. №	
Підпис, дата	
Інв. № ориг.	537-20

Номер по плану	Найменування	Площа кв.м.	Об'єм куб.м.	Витрата повітря м3/год		Кратність 1/год	
				Приплив.	Витяжка.	Приплив.	Витяжка.
5	Вбиральня	3,06	10		50		5
6	Вбиральня	3,06	10		50		5
7	Приміщення прибирального інвентарю	2,41	8		20		2,5
8	Виставкова зала	698,94	2386	2310	2310	1	1

						08-13.МКР.001.02.000 ОВ			
						Енергоефективні системи теплохолодопостачання і вентиляції громадської будівлі			
Змін	К-ть.	Арк	№ док	Підпис	Дата	Громадська будівля	Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав	Волинець						МКР	6	13
Перевірив	Коц					Вентиляція та кондиціювання. План 4-го поверху	ВНТУ, ТГ-23м		
Н. контр.	Панкевич								
Опонент	Попович								
Затвердив.	Ратушняк								

Зам. №	
Підпис, дата	
Інв. № орг.	537-20

Схема системи тепло холодопостачання 1-го поверху

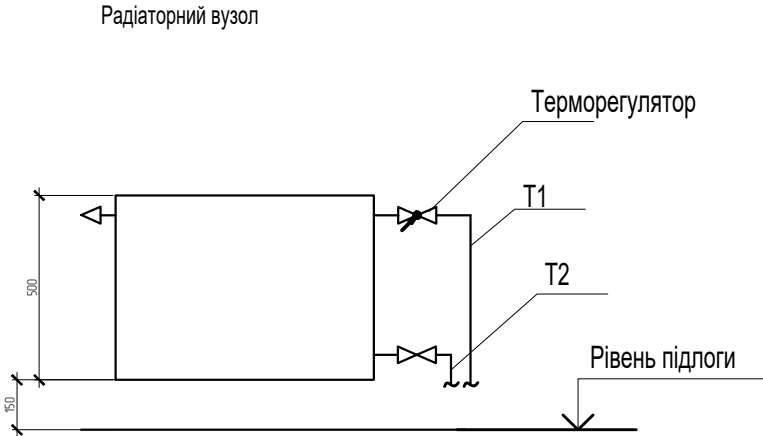
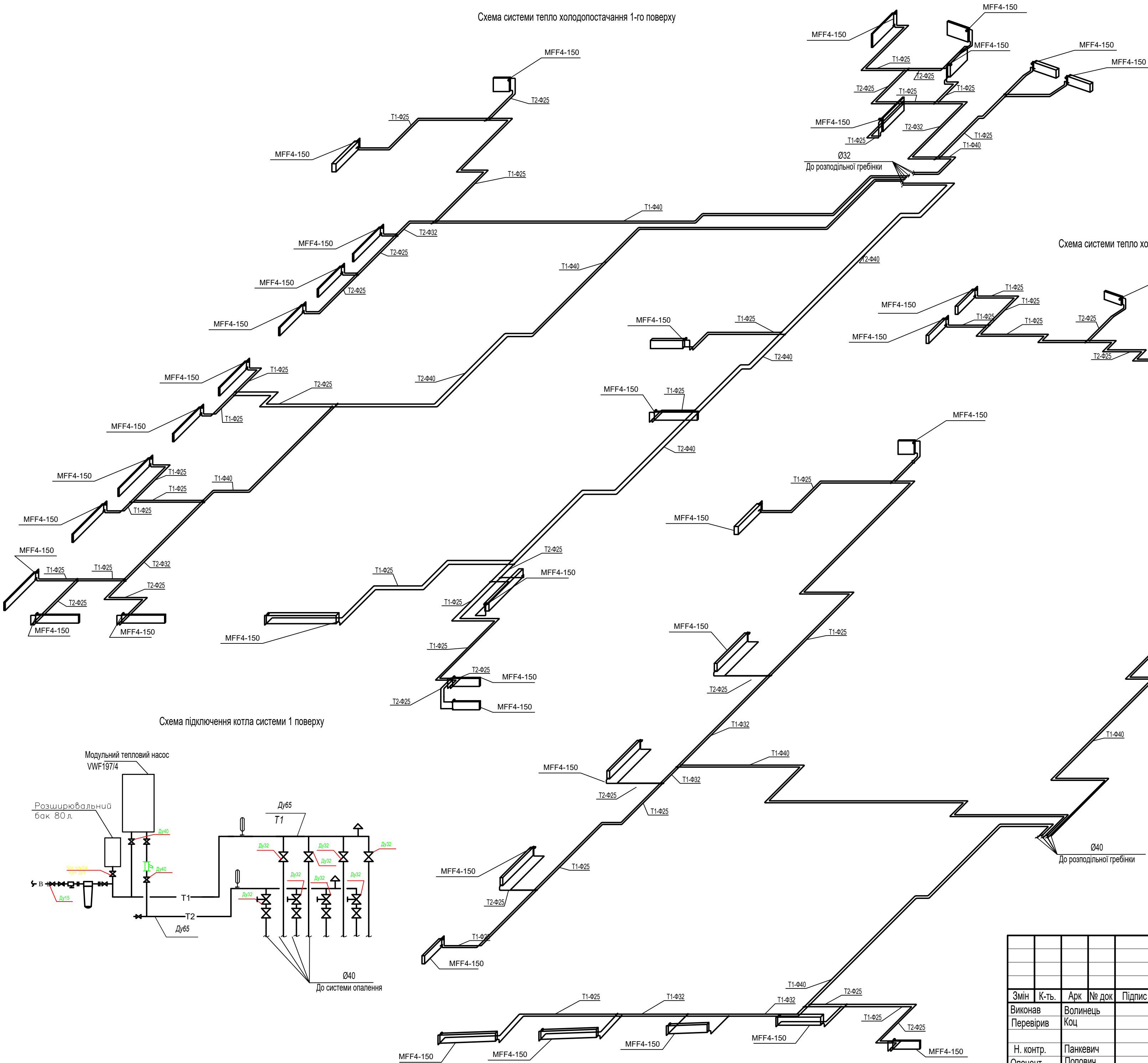


Схема системи тепло холодопостачання 2-го поверху

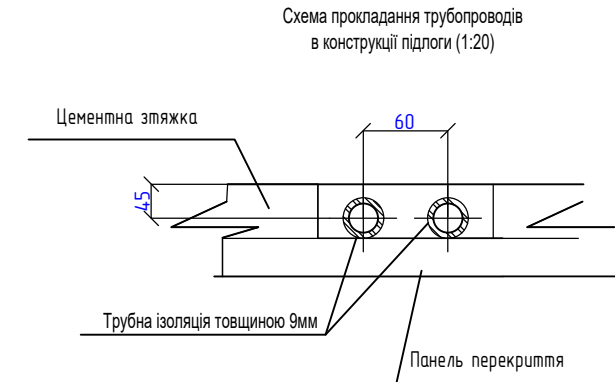
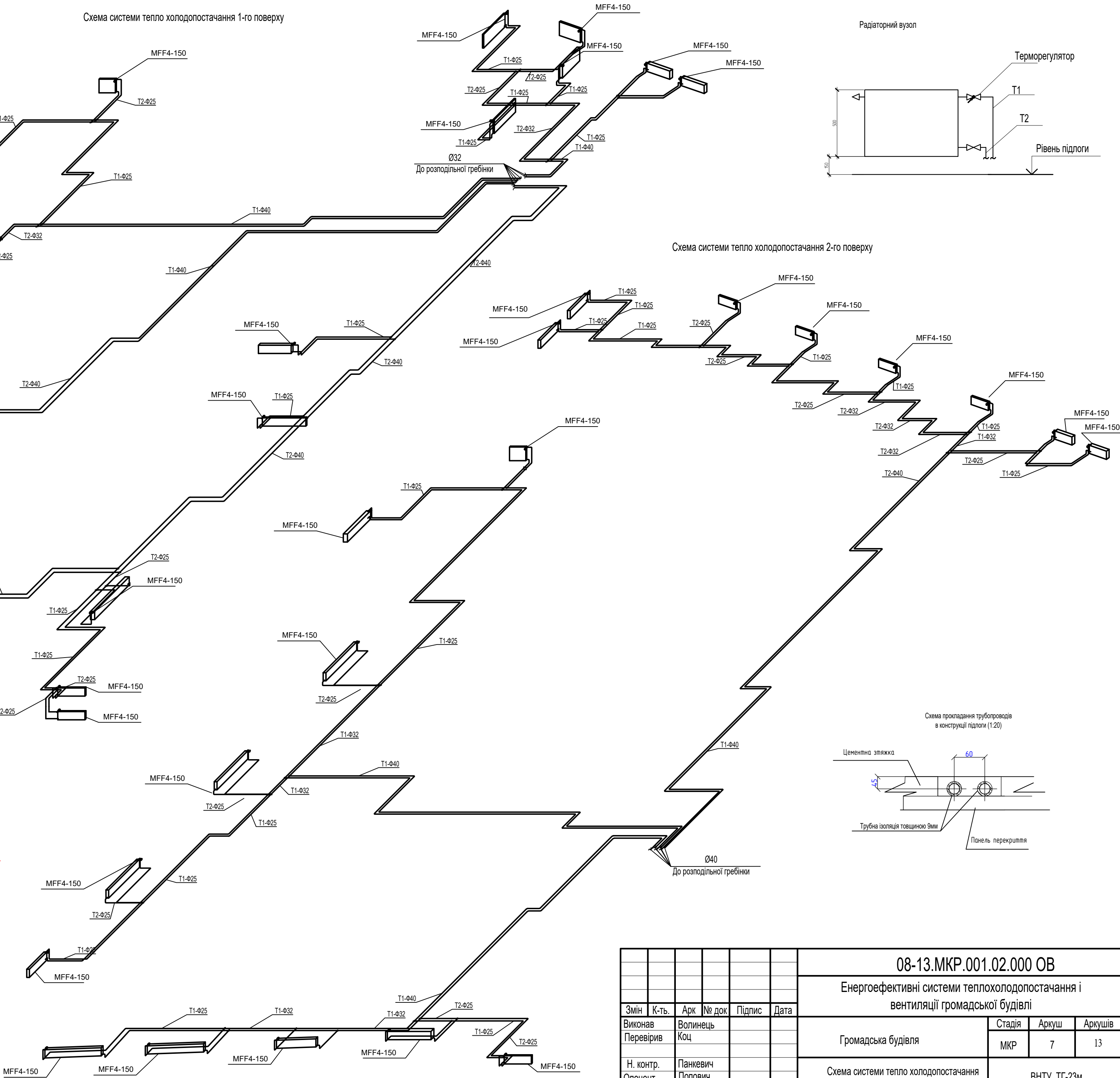
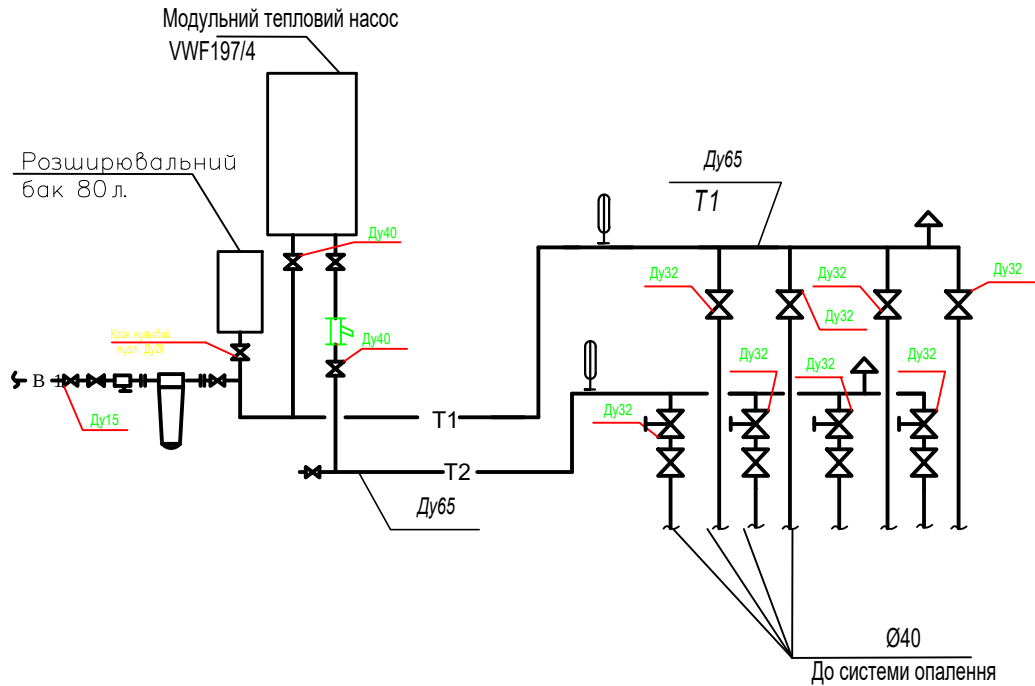


Схема підключення котла системи 1 поверху



						08-13.МКР.001.02.000 ОВ			
						Енергоефективні системи теплохолодопостачання і вентиляції громадської будівлі			
Змін						Громадська будівля		Стадія	Аркуш
Виконав								МКР	7
Перевірив									13
Н. контр.						Схема системи тепло холодопостачання 1, 2-го поверху		ВНТУ, ТГ-23м	
Опонент									
Затвердив.									

Схема системи тепло холодопостачання 3-го поверху

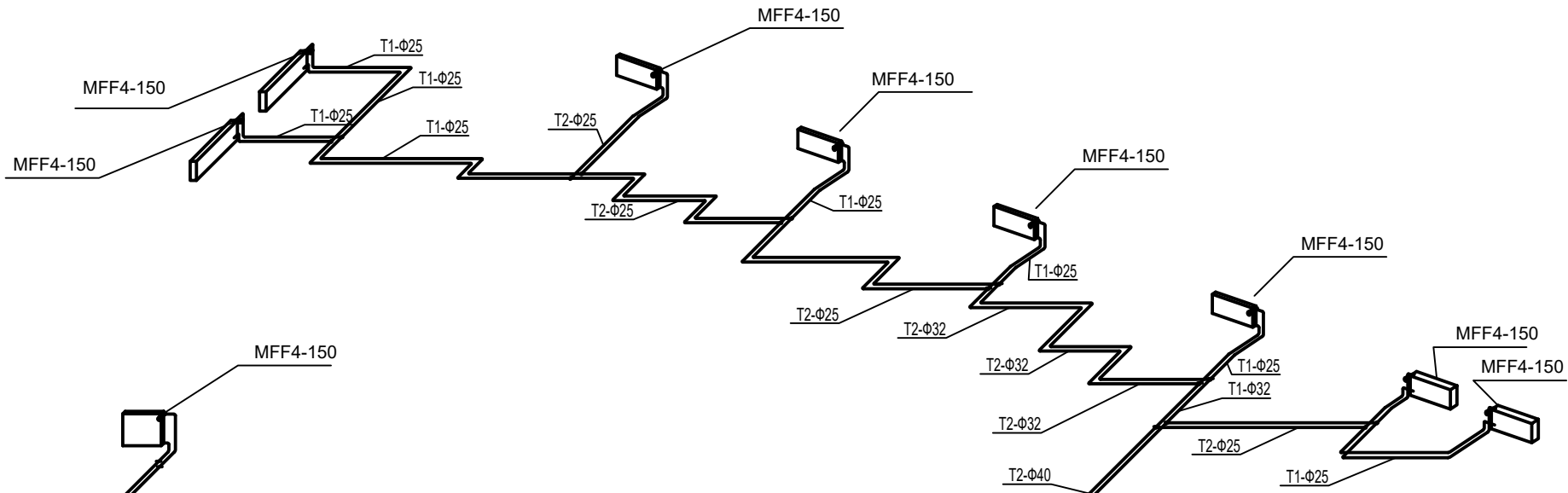


Схема системи тепло холодопостачання 4-го поверху

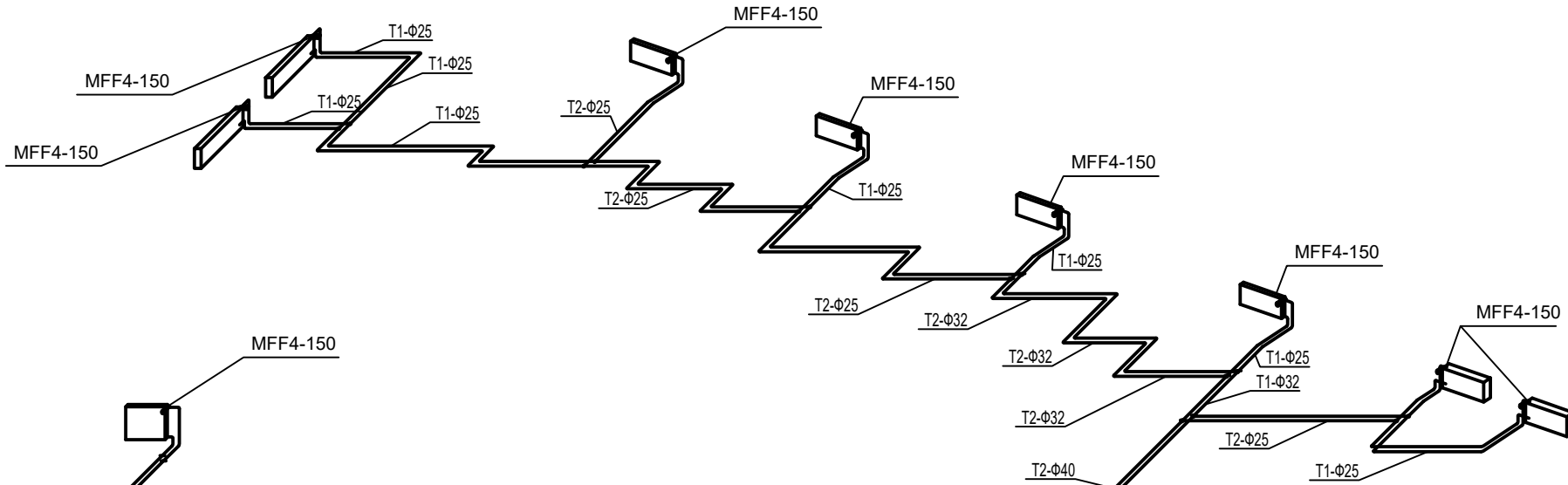
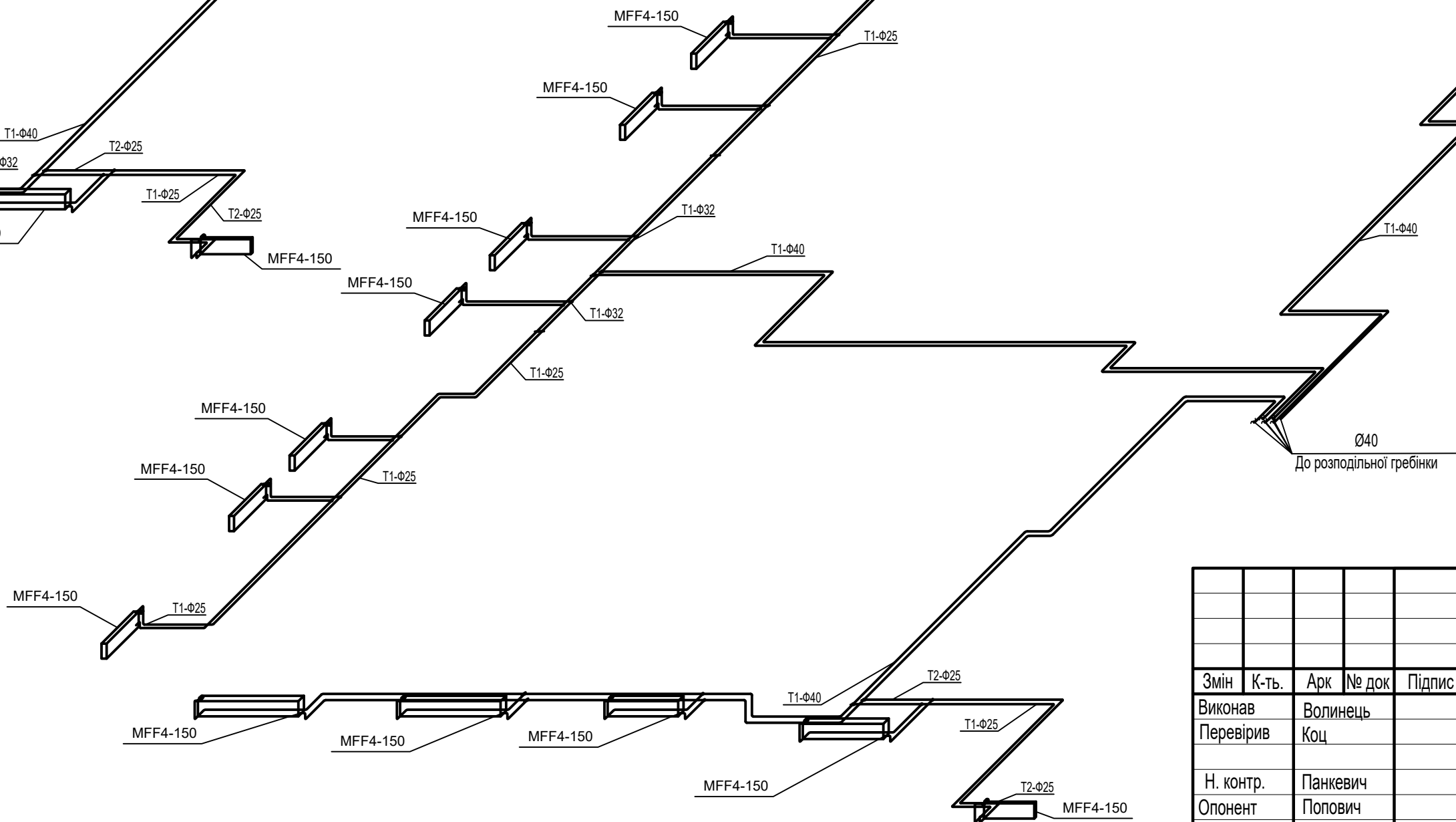
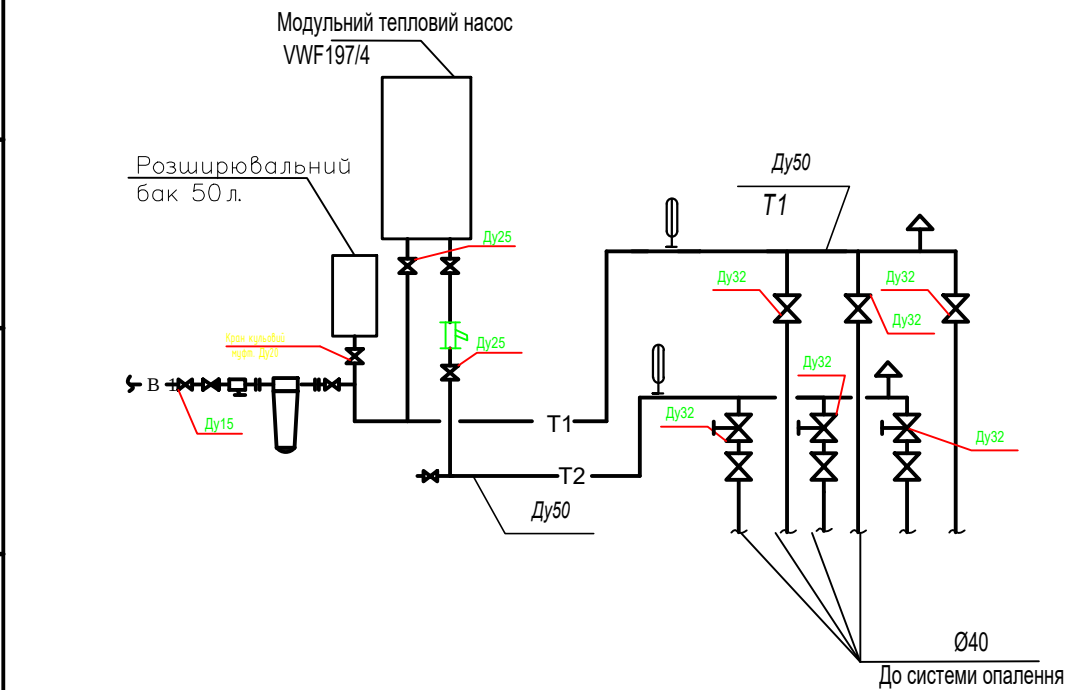


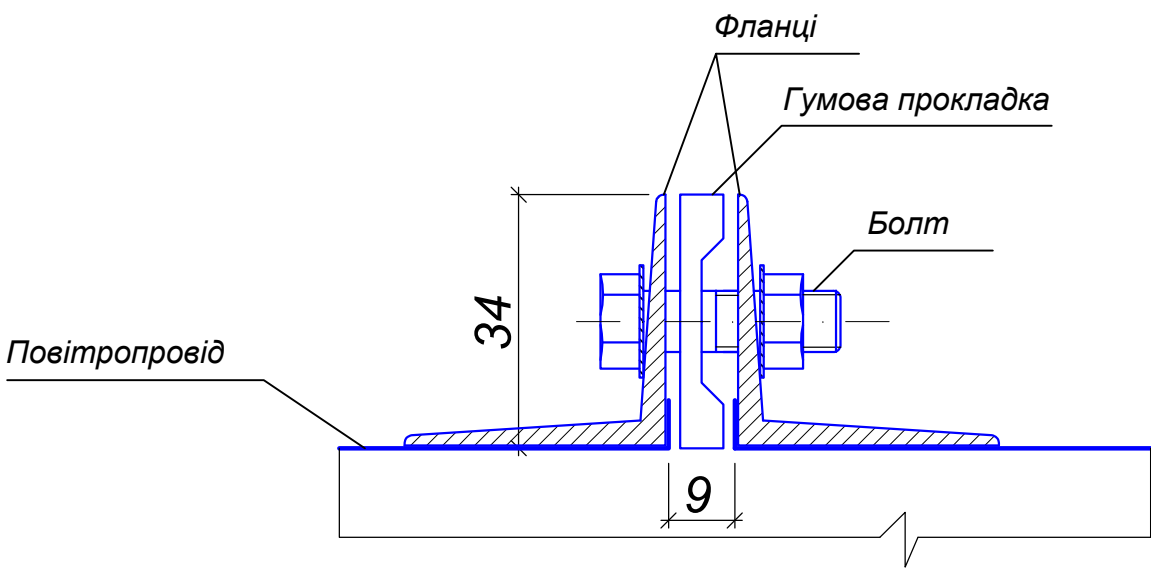
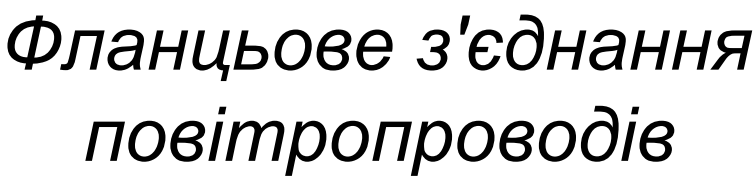
Схема підключення котла систем 2, 3, 4 поверхів



08-13.МКР.001.02.000 ОВ						
Енергоефективні системи теплохолодопостачання і вентиляції громадської будівлі						
Змін				К-ть.	Арк	№ док
Виконав				Волинець	Підпис	
Перевірив				Коц	Дата	
Н. контр.				Панкевич		
Опонент				Попович		
Затвердив.				Ратушняк		
Громадська будівля					Стадія	Аркуш
					МКР	8
Схема системи тепло холодопостачання 3, 4 -го поверху					Аркушів	
					13	
					ВНТУ, ТГ-23м	



№ позиц.	Найменування	Одиниця виміру	Кількість
1	Цементно-піщаний розчин	м³	0.0011
2	Шайба М16	шт	4
3	Гайка М16	шт	4
4	Теплоізоляція пінотекс, δ= 5 мм	м² в перерізі	3,2
5	Шпилька М16, l = 0,59 м	шт	2
6	Монтажна рейка, l = 0,750 м	шт	1

$$Bu\partial A$$


						08-13.МКР.001.02.000 ОВ			
						Енергоефективні системи теплопостачання і вентиляції громадської будівлі			
Змін	К-сть	Арк	№ док	Підпис	Дата	Громадська будівля	Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав Перевірив		Волинець Коц					МКР	11	13
Н. контр. Опонець Затвердив		Панкевич Попович Ратушняк				Монтажні вузли	ТТ-23м		

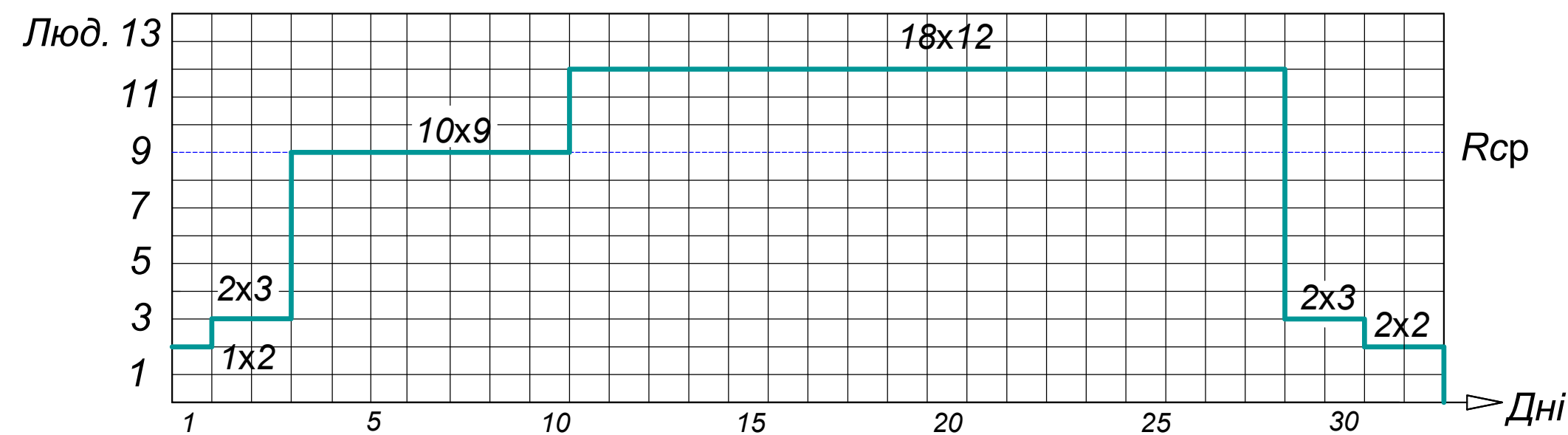
Календарний план виконання робіт

№ П/П	Найменування робіт	Один. вим.	Об'є- ми	Норма часу люд./год	Трудо- міст- кість	Виконавці		Трива- лість	Змін- ність	Березень, квітень 2025 року																															
						кіль- кість	Професійний склад			1	2	3	4	5	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	1	2	5	6	7	8	9	12	13	14
										1				5				10				15				20				25				30			25				30
1	Транспортування і складування матеріалів та виробів	т	2,9	3,1	1,2	2	водій, монтажник 3 розряду	1	1	1(2)																															
2	Розмітка вісей, монтаж підвісок і кронштейнів	шт	40	2,1	10,5	3	монтажники 3,4 та 5 розряду	3	1	3(3)																															
3	Прокладка повітропроводів із оцинкованої сталі δ =0,5-0,7мм	100 м²	2,25	239,7	66,3	6	монтажники 3р.-3 монтажник 4р.-3	11	1					11(6)																											
4	Встановлення ґраток жалюзійних	шт	69	1,82	11,4	3	монтажник 4р.-1 монтажник 3р.-2	4	1									4(3)																							
5	Монтаж припливно-витяжних агрегатів з рекуперацією, шумоглушників, байпасів, клапанів	шт	4	8,19 1,31 1,75 2,41	11,3	3	монтажники 4р.-3	4	1					4(3)																											
6	Монтаж осьових вентиляторів, шумоглушників, теплової завіси	шт	2	10,2 1,85 8,2	3,98	3	монтажники 4р.-3	1,5	1					1,5(3)																											
7	Монтаж труб водогазопровідних Ø20-25	100м	1,50	55,27	10,3	3	монтажники 4р.-3	3,5	1									3,5(3)																							
8	Випробування і пусконаладка систем вентиляції	шт	6	5,6 2,8	2,8 1,4	3	інженер-2 технік-1	2	1											2(3)																					
9	Доставка і складування матеріалів та виробів для системи опалення	т	1,9	3,1	0,8	2	водій, монтажник 3 розряду	1	1									1(2)																							
10	Розмітка місць прокладання трубопроводів	100м	6,67	1,64	1,37	1	слюсар-сантехнікбр	1	1									1(1)																							
11	Монтаж Р/Е трубопроводів до Øу50	100м	5,89	172,2	123	9	слюсар-сантех.4 р.-5 слюсар-сантех.3 р.-4	14	1												14(9)																				
12	Монтаж вентелів, кранів, гідророзподільників	шт	90	0,2	8,4	3	слюсар-сантех.4 р.	3	1																								3(3)								
13	Монтаж фанкойлів	100кВт	0,6833	96,92			слюсар-сантех.3 р.-2																																		
14	Монтаж вузла теплового насоса	шт	4	160,0	20,0	3	слюсар-сантех.5 р. слюсар-сантех.4 р.-2	7	1													7(3)																			
15	Монтаж сталевих трубопроводів	100м	0,78	55,27	5,3	3	слюсар-сантех.4 р. слюсар-сантех.3 р.-2	2	1																			2(3)													
16	Перше робоче випробування трубопроводів системи опалення	100м	6,67	5,3	4,4	3	слюсар-сантех.5 р. слюсар-сантех.4 р. слюсар-сантех.3 р.	1	1																									1(3)							
17	Робоча перевірка системи в цілому	100м	6,67	2,8	2,3	3	слюсар-сантех.6 р. слюсар-сантех.5 р. слюсар-сантех.4 р.	1	1																									1(3)							
18	Кінцева перевірка системи перед здачею в експлуатацію	100м	6,67	2,3	1,9	2	слюсар-сантех.6 р. слюсар-сантех.5 р.	1	1																									1(2)							
19	Вивезення з об'єкту матеріалів та обладнання	т	0,40	3,1	0,2	2	водій, монтажник 3 розряду	1	1																										1(2)						

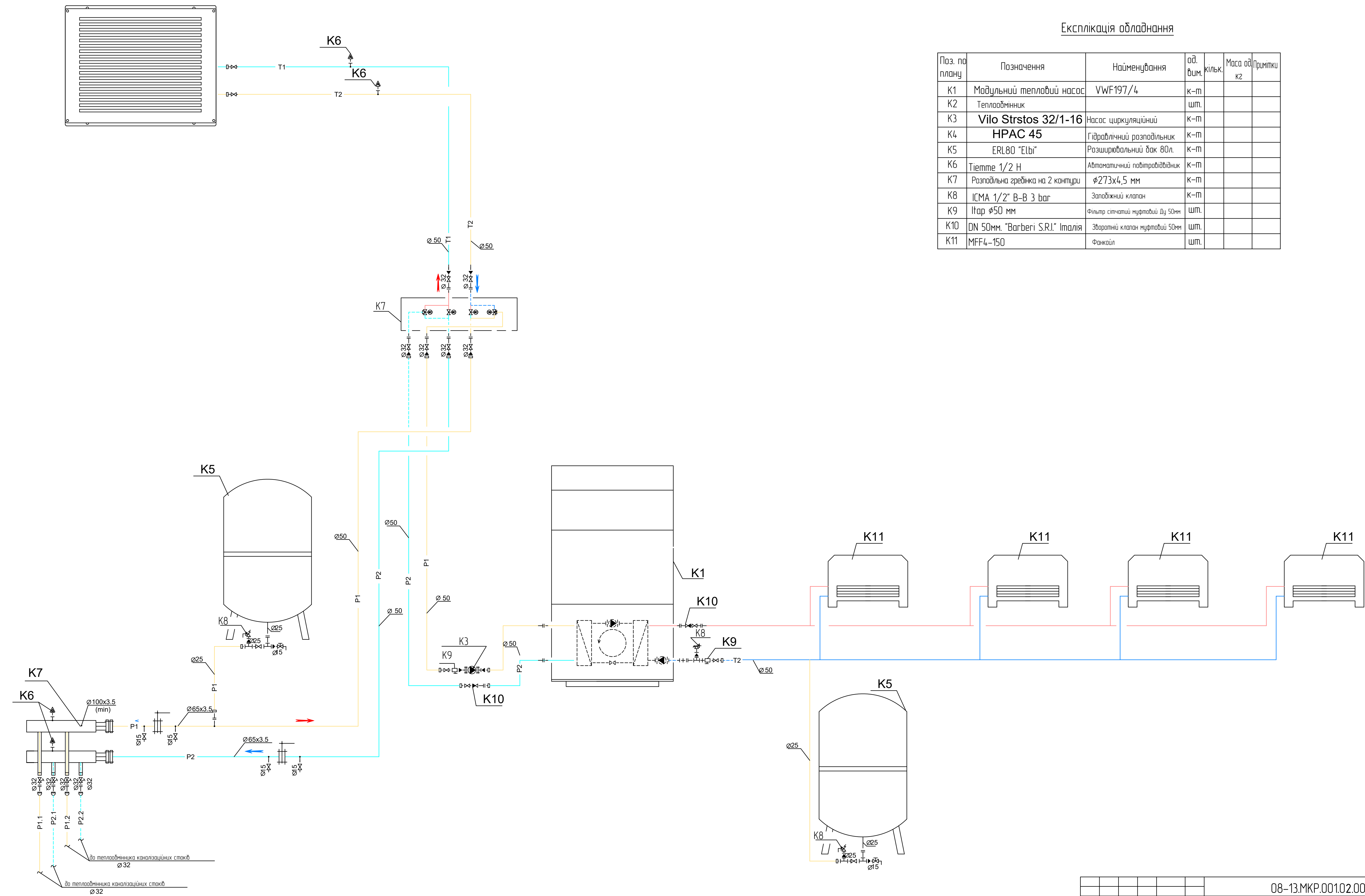
Графік руху робітників

Техніко-економічні показники

Формула	Результат
$R_{сер} = Q_{заг} / T_{заг}$	9 люд.
$\alpha 1 = R_{сер} / R_{max} \rightarrow 1$	0,71
$\alpha 2 = Q_{надп} / Q_{заг} \rightarrow 0$	0,16
$\alpha 3 = T_{вст} / T_{заг} \rightarrow 1$	0,49

[illegible]

						08-13.МКР.001.02.000				
						Енергоефективні системи теплозапобігання і вентиляції громадської будівлі				
Зм	К-ть	Арк	№ док	Підпис	Дат			Стодія	Архив	Архив
Виконав		Волиньць						МКР	12	13
Перевірив		Коц				Громадська будівля				
Н. контр.		Панкевич						ТГ-23м		
Опонуєнт		Попович								
Затвердив		Ратичняк				Календарні плани виконання монтажних робіт				



Експлікація обладнання

Поз. по плану	Позначення	Найменування	од. вим.	кільк.	Маса од. к2	Примітки
K1	Модульний тепловий насос	VWF197/4	к-т			
K2	Теплообмінник		шт.			
K3	Vilo Strstos 32/1-16	Насос циркуляційний	к-т			
K4	HPAC 45	Гідравлічний розподільник	к-т			
K5	ERL80 "Elbi"	Розширювальний бак 80л.	к-т			
K6	Tiemme 1/2 H	Автоматичний повітровідвідник	к-т			
K7	Розподільна гребінка на 2 контури	Ø273x4,5 мм	к-т			
K8	ICMA 1/2" B-B 3 bar	Запобіжний клапан	к-т			
K9	Itap Ø50 мм	Фільтр сітчастий муфтовий Ду 50мм	шт.			
K10	DN 50мм. "Barberi S.R.L." Італія	Зворотний клапан муфтовий 50мм	шт.			
K11	MFF4-150	Фанкойл	шт.			