

Гром Артем Анатолійович

**ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ВОДЯНОГО І
ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ**

Магістерська кваліфікаційна робота

Науковий керівник
кандидат технічних наук, професор
Коц Іван Васильович

Актуальність теми. Проблема енергозбереження в системах енергозабезпечення будівель вкрай важлива. Розвиток ринкових відносин викликав серйозне зростання цін на енергоносії. У зв'язку з цим раціональне використання енергії в системах водяного і повітряного опалення громадських будівель дозволить істотно скоротити обсяги споживання енергії, а також знизити витрати на їх обслуговування.

Актуальним є пошук раціонального інженерного забезпечення теплоповітряного режиму будівлі з точки зору поліпшення розподілу повітря по приміщеннях будівлі

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є удосконалення роботи комбінованої системи водяного і повітряного опалення громадських будівель з знаходженням раціональних режимів її роботи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі**:

- Провести аналіз існуючих систем водяного і повітряного опалення;
- Розробити математичну модель нестационарного теплового режиму будівель, що дозволяє вибрати раціональні режими роботи комбінованої системи водяного і повітряного опалення;

Наукову новизну роботи:

- Теоретично обґрунтовано спосіб раціонального розподілу повітря і теплоти приміщеннями громадських будинків, з використанням комбінованої системи водяного і повітряного опалення;
- Розроблена математична модель нестационарного теплового режиму, що дозволяє вибрати раціональні режими роботи комбінованої системи водяного і повітряного опалення;
- Запропонована нова методика розрахунку раціональних режимів роботи комбінованої системи водяного і повітряного опалення.

Практичне значення одержаних результатів:

- Запропоновано новий спосіб раціонального розподілу повітря по приміщеннях громадських будівель з використанням комбінованої системи водяного і повітряного опалення;

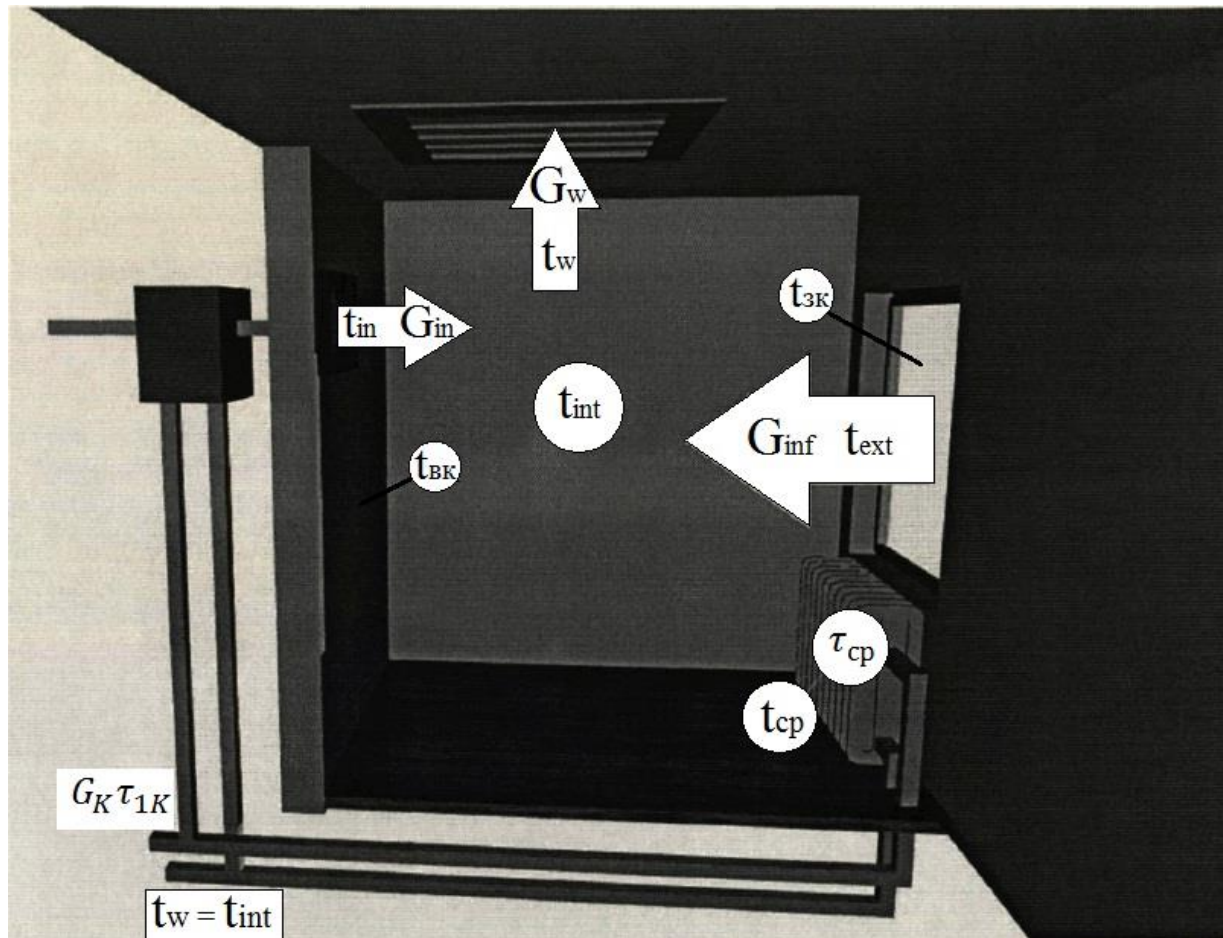


Рис. 1 Розрахункова схема тепломасообмінних процесів громадського будинку

де G_{in} , G_{inf} - відповідно витрати припливного і інфільтраційного повітря; t_{in} - температура припливного повітря; t_{ext} - температура зовнішнього повітря; t_{int} - температура внутрішнього повітря; G_w - витрата повітря, що видаляється; t_w - температура повітря, що видаляється; t_{cm} - температура стінки опалювального приладу; τ_{cp} - температура теплоносія, що заповнює опалювальний прилад; G_K - витрата теплоносія в тепловій мережі (до теплового пункту будівлі); τ_{1K} - температура теплоносія в подаючому трубопроводі теплової мережі; $t_{зк}$, $t_{вк}$ - температура на внутрішніх поверхнях відповідно зовнішніх, внутрішніх огорожуючих конструкцій.

Математична модель для трьох режимів роботи комбінованої системи на основі водяного і повітряного опалення:

- в режимі припливу

$$\left\{ \begin{array}{l} c_T m_T \frac{d\tau_{CP(z)}}{dz} = 2c_T G_K [\tau_{1K(z)} - \tau_{CP(z)}] - \alpha_1 A_1 [\tau_{CP(z)} - t_{CT(z)}], \\ c_{CT} m_{CT} \frac{dt_{CT(z)}}{dz} = \alpha_1 A_1 [\tau_{CP(z)} - \tau_{CT(z)}] - \alpha_2^K A_2 [t_{CT(z)} - t_{int(z)}] - \alpha_2^N A_2 [t_{CT(z)} - t_{CTR(z)}], \\ c_{int} m_{int} \frac{dt_{int(z)}}{dz} = \alpha_2^K A_2 [t_{CT(z)} - t_{int(z)}] - \alpha_{int}^K A_{3K} [t_{int(z)} - t_{3K(0,z)}] - \\ - \alpha_{int}^K A_{BK} [t_{int(z)} - t_{BK(6/2,z)}] - \alpha_{int}^K A_{MK} [t_{int(z)} - t_{MK(z)}] + c_{int} G_{in} [t_{in} - t_{int(z)}] + Q_{int}; \end{array} \right. \quad (1)$$

- приплив відсутній

$$\left\{ \begin{array}{l} c_T m_T \frac{d\tau_{CP(z)}}{dz} = 2c_T G_K [\tau_{1K(z)} - \tau_{CP(z)}] - \alpha_1 A_1 [\tau_{CP(z)} - t_{CT(z)}], \\ c_{CT} m_{CT} \frac{dt_{CT(z)}}{dz} = \alpha_1 A_1 [\tau_{CP(z)} - \tau_{CT(z)}] - \alpha_2^K A_2 [t_{CT(z)} - t_{int(z)}] - \alpha_2^N A_2 [t_{CT(z)} - t_{CTR(z)}], \\ c_{int} m_{int} \frac{dt_{int(z)}}{dz} = \alpha_2^K A_2 [t_{CT(z)} - t_{int(z)}] - \alpha_{int}^K A_{3K} [t_{int(z)} - t_{3K(0,z)}] - \\ - \alpha_{int}^K A_{BK} [t_{int(z)} - t_{BK(6/2,z)}] - \alpha_{int}^K A_{MK} [t_{int(z)} - t_{MK(z)}] + c_{int} G_{inf} [t_{3(z)} - t_{int(z)}] + Q_{int}; \end{array} \right. \quad (2)$$

- рециркуляція

$$\left\{ \begin{array}{l} c_T m_T \frac{d\tau_{CP(z)}}{dz} = 2c_T G_K [\tau_{1K(z)} - \tau_{CP(z)}] - \alpha_1 A_1 [\tau_{CP(z)} - t_{CT(z)}], \\ c_{CT} m_{CT} \frac{dt_{CT(z)}}{dz} = \alpha_1 A_1 [\tau_{CP(z)} - \tau_{CT(z)}] - \alpha_2^K A_2 [t_{CT(z)} - t_{int(z)}] - \alpha_2^N A_2 [t_{CT(z)} - t_{CTR(z)}], \\ c_{int} m_{int} \frac{dt_{int(z)}}{dz} = \alpha_2^K A_2 [t_{CT(z)} - t_{int(z)}] - \alpha_{int}^K A_{3K} [t_{int(z)} - t_{3K(0,z)}] - \\ - \alpha_{int}^K A_{BK} [t_{int(z)} - t_{BK(6/2,z)}] - \alpha_{int}^K A_{MK} [t_{int(z)} - t_{MK(z)}] + \\ + c_{int} [G_{in} (t_{in} - t_{int(z)}) + G_{inf} [t_{3(z)} - t_{int(z)}]] + Q_{int}. \end{array} \right. \quad (3)$$

Робота системи складається з двох етапів (рис.2):

- 1) етап нагріву від $t_{int} = t_{min}$ до $t_{int} = t_{max}$;
- 2) етап охолодження від $t_{int} = t_{max}$, до $t_{int} = t_{min}$.

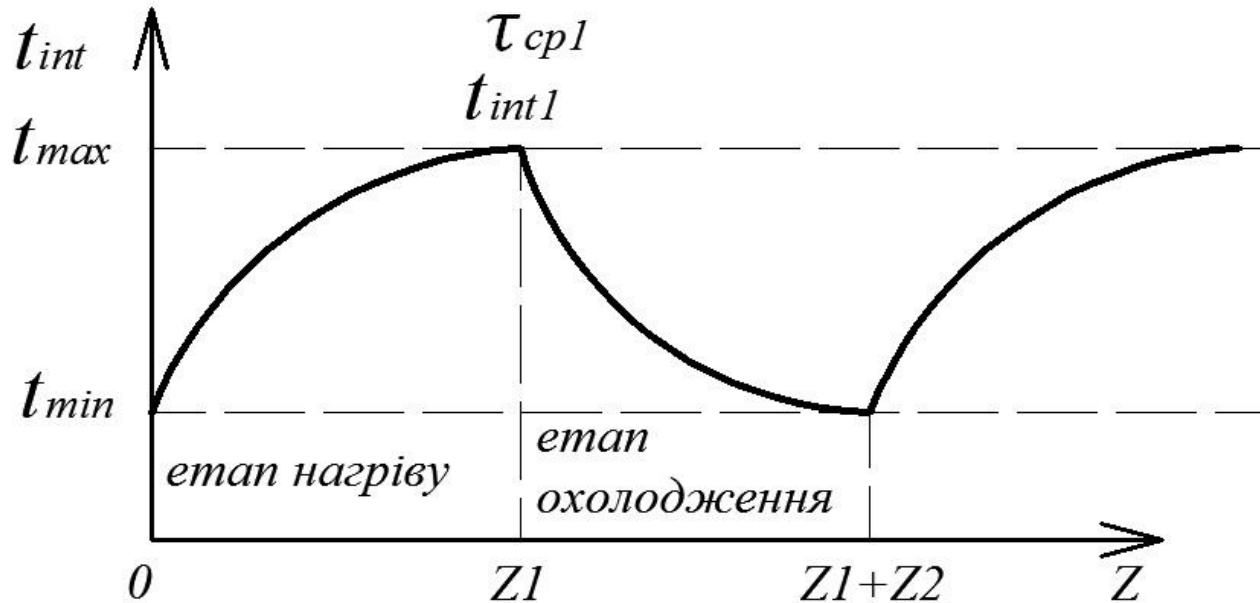


Рис.2 Визначення режимів роботи повітряної системи опалення в робочий період

Система повітряного опалення забезпечує подачу повітря з температурою $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ в кількості $2598\text{ м}^3/\text{год}$ перед початком робочого дня в громадській будівлі, так званий режим «напалювання». Далі повітря всередині приміщення підтримується автоматично в межах від 18 до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом робочого дня (рис.3). В нічний час повітряне опалення не функціонує.

Система водяного опалення працює в постійному режимі забезпечуючи температуру повітря $12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Тобто комбінована система водяного і повітряного опалення може перебувати як в режимі припливу, так і в режимі його відсутності.

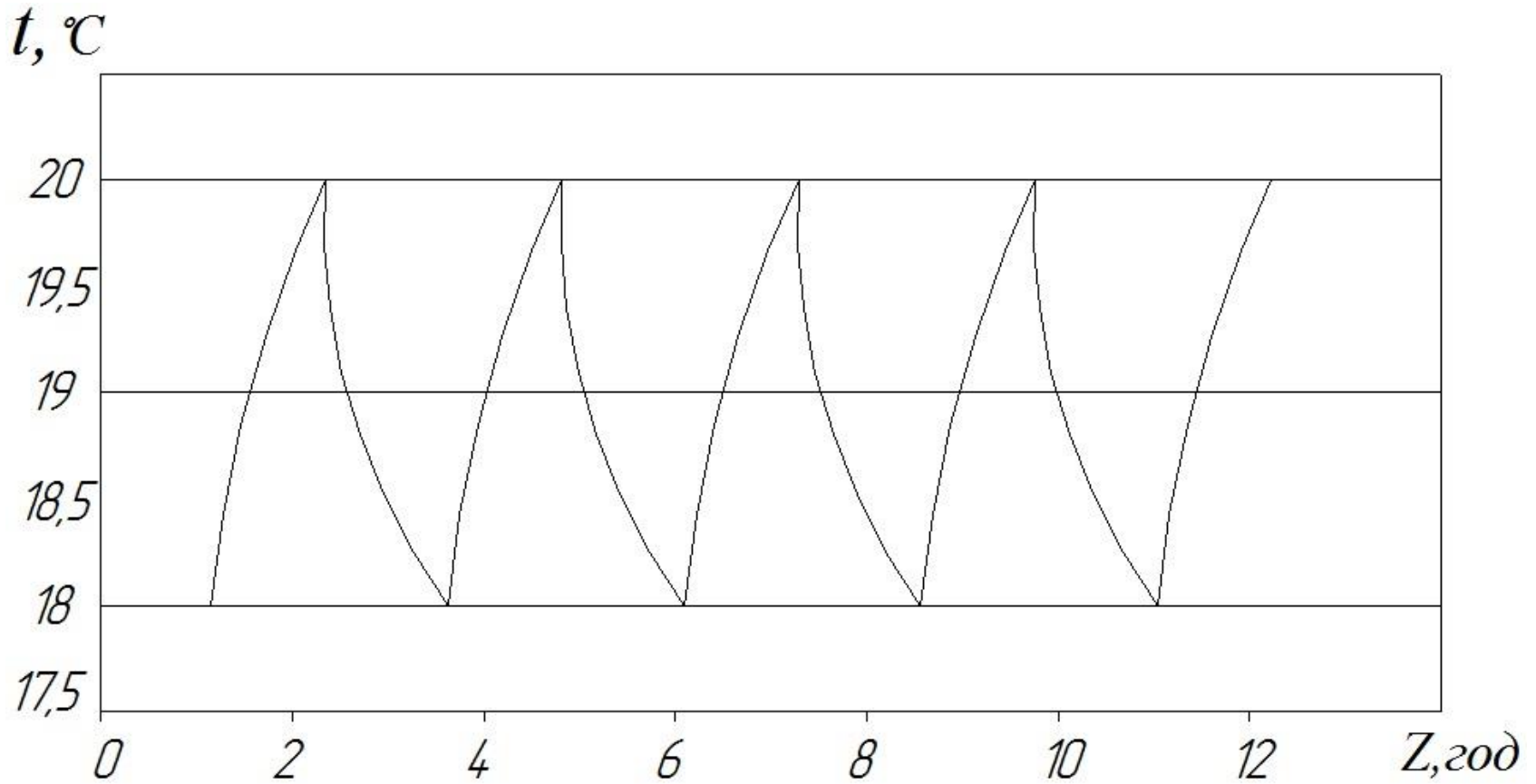


Рис.3 Графік режимів роботи повітряної системи опалення в робочий період

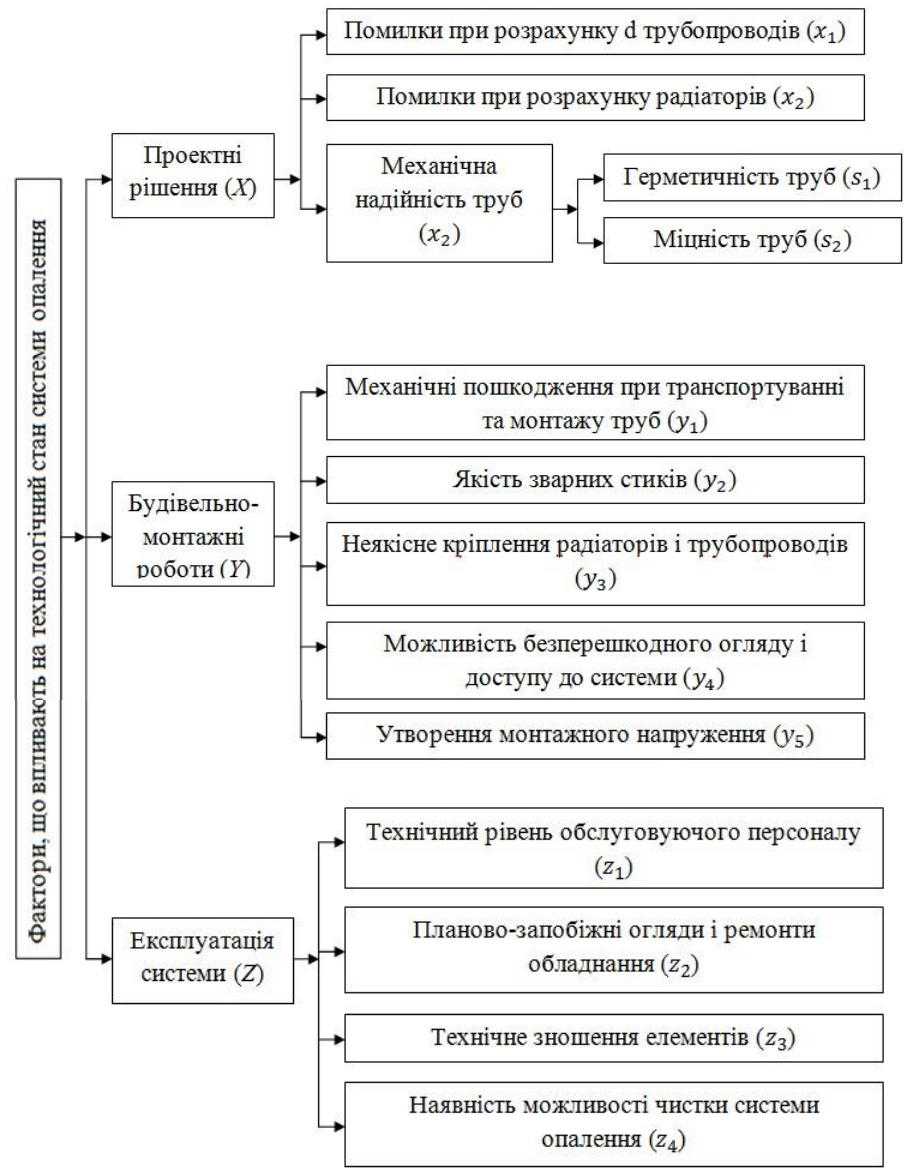


Рис. 4 Класифікація факторів, що впливають на технічний стан системи опалення

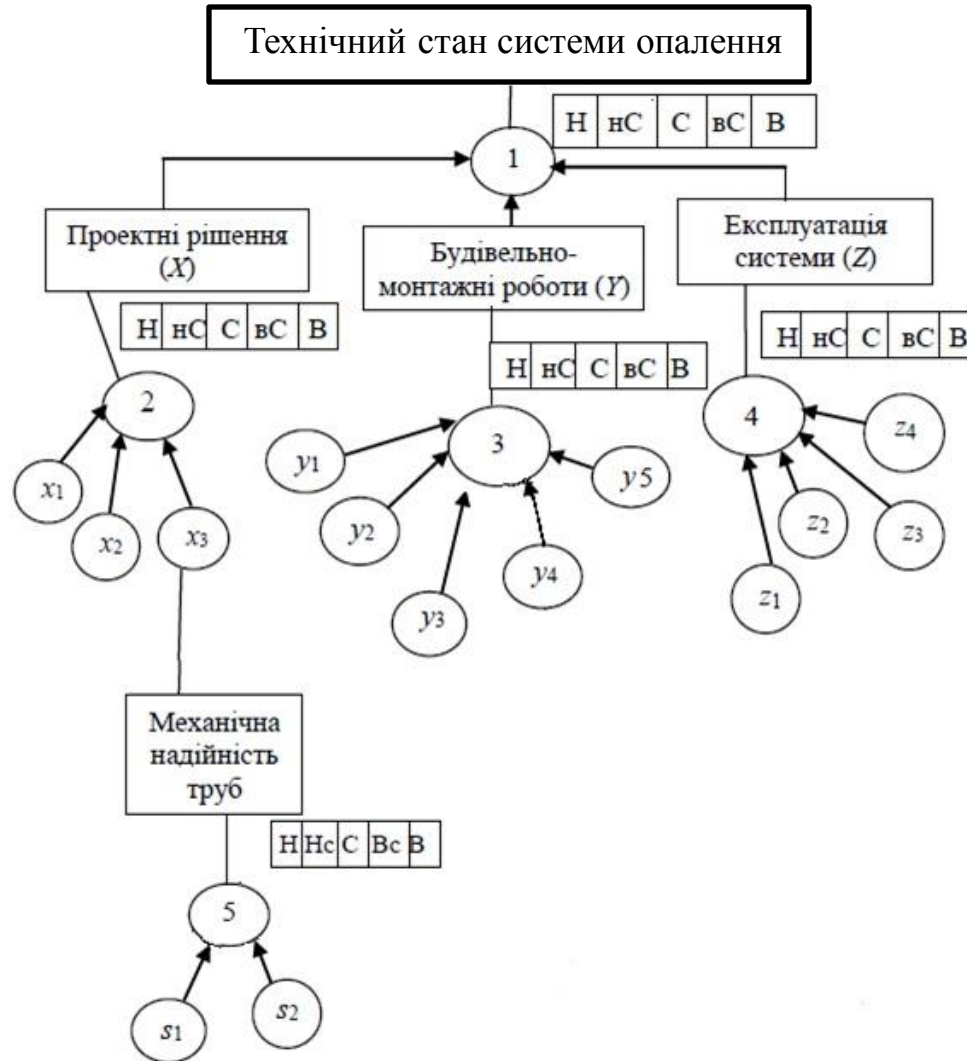


Рис.5 – Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на оцінку технічного стану системи опалення

Схема розміщення системи опалення на плані 1-го поверху (1:100)

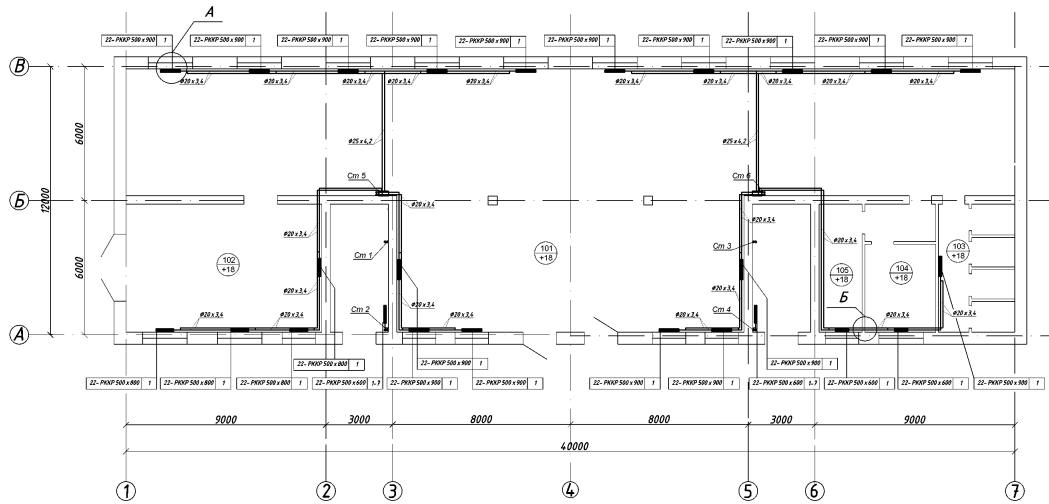
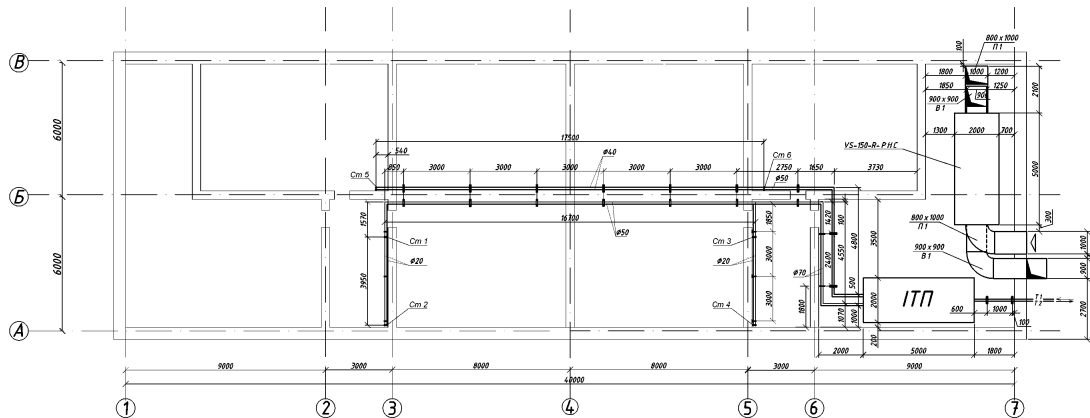


Схема розміщення системи опалення на плані цокольного поверху (1:100)

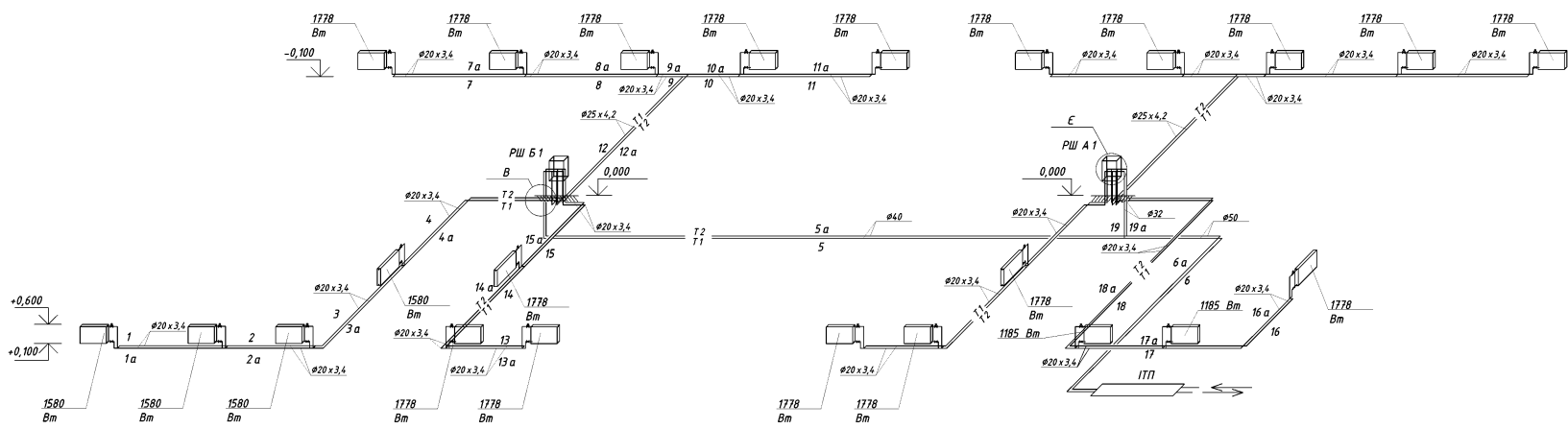


Експлікація приміщень

| № Приміщення | Найменування | Площа, м² | Кат. Приміщення |
|--------------|----------------|-----------|-----------------|
| 101 | Єдиний центр | 323,96 | |
| 102 | Єдиний приплив | 51,91 | |
| 103 | Тепле значок | 114 | |
| 104 | Тепле значок | 111 | |
| 105 | Єдиний | 19,95 | |

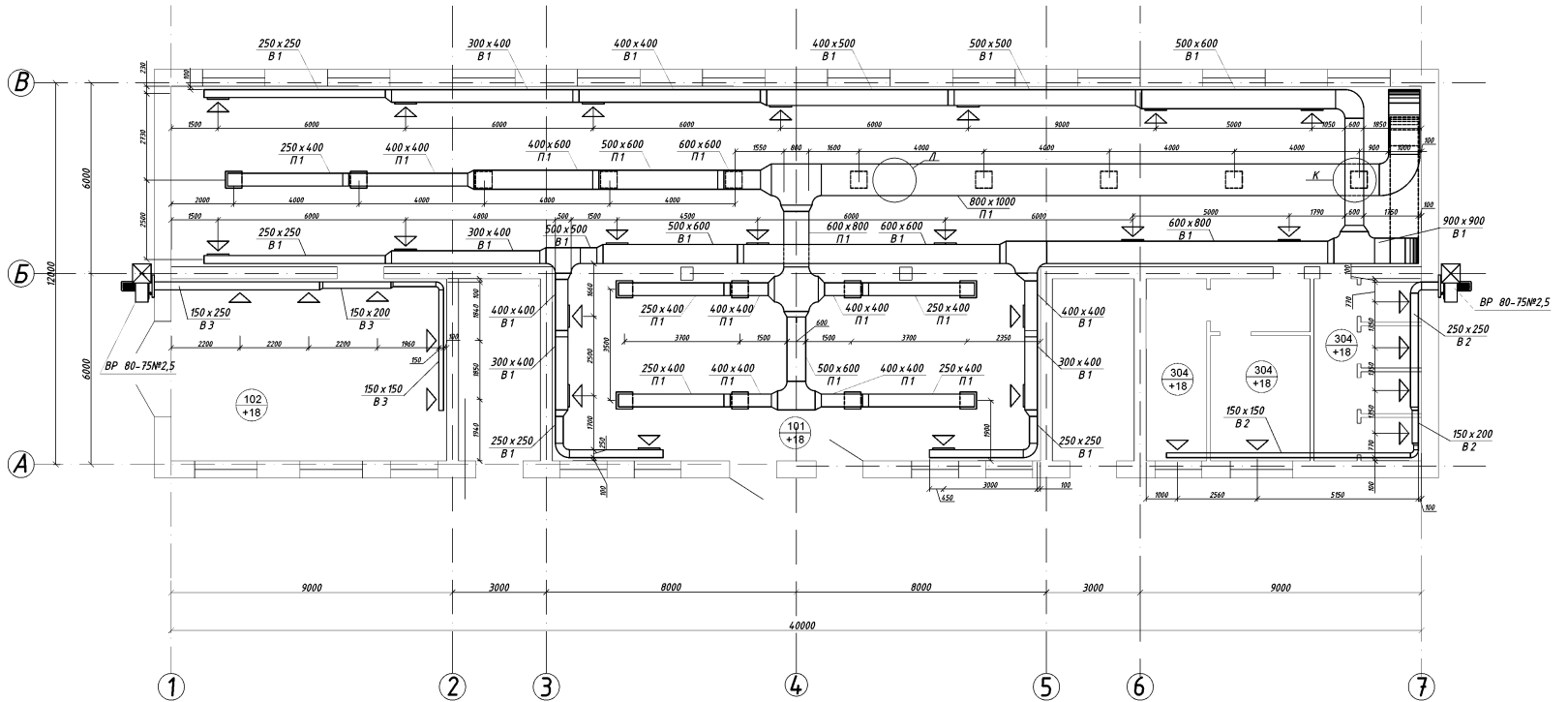
| | | | | | |
|--|-------------------|------------|--------------|-------|-------|
| 08-12 МКР.002.00.000.00 | | | | | |
| Відомості про виконання роботи кваліфікованої системою «Людство» / | | | | | |
| господарського опалення громадських будівель | | | | | |
| Зам. (Ім'я) | Арх. (Ім'я) | Пр. (Ім'я) | Відв. (Ім'я) | Дата | |
| Розробл. (Ім'я) | Група (Ім'я) | А.А. | | | |
| Перевір. (Ім'я) | Кач. (Ім'я) | | | | |
| Розробник (Ім'я) | Виконавець (Ім'я) | | | | |
| Замовник (Ім'я) | Виконавець (Ім'я) | | | | |
| СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ | | | | Склад | Архив |
| МКР | | | | 1 | 15 |
| ВНТУ, ТТ-15(СП) | | | | | |

АксонOMETричнА сХемА систЕмА опАлЕннА 1-го поВЕРху (1:100)



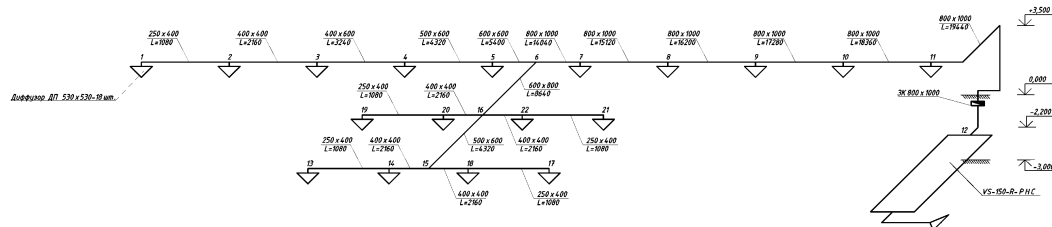
| | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|---------|----------------|----------|---|--|--------|--------|--|
| | | | | | 08-12 МКР 002 00 000 08 | | | | |
| | | | | | Відокремлені роботи на виконання: системи водопостачання / підв'язки опалення до центрального котельного пункту | | | | |
| Знач. | Кільк. | Змін. | № Факт. | Листів | Вста. | Склад. | Архив. | Архив. | |
| Розробив | Григор'єв А.А. | | | | | МКР | 2 | 15 | |
| Перевірив | Коваленко І.В. | | | | | | | | |
| Розробив | Т.І. Коваленко | Виконав | О.С. Коваленко | Скорект. | І.В. Коваленко | Аксонометрична схема системи опалення 1-го поверху | | | |
| | | | | | | ВНТУ, ТТ-15(м.ср.) | | | |

Схема розміщення системи вентиляції на плані 1-го поверху (1:75)

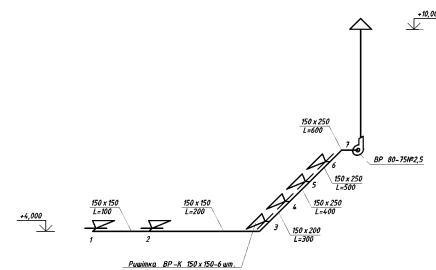


| | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 08-12 МКР.002.00.000.08 | | | | | | | | | |
| Відомлення про виконання робіт по монтажу системи вентиляції і кондиціонування повітря в приміщенні | | | | | | | | | |
| Розробив | Перевірив | Арх. А.А. | Інж. В.В. | Інж. С.С. | Інж. Д.Д. | Інж. Е.Е. | Інж. Ф.Ф. | Інж. Г.Г. | Інж. З.З. |
| СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ | | | | | | | Стор. 3 | Архив 15 | Кресло |
| Схема розміщення системи вентиляції на плані 1-го поверху | | | | | | | | | |
| ВНТЧ ТТ-15М(сн) | | | | | | | | | |

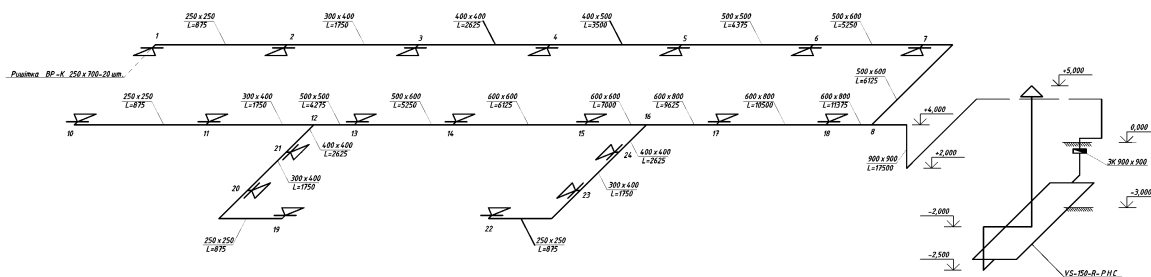
Аксонетрична схема припливної вентиляції сервісного центру П1 (1:100)



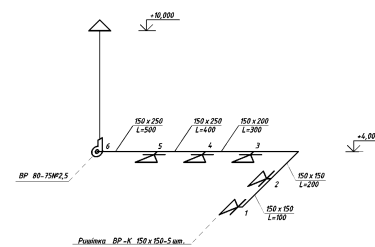
Аксонетрична схема витяжної вентиляції санвузла В2 (1:100)



Аксонетрична схема витяжної вентиляції сервісного центру В1 (1:100)

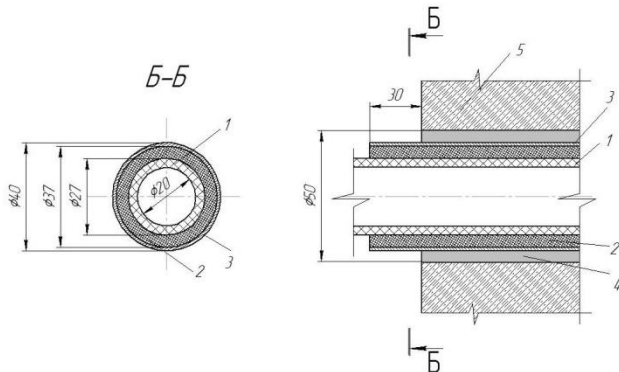


Аксонетрична схема витяжної вентиляції складського приміщення В3 (1:100)



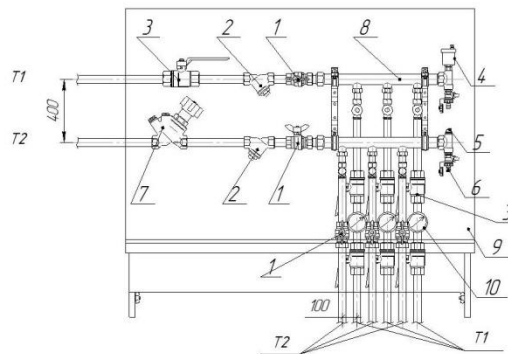
| | | | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|------|-------|
| | | | | | | 08-12-МКР-002.00.000.00 | | |
| | | | | | | Відстоєння роботи конструкторської системи водопостачання і підприємство опалення громадських будівель | | |
| Знач. | Код | Акс. | РФ | Знак | Віднос. | Система | К-ти | Архив |
| Вентиляція | Вентиляція | Вентиляція | Вентиляція | Вентиляція | Вентиляція | МКР | 4 | 15 |
| | | | | | | Система вентиляції | | |
| | | | | | | ВНТЗ, ТТ-15(Сл) | | |

Б (аркуш №1)
Перетин трубопроводу цегляної стіни (1:1)



1-труба поліпропіленова 20x3,4мм,
2-ізоляція Climaflex,
3-гільза металева;
4-цементний розчин М 300,
5-стіна цегляна.

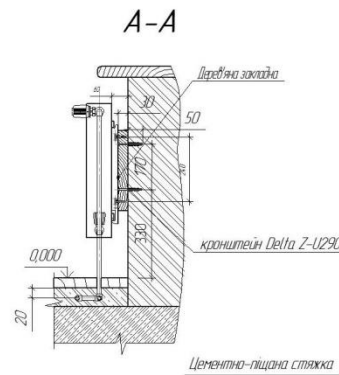
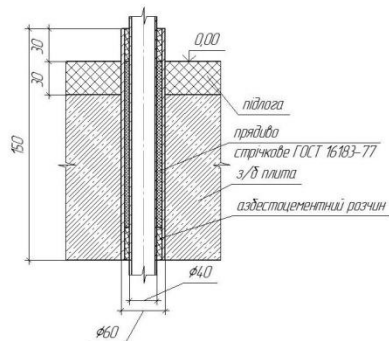
Г (аркуш №2)
Розподільча шафа А1



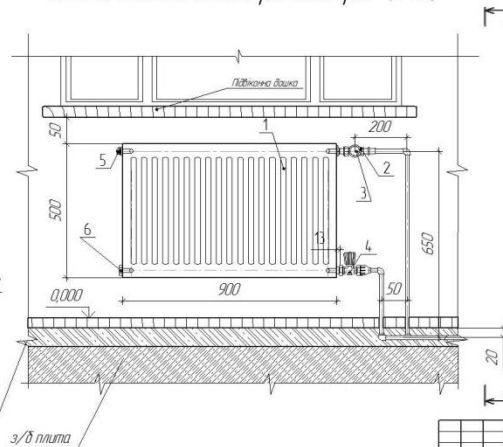
Специфікація обладнання розподільчої шафи

| № п/п | Найменування |
|-------|-------------------------------------|
| 1 | Кран кульковий |
| 2 | Сітчастий фільтр ГЕРЦ |
| 3 | Запірний вентиль |
| 4 | Автоматичний підтислювальний клапан |
| 5 | Кран Маєвського |
| 6 | Кран зливу води |
| 7 | Балансуювальний вентиль |
| 8 | 2 розподільника ГЕРЦ |
| 9 | Шара розподільна ГЕРЦ |
| 10 | Лічильник |

В (аркуш №2)
Прохід стояка через перекриття (1:2)



А (аркуш №1)
Схема підключення радіатора (1:10)

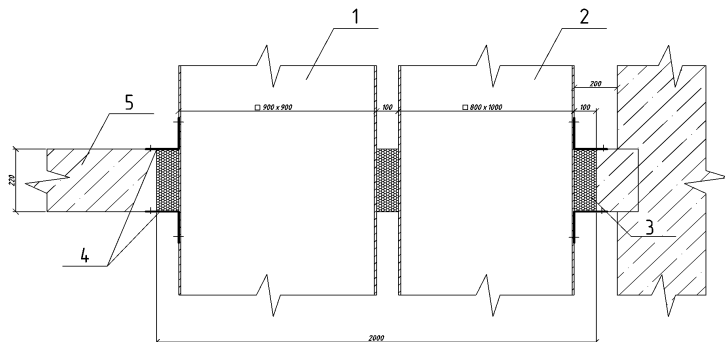


Специфікація обладнання радіатора DELTA

| № п/п | Найменування |
|-------|--|
| 1 | Стальний панельний радіатор Delta-22-РМР 500x900 |
| 2 | Термостатичний клапан ГЕРЦ TS-90-V |
| 3 | Термостатична головка ГЕРЦ |
| 4 | Запірний клапан Герц |
| 5 | Кран Маєвського |
| 6 | Заглушка |

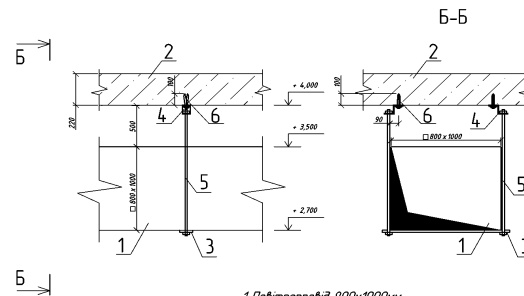
| | | | | | | |
|--|----------|---------|---------|---------------------------|---------|---------|
| | | | | 08-12МКР.002.00.000.0В | | |
| Відокремлення роботи конфігурації системи водопостачання і підтримки опалення громадських будівель | | | | | | |
| Дир. Проекту | Лист 4.4 | Лист 15 | Лист 16 | Лист 17 | Лист 18 | Лист 19 |
| Розробив | Лист 4.4 | Лист 15 | Лист 16 | Лист 17 | Лист 18 | Лист 19 |
| Перевірив | Лист 4.4 | Лист 15 | Лист 16 | Лист 17 | Лист 18 | Лист 19 |
| Автори | Лист 4.4 | Лист 15 | Лист 16 | Лист 17 | Лист 18 | Лист 19 |
| Н. Кучер | Лист 4.4 | Лист 15 | Лист 16 | Лист 17 | Лист 18 | Лист 19 |
| Замовник | Лист 4.4 | Лист 15 | Лист 16 | Лист 17 | Лист 18 | Лист 19 |
| | | | | Система опалення МКР 5 15 | | |
| | | | | ВНТУ, ТТ-15(мкл) | | |

Д
Проходження повітропроводів через перекриття (1:10)



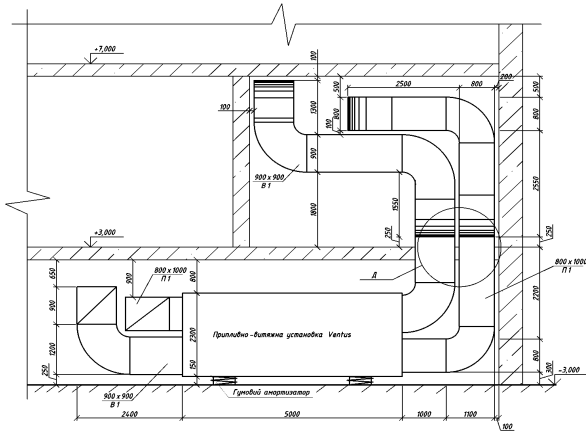
- 1 Підвітропровід 900x900мм
- 2 Підвітропровід 800x1000мм
- 3 Пінналіуретановий герметик
- 4 Рейка жорсткості підвітропровода 100x100x3
- 5 Панель перекриття

Л (аркуш №5)
Кріплення повітропроводу до стелі (1:20)

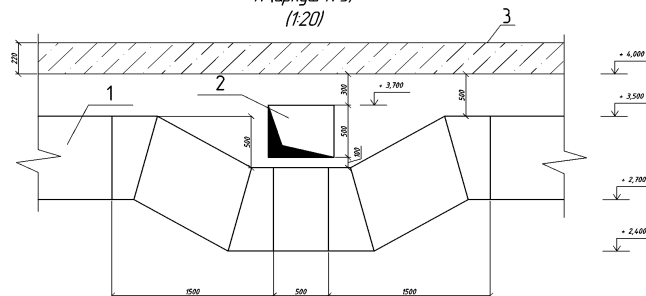


- 1 Підвітропровід 800x1000мм
- 2 Панель перекриття
- 3 Траверса
- 4 Z-профіль
- 5 Шпилька різьбана GSB-1000
- 6 Анкер заливний НКД-SM8x40

Схема об'язки припливно-витяжної машини Ventus (1:50)



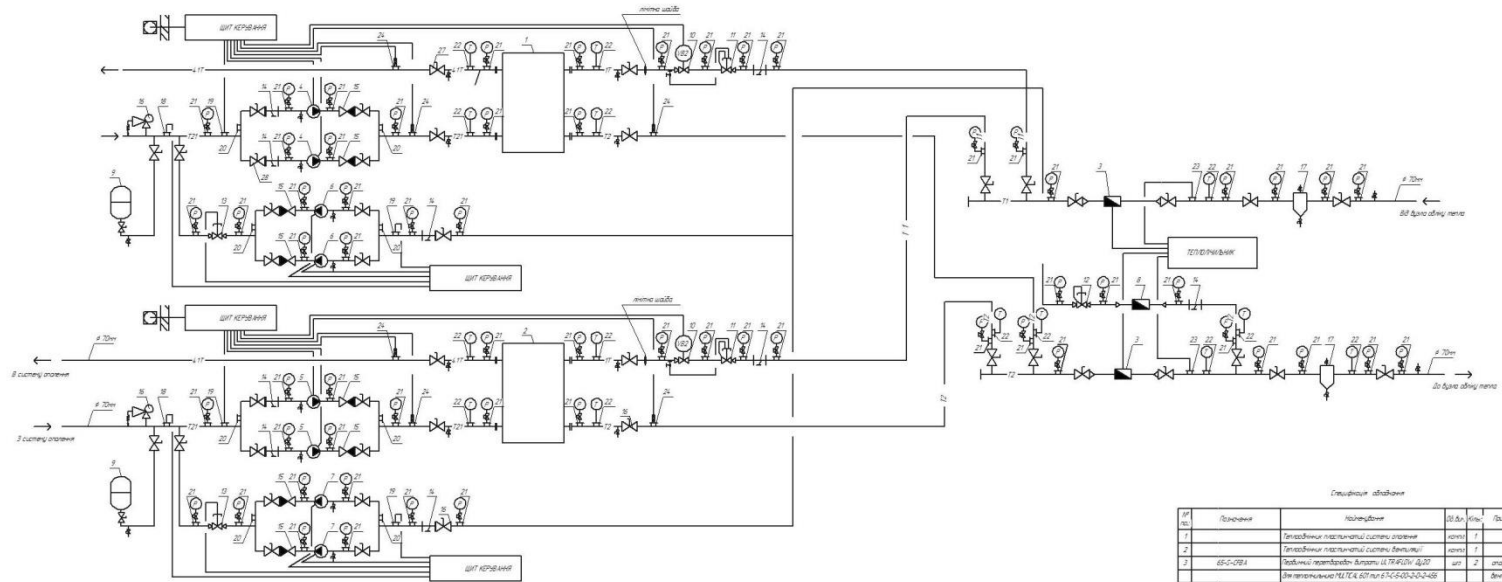
К (аркуш №5)
(1:20)



- 1 Підвітропровід 800x1000мм
- 2 Підвітропровід 500x600мм
- 3 Панель перекриття

| | | | | | | | | |
|----------------|------------|------------|----------|----------|----------|--|-----|--------|
| | | | | | | 08-12 МКР.002.00.000.0В | | |
| | | | | | | Відомлення роботи кріпильної системи водовоза і підвішеного опалення зразковий варіант | | |
| Замовник | Питання | Адрес | № буд. | Повітря | Висота | Система вентиляції | МКР | Листов |
| Головний | Головний | Головний | Головний | Головний | Головний | МКР | 6 | 5 |
| Проектувальник | Виконавець | Відомлення | Висота | Висота | Висота | ВНТУ, ТТ-15(мкр) | | |
| М. Київ | Київ | Київ | Київ | Київ | Київ | | | |

Принципова схема індивідуального теплового пункту



Специфікація обладнання

| № | Позначення | Назначення | Мат. кат. | Відом. |
|----|--|------------|-----------|------------|
| 1 | Триходовий клапанний пристрій системи опалення | клапан | 1 | |
| 2 | Триходовий клапанний пристрій системи вентиляції | клапан | 1 | |
| 3 | Вентильний пристрій системи опалення | клапан | 2 | опалення |
| | Вентильний пристрій системи вентиляції | клапан | 2 | вентиляція |
| 4 | Модуль системи опалення | клапан | 2 | |
| 5 | Модуль системи вентиляції | клапан | 2 | |
| 6 | Модуль системи опалення | клапан | 2 | |
| 7 | Модуль системи вентиляції | клапан | 2 | |
| 8 | Модуль системи опалення | клапан | 2 | |
| 9 | Модуль системи вентиляції | клапан | 2 | |
| 10 | Модуль системи опалення | клапан | 2 | |
| 11 | Модуль системи вентиляції | клапан | 2 | |
| 12 | Модуль системи опалення | клапан | 2 | |
| 13 | Модуль системи вентиляції | клапан | 2 | |
| 14 | Модуль системи опалення | клапан | 2 | |
| 15 | Модуль системи вентиляції | клапан | 2 | |
| 16 | Модуль системи опалення | клапан | 2 | |
| 17 | Модуль системи вентиляції | клапан | 2 | |
| 18 | Модуль системи опалення | клапан | 2 | |
| 19 | Модуль системи вентиляції | клапан | 2 | |
| 20 | Модуль системи опалення | клапан | 2 | |
| 21 | Модуль системи вентиляції | клапан | 2 | |
| 22 | Модуль системи опалення | клапан | 2 | |
| 23 | Модуль системи вентиляції | клапан | 2 | |
| 24 | Модуль системи опалення | клапан | 2 | |
| 25 | Модуль системи вентиляції | клапан | 2 | |

08-12.MKP.002.00.000.00.BV

Відокремлення відомостей про обладнання системи опалення / повітряного опалення громадських будівель

| № | Код | Дат. | Вид | Варт. | Стор. | Лист | Листів | |
|---|-------|------|-----|-------|-------|------|--------|-------------|
| 1 | 08-12 | 002 | 00 | 000 | 00 | 000 | 000 | |
| Система опалення | | | | | | | 7 | 15 |
| Принципова схема індивідуального теплового пункту | | | | | | | BV14 | 11-15M(с/п) |

Висновки:

У результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи на тему «Вдосконалення роботи комбінованої системи водяного і повітряного опалення громадських будівель» було вирішено наступні задачі:

1 Проведено аналіз існуючих систем водяного і повітряного опалення.

2 Розроблено математичну модель нестационарного теплового режиму будівель, що дозволяє вибрати раціональні режими роботи комбінованої системи водяного і повітряного опалення.

3 Виконано технічний розрахунок системи опалення та вентиляції.

4 Розглянуто варіант виконання монтажних робіт системи опалення та вентиляції.

5 Запропоновані заходи з енергозбереження.

6 Передбачено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

7 Визначені техніко-економічні показники.

8 Виконано графічну частину проекту.

В результаті аналізу вітчизняних і зарубіжних літературних джерел було вирішено, що для уникнення проблеми недоотримання теплоти будівлями, пов'язану зі зношеністю обладнання та теплових мереж, а також для створення комфортних умов в приміщенні за рахунок раціонального розподілу повітря по приміщеннях і зниження капітальних і експлуатаційних витрат в громадських будівлях доцільно застосовувати комбіновану систему водяного і повітряного опалення.

В розділі про теоретичне обґрунтування громадського будинку з комбінованою системою водяного і повітряного опалення було запропоновано математичну модель тепломасообмінних процесів, що описує і враховує всі найважливіші променисті і конвективні теплові потоки в приміщенні, що дозволяє розраховувати оптимальні режими роботи комбінованої системи водяного і повітряного опалення в режимах припливу, рециркуляції і в відсутність припливу.

Отримане за допомогою математичної моделі аналітичне рішення для розрахунку раціональних режимів роботи комбінованої системи водяного і повітряного опалення дозволяє визначити режим роботи повітряної системи опалення в робочий період. Система повітряного опалення буде забезпечувати подачу повітря з температурою $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ в кількості $2598\text{ м}^3/\text{год}$ перед початком робочого дня в громадській будівлі, так званий режим «напалювання». Далі повітря всередині приміщення підтримується автоматично в межах від 18 до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом робочого дня. В нічний час повітряне опалення не функціонує.

Система водяного опалення працює в постійному режимі забезпечуючи температуру повітря $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тобто комбінована система водяного і повітряного опалення може перебувати як в режимі припливу, так і в режимі його відсутності.

Також було виконано: гідравлічний і теплотехнічний розрахунки системи опалення, аеродинамічний розрахунок системи вентиляції. В результаті теплотехнічного розрахунку тепловтрати приміщень складають $38,4\text{ кВт}$. На основі цього було підбрано панельні радіатори Delta типу 22 РККР розміром від 500×600 до 500×900 мм (див. аркуш №1). За підсумками гідравлічного розрахунку підбрано сталеві трубопроводи діаметром від 32 мм до 50 мм та поліпропіленові трубопроводи діаметром 20 мм та 25 мм .

При розрахунку вентиляції було підбрано необхідні повітропроводи розмірами від $150\times 150\text{ мм}$ до $800\times 1000\text{ мм}$ (див. Додаток В), вибрано повітророзподілчі пристрої, а саме: дифузори типу ДП $530\times 530\text{ мм}$, решітки типу ВР-К $250\times 700\text{ мм}$, $150\times 150\text{ мм}$. та підбрано припливно-витяжний агрегат фірми Ventus, а саме VS-150-R-PHC [31].

Виконано класифікацію факторів, що впливають на технічний стан системи опалення. Побудовано дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на оцінку технічного стану системи опалення

В організаційно-технологічному забезпеченні реалізації проектних рішень проведено аналіз об'єкту, який підлягає монтажу. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу систем опалення та вентиляції, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт, складений календарний план виконання робіт (аркуші 8,9). Виконаний розрахунок техніко-економічних показників, в якому визначено загальну трудомісткість виконання робіт, що склала для системи опалення 56,5 люд-дні, для системи вентиляції 125 люд-дні, та загальну тривалість виконання монтажних робіт для системи опалення – 14,25 дні, для системи вентиляції – 28,75 дні

Розроблено енергетичний паспорт будинку, запропоновані заходи з енергозбереження.

В розділі з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях було проаналізовано умови праці, при яких здійснюється монтаж системи опалення та вентиляції. Визначено шкідливі та небезпечні фактори, які можуть бути присутні при виконанні монтажних робіт, а саме: несприятливі параметри мікроклімату; підвищений рівень шуму, вібрації; недостатня освітленість робочої зони; можливість ураження електричним струмом тощо. Запропоновано заходи покращення умов праці. Проведено розрахунок занулення.

В останньому розділі дипломного проекту визначено основні техніко-економічні показники, та кошторисну вартість влаштування системи опалення та вентиляції що становить 397,7 тис. грн. та 229,02 тис. грн. відповідно.

Виконано необхідні креслення: схеми розташування системи опалення та вентиляції (аркуш 1,3), принципова схема ІТП (аркуш 7); аксонометричні схеми систем опалення та вентиляції (аркуш 2,4), монтажні креслення систем опалення та вентиляції (аркуш 5,6), календарні графіки монтажу систем (аркуш 8,9).