

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**«Проектування енергоефективних систем створення
мікроклімату для адміністративної будівлі»**

Виконав студент 2 курсу, гр.

ТГ-23мз спеціальності 192

Будівництво та цивільна інженерія

Сигидин А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., професор кафедри ІСБ

Коц І.В.

(прізвище та ініціали)

«12» 06 2025р.

Опонент к.т.н., доц. каф. БМГА

Тюшовиц М.М.

(прізвище та ініціали)

«12» 06 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІСБ

к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.

(прізвище та ініціали)

«12» 06 2025 р.

Вінниця – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра інженерних систем у будівництві
Рівень вищої освіти II (магістерський)
Галузь знань 19 Архітектура та будівництво
(шифр і назва)
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва)
Освітня програма “Теплогазопостачання і вентиляція”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.
(підпис)
“01” “04” 2025 року
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРІЯ

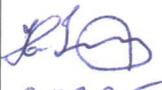
ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Сигидина Анатолія Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема проекту (роботи) Проектування енергоефективних систем створення мікроклімату для адміністративної будівлі
керівник проекту (роботи) к.т.н. проф. каф. ІСБ Коц І.В.
затвержені наказом вищого навчального закладу від « » р. №
- Строк подання студентом проекту (роботи) 12 травня 2025 р.
- Вихідні дані до проекту (роботи) Кліматичні дані згідно зони розташування об'єкта, генеральний план будівлі, плани поверхів. Технічні характеристики будівлі та запланованого обладнання Характеристика огорожувальних конструкцій ($R_{ст}=3,3 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$), I температурна зона, м. Вінниця . Будівельні вимоги та нормативи. Для наукової роботи вихідними даними є: відомі енергоефективні рішення систем опалення та вентиляції, дослідження в напрямку енергоефективності систем опалення та вентиляції та наукові публікації.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, аналітичний огляд конструктивних рішень системи забезпечення мікроклімату громадської будівлі, теоретичне обґрунтування технічних рішень системи опалення та вентиляції, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень та заходи з охорона праці і техніки безпеки, техніко-економічні показники, загальний висновок, перелік використаних джерел, додатки.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Плакат з результатом наукової частини роботи – дослідження енергоефективних рішень системи вентиляції. Креслення: План системи вентиляції 1-5 поверхів. План системи вентиляції на підвальному поверсі. Аксонометричні схеми систем вентиляції ПВ-1, П-1, В-8.. Аксонометрична схема ВІІ-1, ВІІ-2, В-60, В-61, В-62. План систем вентиляції торгівельної зали. Монтаж припливно-витяжної установки, кріплення горизонтального повітропроводу до стелі, монтаж кондиціонерів. Аксонометричні схеми вентиляційного обладнання типової секції. Календарний план монтажу системи системи вентиляції. Монтажні креслення та вузли.

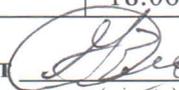
6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--|---|--|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Аналітичний огляд <u>конструктивних рішень системи забезпечення мікроклімату громадської будівлі</u> | Коц І.В., к.т.н., проф. |  9.03.25 |  10.06.25 |
| Теоретичне та практичне обґрунтування параметрів систем забезпечення мікроклімату | Коц І.В., к.т.н., проф. |  9.03.25 |  10.06.25 |
| Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень та заходи зохорони праці і техніки безпеки | Коц І.В., к.т.н., проф. |  9.03.25 |  11.06.25 |
| Техніко-економічні показники | Лялюк О.Г., к.т.н., доцент |  |  |

7. Дата видачі завдання 09.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи) | Строк виконання етапів проєкту (роботи) | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1 | Складання завдання та змісту до МКР | 09.03.2025 | вик. |
| 2 | Аналітичний огляд <u>конструктивних рішень системи забезпечення мікроклімату громадської будівлі</u> | 18.03.2025 | вик. |
| 3 | Теоретичне та практичне обґрунтування параметрів систем забезпечення мікроклімату | 31.03.2025 | вик. |
| 4 | Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень та заходи з охорони праці і техніки безпеки | 06.04.2025 | вик. |
| 7 | Техніко-економічні показники | 13.04.2025 | вик. |
| 8 | Оформлення графічної частини та пояснювальної записки, розробка презентації | 17.04.2025 | вик. |
| 9 | Попередній захист | 06.04.2025 | вик. |
| 10 | Виправлення зауважень | 10.05.2025 | |
| 11 | Рецензування | 12.05.2025 | вик. |
| 12 | Захист МКР | 18.06.2025 | |

Магістрант  А.В. Сущук
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)  І.В. Коц
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Сигидин А.В. Проектування енергоефективних систем створення мікроклімату для адміністративної будівлі Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192-будівництво та цивільна інженерія, освітня програма - теплогазопостачання і вентиляція. Вінниця ВНТУ, 2025.

На укр. мові. Бібліогр.: 117 стор.; 42 назви; рис.: 27; табл.14

Магістерська кваліфікаційна робота включає в себе п'ять розділів: аналітичний огляд конструктивних рішень системи забезпечення мікроклімату адміністративної будівлі, теоретичне та практичне обґрунтування параметрів систем забезпечення мікроклімату, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень, техніко- економічні показники.

Виконано аналітичний огляд варіантів застосування енергоефективних рішень в системах вентиляції та кондиціонування. Виконано техніко-економічне обґрунтування використання теплового насоса та теплового утилізатора в системі вентиляції. Проаналізовані нормативні вимоги щодо енергоефективності громадських будівель. Розглянуті міжнародні критерії енергоефективності систем створення мікроклімату та норми щодо якості внутрішнього повітря будівель. Розраховано тепловий баланс та повітрообміну приміщень. Також виконано аеродинамічний розрахунок мережі повітропроводів та підбір необхідного обладнання. Розроблені організаційно – технологічні рішення з монтажу систем вентиляції та кондиціонування. Розглянуто основні заходи та шляхи підвищення енергозбереження будівлі. Розроблені заходи з охорони праці при монтажі та експлуатації системи. Розраховано техніко – економічні показники адміністративної будівлі. Виконані розрахунки кошторисної вартості обраної системи адміністративної будівлі. Графічна частина містить аксонометричні схеми системи вентиляції, плани поверхів з нанесеними повітропроводами, календарний план з графіком руху робітників та графіком руху машин і механізмів, вузлові креслення.

Ключові слова: енергоефективність, мікроклімат, адміністративна будівля, вентиляція, кондиціонування, опалення, автоматизація, оптимізація, енергозбереження, альтернативні джерела енергії, екологічна безпека, інтелектуальні системи управління

ANNOTATION

Sygydyn A.V. Design of energy-efficient systems for creating a microclimate for an administrative building Master's qualification work in the specialty 192-construction and civil engineering, educational program -heat and gas supply and ventilation. Vinnytsia VNTU, 2025.

In Ukrainian. Bibliography: 117 pages; 42 titles; fig.: 27; tab.14

Master's thesis includes five sections: analytical review of design solutions for the microclimate of the public building, theoretical and practical justification of the parameters of the microclimate, organizational and technological support for the implementation of design solutions, technical and economic indicators. An analytical review of options for the use of energy efficient solutions in ventilation and air conditioning systems. Feasibility study of the use of heat pump and heat recovery in the ventilation system is performed. Regulatory requirements for energy efficiency of public buildings are analyzed. International criteria of energy efficiency of microclimate systems and norms on indoor air quality of buildings are considered. The heat balance and air exchange of the premises are calculated. The aerodynamic calculation of the air duct network and selection of the necessary equipment was also performed. Organizational and technological solutions for installation of ventilation and air conditioning systems have been developed. The main measures and ways to increase the energy saving of the building are considered. Developed measures for labor protection during installation and operation of the system. The technical and economic indicators of the public building are calculated. Calculations of the estimated cost of the selected public building system are performed. The graphic part contains axonometric diagrams of the ventilation system, floor plans with applied air ducts, a calendar plan with a schedule of workers and the schedule of machines and mechanisms, node drawings.

Key words: energy efficiency, microclimate, administrative building, ventilation, air conditioning, heating, automation, optimization, energy conservation, alternative energy sources, environmental safety, intelligent management systems

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| Анотація..... | 4 |
| Annotation | 5 |
| Вступ..... | 8 |
| 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ | 12 |
| 1.1 Аналіз варіантів теплопостачання систем забезпечення мікроклімату..... | 12 |
| 1.1.1 Система теплопостачання адміністративної будівлі | 12 |
| 1.1.2 Призначення та характеристика котельні..... | 14 |
| 1.1.3 Конденсаційний теплоутилізатор..... | 15 |
| 1.1.4 Приточно-витяжна установка | 17 |
| 1.1.5 Абсорбційний чілер..... | 18 |
| 1.2 Багатоваріантний аналіз використання теплообмінника в системі приточно-витяжної вентиляції..... | 18 |
| 1.2.1 Вимоги теплообмінників та їх характеристика..... | 19 |
| 1.2.2 Вибір теплопередаючої поверхні..... | 23 |
| 1.2.3 Доцільність використання повітря - повітряного пластинчастого теплообмінника для утилізації теплоти вентиляційного повітря..... | 24 |
| 1.3 Аналіз теплових режимів системи теплопостачання будівлі | 24 |
| 1.3.1 Розрахунки теплової схеми котельні для опалювального періоду..... | 24 |
| 1.3.2 Розрахунки теплової схеми котельні для середньо-опалюваль ного періоду | 29 |
| 1.3.3 Розрахунок теплової схеми котельні для міжопалювального періоду | 33 |
| 1.4 Розрахунок системи утилізації теплоти відхідних газів..... | 35 |
| 1.4.1 Розрахунок об'ємів повітря та продуктів спалювання природного газу..... | 35 |
| 1.5 Розрахунок приточно-витяжної установки..... | 39 |
| 1.6 Дослідження характеристик пластинчастого теплообмінника..... | 47 |
| 1.6.1 Математична модель пластинчастого теплообмінника..... | 47 |
| 1.7 Автоматичне регулювання | 47 |
| 1.7.1 Регулювання температури припливного повітря..... | 49 |
| 1.7.2 Регулювання витрати припливного повітря | 50 |
| 1.8 Висновки до розділу 1..... | 51 |
| 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРОЄКТНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ..... | 53 |
| 2.1 Вихідні положення. Характеристика об'єкту та економічна доцільність впровадження..... | 53 |
| 2.1.1 Основні положення по організації будівництва і влаштування санітарно- технічних систем | 54 |
| 2.2 Організація повітрообміну..... | 54 |
| 2.3 Моделювання аеродинамічних режимів системи вентиляції..... | 55 |
| 2.4 Підбір вентилятора та вентиляційних пристроїв..... | 58 |
| 2.5 Розрахунок теплонадходжень у приміщення торговельного центру..... | 59 |
| 2.5.1 Необхідна величина повітрообміну по надлишкам явної теплоти | 59 |
| 2.5.2 Повітрообмін по асиміляції вологи | 61 |
| 2.5.3 Повітрообмін по боротьбі зі шкідливими газами і парами | 61 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.5.4 | Визначення розрахункового повітрообміну | 62 |
| 2.5.5 | Визначення кількості рециркуляційного повітря..... | 62 |
| 2.6 | Підбір кондиціонерів для торгівельних залів..... | 63 |
| 2.7 | Висновки до розділу 2..... | 67 |
| 3. | ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ..... | 68 |
| 3.1 | Конструктивні особливості об'єкту... .. | 68 |
| 3.2 | Отримання об'єкту під монтажні роботи... .. | 69 |
| 3.3 | Визначення складу і об'ємів робіт..... | 70 |
| 3.3.1 | Склад робіт..... | 70 |
| 3.3.2 | Визначення об'ємів робіт | 71 |
| 3.4 | Витрата матеріалів | 72 |
| 3.5 | Відомість інструментів | 73 |
| 3.6 | Визначення загальної трудомісткості | 74 |
| 3.7 | Вибір типів машин, механізмів, пристосувань..... | 77 |
| 3.8 | Витрата електроенергії та пального | 78 |
| 3.9 | Вимоги до монтажу повітроводів | 79 |
| 3.10 | Монтаж припливно-витяжної установки..... | 80 |
| 3.11 | Засоби кріплення повітроводів | 81 |
| 3.12 | Висновки до розділу 3 | |
| 4. | ПУСК, ВИПРОБУВАННЯ, НАЛАДКА, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ | |
| 4.1 | Передпускові випробування..... | 82 |
| 4.2 | Налагоджування робочих режимів системи... .. | 84 |
| 4.3 | Система планових та капітальних ремонтів | 87 |
| 4.4 | Можливі пошкодження в роботі обладнання системи кондиціонування | 89 |
| 4.5. | Техніка безпеки під час виконання монтажних робіт | 91 |
| 4.6. | Висновки до розділу 4 | 91 |
| 5 | ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ..... | 92 |
| 5.4 | Локальний кошторис..... | 92 |
| 5.5 | Висновки до розділу 4 | 93 |
| | ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 94 |
| | ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА | 96 |
| | ДОДАТКИ..... | |
| | Додаток А – Технічне завдання..... | |
| | Додаток Б – Специфікація обладнання і матеріалів систем вентиляції | |
| | Додаток В – Локальний кошторис..... | |
| | ГРАФІЧНА ЧАСТИНА | |

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах стрімкого зростання цін на енергетичні ресурсі з кожним роком дедалі гостріше постає питання щодо зменшення обсягів використання утилізацією джерел енергії. Нетрадиційна енергетика досить слабо розвинена і основним завданням на сьогодні є мінімізація використання природного газу та вугілля..

Одним із напрямів енергозбереження в децентралізованій енергетиці є підвищення ефективності використання палива в котлоагрегатах за рахунок утилізації теплоти відхідних газів. Втрати тепла з відхідними газами в сучасних вітчизняних газоспоживаючих котлах становлять в номінальному режимі 16-18% при розрахунках за вищою теплотою згоряння палива і являють собою основну частину втрат теплоти в котельних агрегатах. Даний рівень втрат відповідає температурі відхідних газів 140-160°C, що на протязі тривалого часу вважалось оптимальною межею. Однак, в останні 25-30 років спочатку за кордоном, а пізніше і в Україні спостерігається тенденція до зниження температури відхідних газів нижче точки роси. Тобто фактично йдеться вже про глибоку утилізацію теплоти відхідних газів, коли використовується не тільки явне тепло (близько 7-8%), але і прихована теплота (біля 10%) пароутворення водяних парів, що містяться в димових газах.

Вказана утилізація теплоти може здійснюватись, як відомо, з застосуванням конденсаційних теплообмінних апаратів двох типів – контактних та поверхневих. З початку 90-х років в Україні все більш широке використання знаходять поверхневі апарати, що пов'язано з одного боку з цілим рядом їх переваг, а з другого – з удосконаленням техніки виробництва розвинутих компактних поверхонь нагрівання. З огляду на це актуальною є проблема дослідження процесів теплопередачі в умовах реалізації технології глибокого охолодження димових газів котлоагрегатів та створення на цій основі відповідного високоефективного обладнання з застосуванням поверхневих теплообмінних апаратів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема магістерської кваліфікаційної роботи відповідає науковому напрямку кафедри інженерних систем в будівництві Вінницького національного технічного університету – «Розробка енергоефективних систем теплогазопостачання, вентиляції і кондиціонування та іншого технологічного устаткування в галузі будівництва та цивільної інженерії» (державна реєстрація №01184000209).

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка варіанту проєктного рішення влаштування системи створення мікроклімату в приміщенні адміністративної будівлі.

Завданням даної роботи є:

- аналітичний огляд конструктивних рішень системи забезпечення мікроклімату адміністративної будівлі;
- виконати моделювання теплових режимів будівлі;
- виконати моделювання гідравлічних режимів системи вентиляції;
- здійснити підбір кліматичного обладнання;
- підібрати та визначити необхідні матеріали, механізми для монтажу системи;
- визначити тривалість монтажу системи вентиляції;
- виконати розрахунок техніко-економічних показників;
- розробити необхідні креслення проєктних пропозицій;
- навести рекомендації по охороні праці, безпеці виконанню монтажних робіт та експлуатації системи.

Об'єктом дослідження є система вентиляції та кондиціонування, приточно-витяжна установка а також утилізатор теплоти відхідних газів.

Предметом дослідження є аеродинамічні, тепломасообмінні процеси в системах вентиляції і кондиціонування адміністративної будівлі в місті Вінниця, а також розробка ефективної системи утилізації теплоти відхідних газів.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої в роботі мети використовувалися аналітичні методи дослідження. При аналітичному розв'язуванні задач рішення отримувались на основі розгляду енергетичних

балансів, термодинамічних показників ефективності, рівнянь тепломасообміну, метеорологічних даних, температури довкілля та іншої інформації.

Наукова новизна. За результатами аналізу сучасного стану енергоефективності удосконалено підходи до формування енергоефективної системи вентиляції та кондиціонування громадських будівель. Наукова новизна результатів роботи визначається сукупністю наукових положень, висновків і рекомендацій теоретичного, методичного і практичного характеру, спрямованих на вирішення проблеми підвищення енергоефективності кліматичних систем.

Практична значущість роботи

Проектування енергоефективних систем створення мікроклімату для адміністративних будівель має значний практичний вплив на будівельну галузь, експлуатацію споруд та економію енергоресурсів. Реалізація розроблених рішень дозволяє:

1. Зменшити енергоспоживання – впровадження сучасних систем регулювання температури, вентиляції та освітлення сприяє раціональному використанню енергоресурсів, що знижує витрати на опалення та електроенергію.
2. Підвищити комфорт перебування – створення оптимальних параметрів мікроклімату забезпечує сприятливі умови для продуктивної роботи працівників, що позитивно впливає на їхнє здоров'я та ефективність.
3. Знизити вплив на довкілля – використання екологічно чистих технологій та відновлюваних джерел енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів та екологічному балансу міського середовища.
4. Оптимізувати експлуатаційні витрати – автоматизація систем клімат-контролю дозволяє скоротити витрати на обслуговування та підвищити довговічність обладнання.
5. Інтегрувати інноваційні технології – застосування штучного інтелекту та "розумних" систем управління дозволяє автоматично адаптувати

параметри мікроклімату відповідно до зовнішніх умов та потреб користувачів.

Отримані результати та запропоновані інженерні рішення можуть бути використані для створення нових проектів адміністративних будівель, а також для модернізації існуючих споруд, що сприяє загальному розвитку енергоефективних технологій у будівельній галузі.

Апробація роботи. Основні положення даної роботи були предметом доповіді та обговорення на міжнародній науково технічній конференції [41].

Структура та обсяг роботи. Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку бібліографічних джерел, додатків. Основний матеріал викладено на 99 сторінках машинописного тексту.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ

1.1 Аналіз варіантів теплопостачання систем забезпечення мікроклімату

1.1.1 Система теплопостачання адміністративної будівлі

Система теплопостачання адміністративної будівлі складається з джерела виробництва теплової енергії, системи транспорту та власне споживача. Теплова енергія виробляється в котельній, транспортується і поступає в систему опалення будівлі (рис.1.1)[2]. Завданням даної роботи є підвищення ефективності використання цієї енергії.

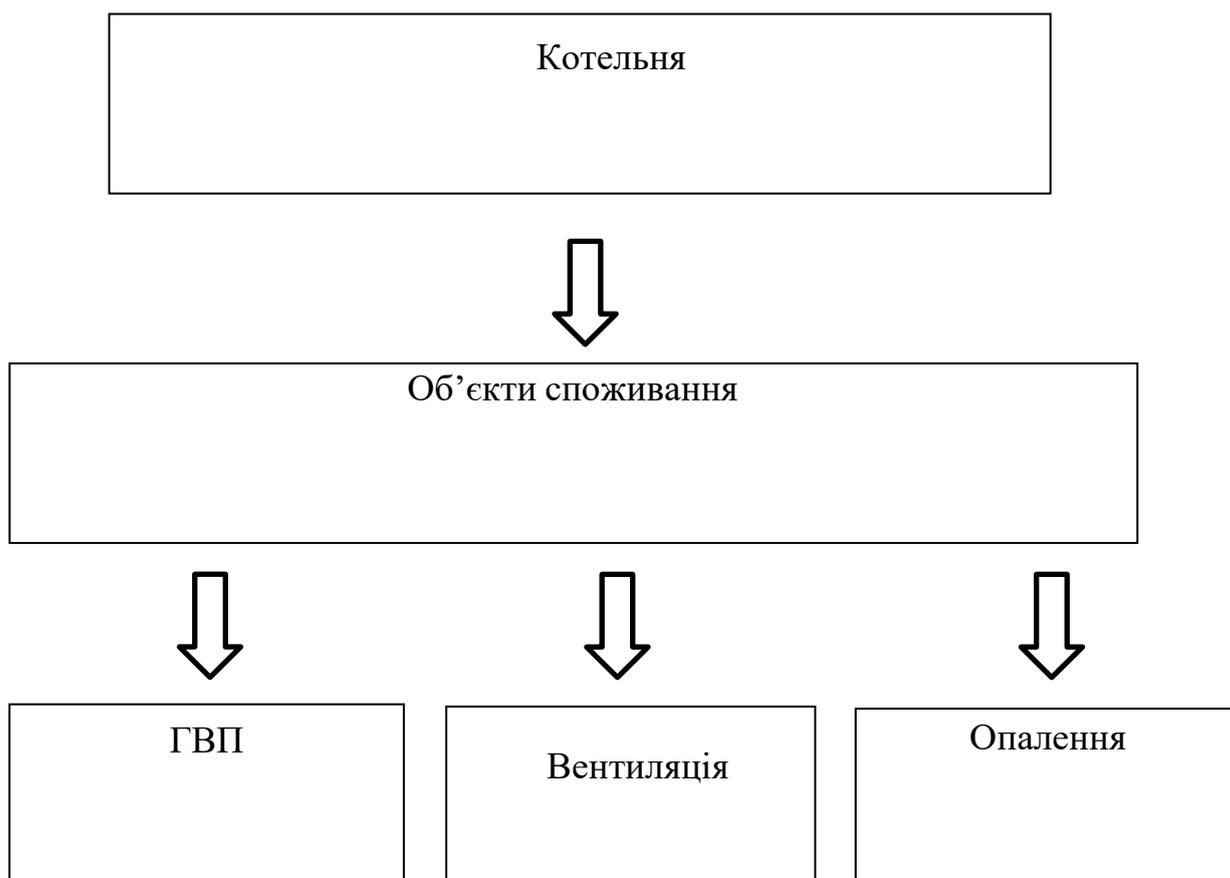


Рис. 1.1. Система теплопостачання будівлі

Далі розглядається джерело енергії – котельня та власне кінцевий споживач – система вентиляції, система опалення та гарячого

водопостачання. В системі транспорту теплової енергії ніяких змін не проводиться.

1.1.2 Призначення та характеристика котельні

Об'єктом проектування є система мікроклімату адміністративної будівлі. Водогрійна котельня є опалювальною і проектується виходячи з кількості теплоти, що відпускається на опалення, гаряче водопостачання з використанням теплоносія гарячої води з температурою 95/70°C (опалення) і 65...70°C (гаряче водопостачання). Водогрійні котли незалежно від місця їх встановлення призначені для підігріву води, яка використовується в теплофікаційних цілях.

Нагрівання мережної води здійснюється безпосередньо у водогрійних котлах. Відпуск теплоти здійснюється завдяки закритій системі теплопостачання.

При роботі котлоагрегатів можлива корозія поверхонь нагрівання внаслідок конденсації H_2O і SO_3 з димових газів на зовнішніх поверхнях труб. Щоб уникнути або зменшити її інтенсивність, температуру води на вході в котли необхідно підтримувати вище температури точки роси димових газів, причому мінімально допустима температура на вході в котли має бути не нижче 60°C при спалюванні природного газу.

Для запобігання зниження температури води в поворотних лініях теплових мереж до 60°C, в схемі передбачається подавання гарячої води на вхід котла (рециркуляція) за допомогою рециркуляційного насоса.

Для забезпечення розрахункової температури води на вході в теплові мережі при всіх режимах роботи котельної, крім максимального зимового, частина води з поворотної лінії після насоса спрямовується в подавальну магістраль системи через регулятор перепуску. Ця лінія називається перепускною.

Витікання води в тепловій мережі заповнюють водою для підживлення.

Щоб отримати гарячу воду на потреби гарячого водопостачання, у споживачів встановлюються проміжні підігрівники, які вмикаються в теплову мережу за паралельною схемою.

Недоліком даної схеми є те, що велика кількість теплоти викидається з димовими газами. Цей недолік можливо усунути, якщо використати їх теплоту. В основу теплофікації існуючих водогрійних котлів покладений найбільш поширений температурний графік роботи теплофікаційної системи 95 – 70°C, тобто котли розраховувались на нагрів води від 70 до 95°C [2].

1.1.3 Конденсаційний теплоутилізатор

Призначенням даного апарату є утилізація теплоти відхідних газів. В роботі передбачено використати теплоту відхідних газів водогрійного котла Buderus Logano GE615 за допомогою контактного апарату – форсуночної камери перехресно-токового розпилення води та двоступеневого зрошення. Особливістю цієї форсуночної камери є реалізація в ній двоступеневої перехресно-токової схеми руху теплоносіїв: води, яка нагрівається та відхідних газів котла, що охолоджуються.

Запропонований апарат (рис. 1.2) забезпечує процеси охолодження та осушення відхідних газів до температури 38-40 °C за рахунок високої інтенсифікації тепло- та масообмінних процесів між парогазовою сумішшю та водою зрошення[7]. Контактний спосіб охолодження газів дає можливість використати приховану теплоту пароутворення. За рахунок цього досягається значна економія теплоти, яка становить 12% від первинної теплотворної здатності палива.

Дослідження води, яка нагріта в різних за типом контактних апаратах показало, що її фізико-хімічні властивості суттєво не змінюються. Встановлено, що вода, яка нагріта контактним методом задовольняє санітарно-гігієнічним вимогам і може бути використана для господарських потреб.

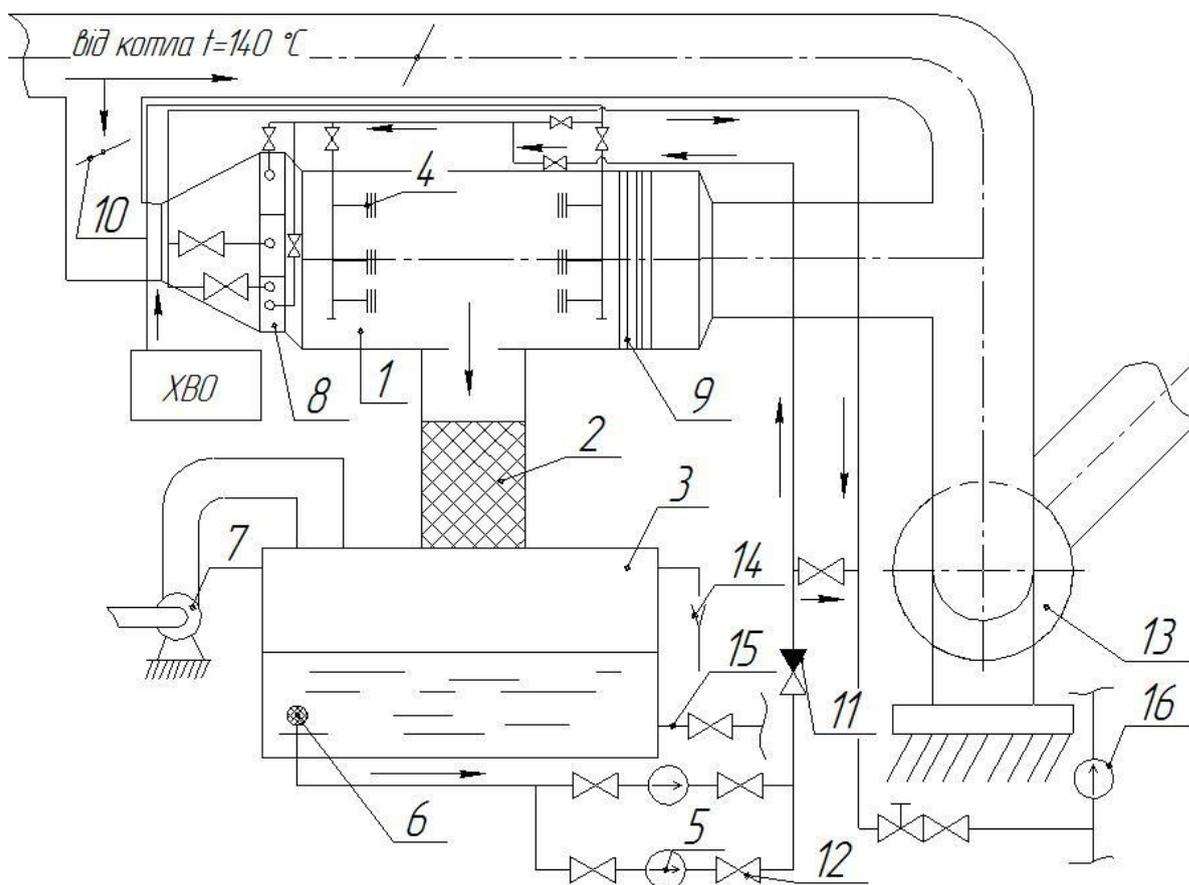


Рис. 1.2. Схема утилізації теплоти відхідних газів водогрійного котла Buderus Logano GE615:

- 1 – утилізатор (форсуночна камера); 2 – декарбонізатор;
- 3 – резервуар; 4 – форсуночні розпилювачі; 5 – насос;
- 6 – фільтр; 7 – вентилятор; 8 – калорифер; 9 – сепаратор;
- 10 – шибер; 11 – зворотній клапан; 12 – засувка;
- 13 – димосос; 14 – перелив; 15 – зливний трубопровід;
- 16 – насос мережі.

1.1.4 Приточно-витяжна установка

Система представляє собою сукупність вентиляційних каналів та підключений до них вентиляційний агрегат. Агрегат служить для рекуперації тепла. Рекуперація тепла чи зворотнє отримання тепла – це процес, при якому тепло забирається від повітря, що витягується і передається повітрю, що нагнітається. Процес проходить в рекуперативному теплообміннику таким чином, що викидне і свіже повітря максимально відокремлені один від одного, щоб не відбулося їх змішування.

Рекуператор (від лат. Rescuperator – одержує назад, який повертає) – пристрій, в якому використовується теплота газів, що відходять. Теплообмін між теплоносіями здійснюється безперервно через розділяє їх стінку, а напряму повітря в ньому не змінюється, на відміну від регенератора[12].

Однією з найбільш важливих характеристик рекуператорів є коефіцієнт ефективності рекуперації. Він являє собою співвідношення між максимально можливим отриманим теплом і теплом, отриманим в дійсності. Ефективність рекуператорів коливається в межах від 30 до 90%. Даний коефіцієнт залежить безпосередньо від виду рекуператора.

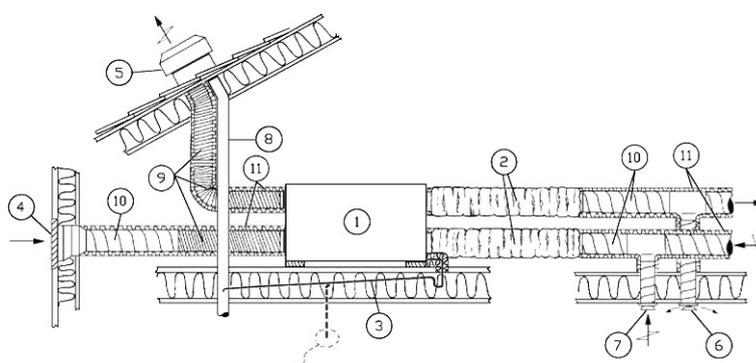


Рис. 1.3. Система вентиляції з утилізацією теплоти витяжного повітря:

1 – Агрегат; 2 – Шумоглушники; 3 – Дренаж конденсату з гідро затворів; 4 – Забір свіжого повітря; 5 – Викид витяжного повітря; 6 – Припливні дифузори в житлових приміщеннях; 7 – Витяжні клапани у вологих приміщеннях; 8 – Водовідведення, якщо встановлюється; 9 – Гнучкі повітроводи; 10 – Спірально-навивні повітроводи; 11 – Ізоляція повітроводів.

1.1.5 Абсорбційний чілер

Абсорбційні машини виробляють охолоджену воду, використовуючи як джерело тепла газ, пару або гарячу воду.

Використання чілерів, що володіють меншими вібраціями і шумом, малим споживанням енергії як для роботи, так і для обслуговування, відкриває безліч можливостей їх застосування в різних галузях.

За рахунок використання поєднання електричних і абсорбційних холодильних установок для систем повітряного кондиціонування, знижується навантаження на центральну електричну підстанцію в періоди максимального споживання електроенергії. Абсорбційний модуль використовується для обмеження максимального електричного навантаження в літній період. При цьому робота електричної холодильної установки з потужністю нижче призначеної межі споживання дозволяє платити за зниженим тарифом і забезпечує протягом року значну економію.

Переваги абсорбційних чілерів:

- забезпечують максимальну економію електроенергії в періоди пікових навантажень;
- дозволяють розподілити навантаження в умовах максимальної потреби в холоді;
- не становлять небезпеку для озонового шару, оскільки не містять холодоагентів, що руйнують озон;
- відрізняються зниженим рівнем шуму і вібрації. У абсорбційних холодильних установках не застосовуються великі компресори з електродвигунами;
- мала площа розміщення.

1.2 Багатоваріантний аналіз використання теплообмінника в системі приточно-витяжної вентиляції.

1.2.1 Вимоги теплообмінників та їх характеристика

До числа загальних вимог до теплообмінників можна віднести наступне.

а) дотримання умов технічного режиму в цілях збереження високої якості виготовленого продукту особливо важливо дотримуватись температурного режиму.

б) висока продуктивність і, відповідно, інтенсифікація теплообміну, яка досягається підвищенням коефіцієнта теплопередачі та збільшенням усередненої різниці температур.

в) висока економічність, для яких першочергове значення має вибір теплоносія та їх параметрів з тим щоб використання цих теплоносіїв було пов'язане з мінімальними витратами палива. Дуже важливе значення набуває використання вторинних теплових ресурсів (відхідних газів, відпрацьованих або вторинних парів, гарячої води).

г) надійність на безпечність устаткування, яке досягається можливістю регулювання температурного режиму процесу, зручність контролю, дотримання умов техніки безпеки.

д) раціональне оформлення апаратури, досягнення простотиконструкції, компактності приладу, економії металу, зручність монтажу, ремонту, експлуатації.

Важливими характеристиками теплообмінників є:

- ефективний теплообмін;
- компактність – результат високої ефективності теплообмінників.

Зниження ваги та об'єму на 65-85% в порівнянні з трубчастими теплообмінниками забезпечує велику свободу в проєктуванні та знижує монтажні затрати.

- низька втрата тиску при проходженні рідини крізь теплообмінник дозволяє зменшити потрібний напір циркуляційних насосів, споживану ними потужність, діаметри трубопроводів, запірно-регулюючої арматури і

відповідно знизити вартість допоміжного обладнання та зменшити споживання енергії;

– здатність до самоочищення завдяки високій турбулентності потоків і гладкої поверхні пластин. Суттєво зменшується схильність до забруднення, збільшується час роботи систем та скорочуються затрати на простій;

– зручність та простота в експлуатації забезпечується вільним доступом до будь якої пластини в пакеті, швидкої механічної чи хімічної очистки, легкою заміною прокладок при необхідності. Це економить час, кошти та полегшує працю [8].

1.2.2 Вибір теплопередаючої поверхні

Необхідність в малогабаритних та легких теплообмінниках призвела до розробки великої кількості поверхонь теплообміну, які відрізняються значно більшою компактністю, ніж будь-які інші практично можливі теплообмінники з круглими трубами. Крім того, характеристики багатьох таких поверхонь відрізняються в кращу сторону від характеристик поверхонь, які створені трубами круглого перерізу.

В задачу розрахунку теплообмінника входить визначення теплових потоків між теплоносіями та потужності джерела механічної енергії, що витрачається на подолання сил тертя і опору, які виникають в наслідок руху рідини через теплообмінник.

Для теплообмінників, що працюють на рідинах з великою густиною, затрати енергії на подолання сил тертя зазвичай менші, порівняно з тепловими навантаженнями поверхні, в наслідок чого вплив затрат потужності на подолання тертя рідко є визначним. Проте в теплообмінниках, що працюють на рідинах з малою густиною, наприклад на газах, затрати механічної енергії на подолання сили тертя можуть досягнути величини, близької до кількості енергії, що передається у вигляді тепла.

В компактних теплообмінниках «газ-газ» бажано мати сильно розвинену поверхню зі сторони обох теплоносіїв. Теплообмінник нагадує

пакет із плоских пластин, між якими знаходяться ребра, що їх з'єднують. Обидва теплоносії рухаються між парами пластин, які чергуються, при чому теплоносії можуть рухатись протитоком або перехресним током, що розширює можливості застосування даної конструкції [5].

Найпростішою та найбільш розповсюдженою конструкцією теплообмінної поверхні для теплообмінника з двома теплоносіями є пучок круглих труб (рис.1.4).

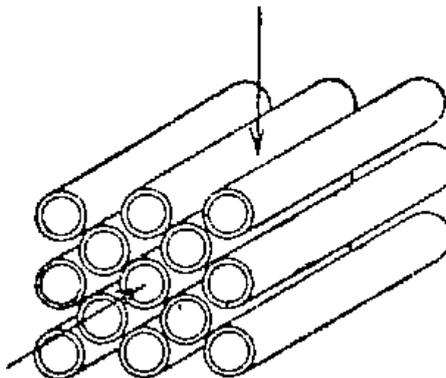


Рис.1.4. Пучок круглих труб

Така конструкція застосовується для рідин з високою та малою густиною, але існує лише один спосіб для збільшення компактності, який полягає у зменшенні діаметру трубок.

Ефективний спосіб збільшення компактності полягає у використанні вторинних поверхонь, або ребер, зі сторони одної чи обох рідин. Наступна поверхня утворена за допомогою круглих ребер, які укріплені на зовнішній поверхні круглих труб (рис.1.5).

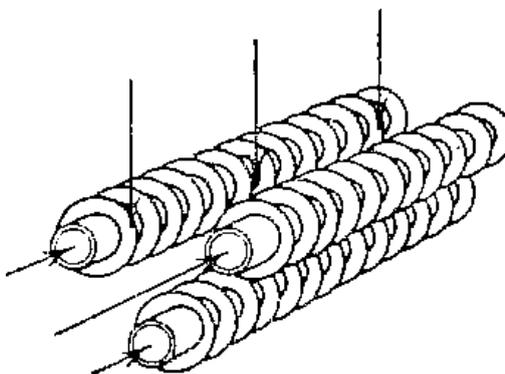


Рис. 1.5. Оребрені труби

Така конструкція часто використовується в теплообмінниках «газ-рідина», в яких при оптимальній конструкції поверхня зі сторони газів має бути максимальною.

Інший відомий варіант з ребренними трубками полягає у використанні плоских трубок (рис.1.6).

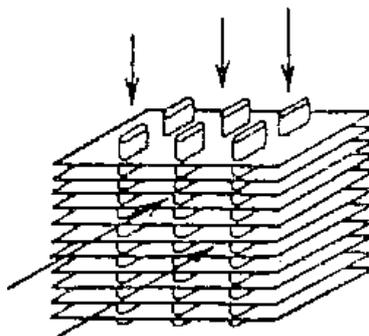


Рис. 1.6. Плоскі трубки

В компактних теплообмінниках «газ-газ» бажано мати сильно розвинену поверхню зі сторони обох теплоносіїв. Теплообмінник нагадує пакет із плоских пластин, між якими знаходяться ребра, що їх з'єднують (рис.1.7).

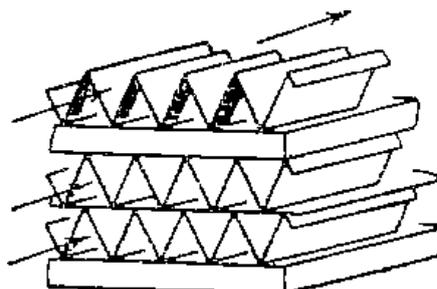


Рис. 1.7. Пакет плоских пластин

Обидва теплоносія рухаються між паралелями пластин, що чергуються, при чому рух теплоносіїв може бути проточним або перехрестним, що розширює можливості використання даної конструкції.

Наступний варіант конструкції полягає у використанні конструкції ребер, що змінює теплові та гідравлічні характеристики (рис.1.8).

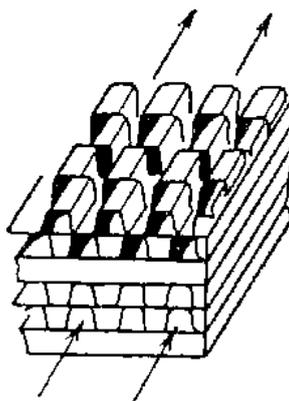


Рис. 1.8. Преривчасті ребра

В теплообміннику періодичної дії енергія передається конвекцією та акумулюється в насадці (рис.1.9), від якої згодом віддається іншій рідині.

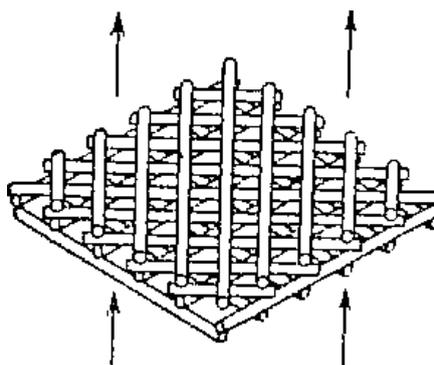


Рис. 1.9. Насадка

Зробивши класифікацію теплообмінників та теплопередаючих поверхонь обираємо пластинчастий теплообмінник (рис.1.10) для системи вентиляції з утилізацію теплоти.

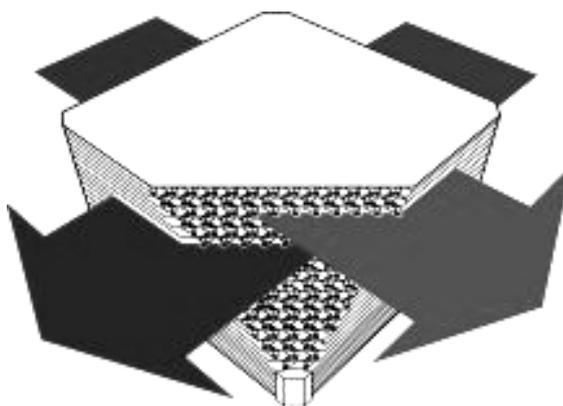


Рис. 1.10. Пластинчастий теплообмінник

1.2.3 Доцільність використання повітря повітряного пластинчастого теплообмінника для утилізації теплоти вентиляційного повітря

Витяжне повітря – це джерело низькопотенційної теплоти, яким зазвичай нехтують при розробці теплової схеми. Проте використання цієї енергії дає змогу значно зменшити затрати теплової енергії на підігрів повітря в будівлі.

При утилізації теплоти витяжного повітря у вентиляційних системах можна використовувати різні схеми. Зокрема це може бути встановлення теплового насосу або роторного теплообмінника. Проте ці схеми значно дорожчі у впровадженні. Для побутових цілей доцільніше використовувати пластинчастий рекуперативний теплообмінник. Варіант конструкції апарату вказаний нижче (рис.1.11).

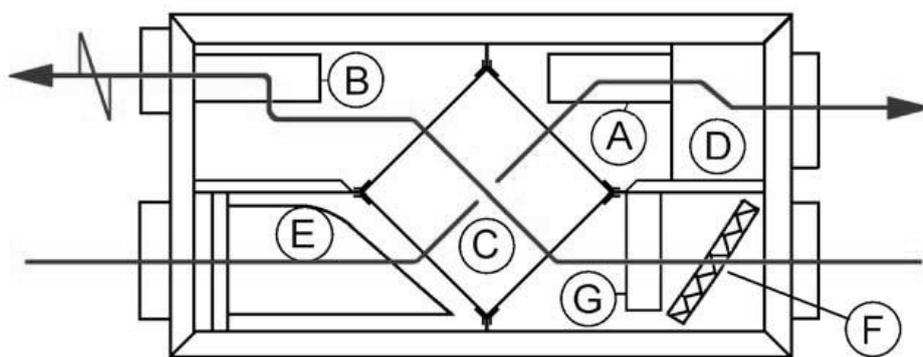


Рис. 1.11. Вентиляційний агрегат з утилізацією теплоти

- A – приточний вентилятор; B – витяжний вентилятор;
- C – пластинчастий теплообмінник перехресного току;
- D – електричний повітропідігрівник;
- E – фільтр свіжого повітря; F – фільтр витяжного повітря; G – електричний повітропідігрівник

Перехресно-точний або пластинчастий рекуператор являє собою касету, в якій витяжне та припливне повітря проходять по каналах, що розділені листами оцинкованої сталі. Обидва потоки не змішуються, але відбувається неминучий теплообмін за рахунок одночасного нагрівання й охолодження пластин з різних сторін. Пластинчастий рекуператор є одним з найпоширеніших завдяки своїй дешевизні і компактній конструкції. Також є ймовірність обмерзання рекуператора з боку витяжки при дуже низьких зовнішніх температурах, тому що в витяжних каналах постійно утворюється конденсат [11].

1.3 Аналіз теплових режимів системи тепlopостачання будівлі

1.3.1 Розрахунки теплової схеми котельні для опалювального періоду

Температура води в прямому трубопроводі теплової мережі в тепловому пункті

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{к}}'' - \Delta t. \quad (1.1)$$

де Δt – зміна температури внаслідок втрат теплоти на подавальній лінії. У даному випадку $\Delta t = 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$t_{\text{пр}} = 95 - 5 = 90 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температура води в зворотному трубопроводі в тепловому пункті

$$t_{\text{зв}} = t_{\text{к}}' + \Delta t. \quad (1.2)$$

$$t_{\text{зв}} = 70 + 5 = 75 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Витрата води на підігрівник ГВП

$$G_{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{[c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{пр}} - t_{\text{зв}})]}, \quad (1.3)$$

де $c_{\text{в}}$ - теплоємність води, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

$$G_{\text{ГВП}} = \frac{0,4 \cdot 1000}{[4,19 \cdot (90 - 75)]} = 6,36 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води на опалення

$$G_{\text{оп}} = \frac{Q_{\text{оп}}}{[c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{гр}} - t_{\text{зв}})]}, \quad (1.4)$$

$$G_{\text{оп}} = \frac{1,5 \cdot 1000}{[4,19 \cdot (90 - 75)]} = 23,8 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води на вентиляцію

$$G_{\text{вент}} = \frac{Q_{\text{вент}}}{[c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{гр}} - t_{\text{зв}}) \eta_{\text{то}}]}, \quad (1.5)$$

де $\eta_{\text{то}}$ - ККД теплообмінника, $\eta_{\text{то}} = 0,8$.

$$G_{\text{вент}} = \frac{0,4 \cdot 1000}{[4,19 \cdot (90 - 75) \cdot 0,8]} = 7,96 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережної води

$$G_{\text{тм}} = G_{\text{гвп}} + G_{\text{оп}} + G_{\text{вент}}. \quad (1.6)$$

$$G_{\text{тм}} = 6,36 + 23,8 + 7,96 = 35,12 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції ГВП

$$G_{\text{РЕЦГВП}} = G_{\text{ГВП}} \frac{t_{\text{к}}'' - t_{\text{гр}}}{t_{\text{к}}'' - t}, \quad (1.7)$$

$$G_{\text{РЕЦГВП}} = 6,36 \cdot \frac{95 - 90}{95 - 75} = 1,59 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції опалення

$$G_{\text{РЕЦОП}} = G_{\text{ОП}} \frac{t''_{\text{К}} - t_{\text{ІП}}}{t''_{\text{К}} - t}, \quad (1.8)$$

$$G_{\text{РЕЦОП}} = 23,8 \cdot \frac{95 - 90}{95 - 75} = 5,95 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції вентиляції

$$G_{\text{РЕЦВЕНТ}} = G_{\text{ВЕНТ}} \frac{t''_{\text{К}} - t_{\text{ІП}}}{t''_{\text{К}} - t}, \quad (1.9)$$

$$G_{\text{РЕЦВЕНТ}} = 7,96 \cdot \frac{95 - 90}{95 - 7} = 2,65 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в гребінці ГВП

$$G_{\text{ГРЕБГВП}} = G_{\text{ГВП}} - G_{\text{РЕЦГВП}}, \quad (1.10)$$

$$G_{\text{ГРЕБГВП}} = 6,36 - 1,59 = 4,77 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в гребінці опалення

$$G_{\text{ГРЕОП}} = G_{\text{ОП}} - G_{\text{РЕЦОП}}, \quad (1.11)$$

$$G_{\text{ГРЕОП}} = 23,8 - 5,96 = 17,84 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в гребінці вентиляції

$$G_{\text{ГРЕБВЕНТ}} = G_{\text{ВЕНТ}} - G_{\text{РЕЦВЕНТ}}, \quad (1.12)$$

$$G_{\text{ГРЕБВЕНТ}} = 7,96 - 2,65 = 5,31 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата додаткової води

$$G_{\text{ДВ}} = \alpha_{\text{ВТР}} \cdot (G_{\text{ГВП}} + G_{\text{ОП}} + G_{\text{ВЕНТ}}), \quad (1.13)$$

де $\alpha_{\text{ВТР}}$ - частка втрат мережної води, пов'язаних з витіканням води в мережах.

$$G_{\text{ДВ}} = 0,01 \cdot (6,36 + 23,8 + 7,96) = 0,381 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед мережним насосом

$$t_{\text{ГР}} = \frac{[G_{\text{ДВ}} \cdot t_{\text{СВ}} + G_{\text{ГРЕБГВП}} \cdot t_{\text{ЗВГВП}} + G_{\text{ГРЕБОП}} \cdot t_{\text{ЗВОП}} + G_{\text{ГРЕБВЕНТ}} \cdot t_{\text{ЗВВЕНТ}}]}{G_{\text{ДВ}} + G_{\text{ГРЕБГВП}} + G_{\text{ГРЕОП}} + G_{\text{ГРЕБВЕНТ}}}, \quad (1.14)$$

$$t_{\text{ГР}} = \frac{[0,381 \cdot 5 + 4,77 \cdot 70 + 17,84 \cdot 70 + 5,31 \cdot 70]}{0,381 + 4,77 + 17,84 + 5,31} = 69,26 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції

$$G_{\text{РЕЦ}} = \frac{(t'_{\text{К}} - t_{\text{ГР}})}{(t'_{\text{К}} - t_{\text{ГР}})} \cdot G_{\text{ТМ}}, \quad (1.15)$$

$$G_{\text{РЕЦ}} = \frac{(70 - 69,67)}{(95 - 69,67)} \cdot 35,12 = 0,46 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води з гребінки на котел

$$G_{\text{НАСОСА}} = G_{\text{КОТЛА}} - G_{\text{РЕЦ}}, \quad (1.16)$$

$$G_{\text{НАСОСА}} = 35,12 - 0,46 = 34,66 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність котельні

$$Q_K = G_{\text{ТМ}} \cdot c_{\text{В}} \cdot (t''_K - t'_K) \cdot 10^{-3}, \quad (1.17)$$

$$Q_K = 35,12 \cdot 4,19 \cdot (95 - 70) = 2207 \text{ (кВт)}.$$

Витрата умовного та робочого палива в котлі

$$B_y = \frac{Q_K}{(Q_{\text{НУ}}^p \cdot \eta)}, \quad (1.18)$$

$$B_y = \frac{2,4}{(29,3 \cdot 0,92)} = 0,089 \text{ (кг/с)},$$

$$B_p = \frac{Q_K}{(Q_{\text{Н}}^p \cdot \eta)}, \quad (1.19)$$

$$B_p = \frac{2,4}{(33,4 \cdot 0,92)} = 0,078 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{КОТ}} = \frac{(Q_{\text{ОП}} + Q_{\text{ГВП}} + Q_{\text{ВЕНТ}})}{(B_y \cdot Q_{\text{НУ}}^p)}, \quad (1.20)$$

1.3.2 Розрахунки теплової схеми котельні для середньоопалювального періоду

Розрахунок теплової схеми для середньоопалювального періоду проводиться за аналогічними формулами, що й для максимальноопалювального режиму роботи котельні.

Результати розрахунку теплової схеми водогрійної котельні в середньоопалювальний та міжопалювальний режим роботи наведені нижче.

За весь період зими часто змінюється температура навколишнього середовища, тобто зовнішня температура повітря піднімається та знижується. Тому, для покращення внутрішніх умов у приміщенні перераховують температури в прямому і зворотньому трубопроводах. Це впливає на зміну потужності опалення, а також витрати палива.

Потужність середньоопалювального періоду

$$\frac{Q'_0}{Q_0} = \frac{t_{\text{вн}} - t'}{t_{\text{вн}} - t_{30}}, \quad (1.21)$$

$$\frac{Q'_0}{Q_0} = \frac{18 + (-1)}{18 - (-21)} = 0,43 \quad (1.22)$$

де $t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $t_{\text{вн}} = 20$ (°C);

t' – середня температура опалювального періоду, $t' = 0,4$ (°C);

t_{30} – температура зовнішнього повітря, $t_{30} = -21$ (°C).

$$Q'_0 = 0,43 \cdot 60 = 26,15.$$

Температурний напір опалювального приладу в розрахунковому режимі

$$\Delta t_0 = \frac{(t_{10} + t_{20})}{2} - t_{\text{вн}} [\text{°C}], \quad (1.23)$$

де t_{10} – температура в подавальному трубопроводі, при використанні елеватора, $t_{10} = 95(^{\circ}\text{C})$;

τ_{20} – температура в зворотньому трубопроводі, $\tau_{20} = 70(^{\circ}\text{C})$.

Перепад температур мережної води

$$\Delta t_0 = \frac{(95 + 70)}{2} - 18 = 64,5^{\circ}\text{C}.$$

де τ_{10} – температура в прямому трубопроводі, $\tau_{10} = 110(^{\circ}\text{C})$.

$$\Delta \tau_0 = \tau_{10} - \tau_{20} \quad [^{\circ}\text{C}], \quad (1.24)$$

$$\Delta \tau_0 = 95 - 70 = 25 \quad (^{\circ}\text{C}).$$

Перепад температур води в опалювальній системі

$$\Theta = t_{10} - \tau_{20}, [^{\circ}\text{C}], \quad (1.25)$$

$$\Theta = 95 - 70 = 25 \quad (^{\circ}\text{C}).$$

$$\frac{G_0}{G'_0} = \frac{Q'_0/Q_0}{1 + \frac{\Delta t_0}{\Delta \tau_0 - 0,5 \times \Theta} \times (1 - (Q'_0/Q_0)^n)}. \quad (1.26)$$

$$\frac{G_0}{G'_0} = \frac{0,43}{1 + \frac{64,5}{40 - 0,5 \times 25} \times (1 - (0,43)^{0,8})} = 0,23.$$

Температура в прямому трубопроводі мережі

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{вр}} + \Delta t_0 \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0}\right)^{0,8} + (\Delta \tau_0 - 0,5 \cdot \Theta_0) \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0}\right) / \left(\frac{G'_0}{G_0}\right), \quad (1.27)$$

$$t_{\text{пр}} = 18 + 64,5 \cdot (0,43)^{0,8} + (40 - 0,5 \cdot 25) \cdot (0,43 / 4,34) = 64,96 \quad (^{\circ}\text{C}).$$

Температура в зворотньому трубопроводі

$$t_{зв} = t_{вн} + \Delta t_0 \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0}\right)^{0,8} - 0,5 \cdot \Theta_0 \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0}\right) / \left(\frac{G'_0}{G_0}\right), \quad (1.28)$$

$$t_{зв} = 18 + 64,5 \cdot (0,43)^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot (0,43 / 4,34) = 49,59 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Початкові дані для середньоопалювального періоду:

Температура води в прямому трубопроводі на виході з котельні

$$t_{пр} = 65 \text{ }^\circ\text{C};$$

Температура води в зворотньому трубопроводі на вході в котельню

$$t_{зв} = 50 \text{ }^\circ\text{C};$$

Температура сирі води $t_{св} = 5 \text{ }^\circ\text{C};$

Теплова потужність опалення $Q_{оп} = 1 \text{ МВт};$

Теплова потужність гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 0,4 \text{ МВт};$

Теплова потужність на систему вентиляції $Q_{вент} = 0,3 \text{ МВт};$

Нижня теплота згорання природнього газу $Q_{нр} = 33,1 \text{ МДж/м}^3;$

ККД котла $\eta = 92\%.$

Витрата води на підігрівник ГВП

$$G_{гвп} = \frac{0,4 \cdot 1000}{[4,19 \cdot (65 - 50)]} = 6,36 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води на опалення

$$G_{оп} = \frac{1 \cdot 1000}{[4,19 \cdot (65 - 50)]} = 15,91 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води на вентиляцію

$$G_{вент} = \frac{0,3 \cdot 1000}{[4,19 \cdot (65 - 50) \cdot 0,8]} = 5,97 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережної води

$$G_{TM} = 6,36 + 15,91 + 5,97 = 28,24 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції ГВП

$$G_{РЕЦГВП} = 6,36 \cdot \frac{70 - 65}{70 - 50} = 1,59 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції опалення

$$G_{РЕЦОП} = 15,91 \cdot \frac{70 - 65}{70 - 50} = 3,98 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції вентиляції

$$G_{РЕЦВЕНТ} = 5,97 \cdot \frac{70 - 65}{70 - 50} = 1,49 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в гребінці ГВП

$$G_{ГРЕБГВП} = 6,36 - 1,59 = 4,77 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в гребінці опалення

$$G_{ГРЕБОП} = 15,91 - 3,98 = 11,93 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в гребінці вентиляції

$$G_{ГРЕБВЕНТ} = 5,97 - 1,49 = 4,48 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата додаткової води

$$G_{ДВ} = 0,01 \cdot (6,36 + 15,91 + 5,97) = 0,282 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в гребінці опалення

$$G_{ГРЕБОП} = 15,91 - 3,98 = 11,93 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед мережним насосом

$$t_{ГР} = \frac{[0,282 \cdot 5 + 4,77 \cdot 50 + 11,93 \cdot 50 + 4,48 \cdot 50]}{0,282 + 4,77 + 11,93 + 4,48} = 49,41 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції

$$G_{РЕЦ} = \frac{(50 - 49,41)}{(65 - 49,41)} \cdot 28,24 = 1,07 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води з гребінки на котел

$$G_{НАСОСА} = 28,24 - 1,07 = 27,11 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність котельні

$$Q_K = 28,24 \cdot 4,19 \cdot (65 - 50) = 1775 \text{ (МВт)}.$$

Витрата умовного та робочого палива в котлі

$$B_y = \frac{1,77}{(29,3 \cdot 0,92)} = 0,066 \text{ (кг/с)},$$

$$B_p = \frac{1,7}{(33,4 \cdot 0,92)} = 0,055 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

ККД котельні

$$\eta_{КОТ} = \frac{(1 + 0,4 + 0,3)}{(0,066 \cdot 29,3)} = 0,879.$$

1.3.3 Розрахунок теплової схеми котельні для міжопалювального періоду

В міжопалювальний період працює котельня тільки на виробництво гарячої води.

Початкові дані для між опалювального періоду:

Температура води в прямому трубопроводі на виході з котельні
 $t_{\text{пр}} = 65^{\circ}\text{C}$;

Температура води в зворотному трубопроводі на вході $t_{\text{зв}} = 55^{\circ}\text{C}$;

Температура сирі води $t_{\text{св}} = 10^{\circ}\text{C}$;

Теплова потужність гарячого водопостачання $Q_{\text{ГВП}} = 0,4 \text{ МВт}$;

Нижня теплота згорання природнього газу $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 33,4 \text{ МДж/м}^3$;

ККД котла $\eta = 92\%$.

Витрата води на підігрівник ГВП

$$G_{\text{ГВП}} = \frac{0,4 \cdot 1000}{[4,19 \cdot (65 - 55)]} = 9,55 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережної води

$$G_{\text{ТМ}} = 9,55 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції ГВП

$$G_{\text{РЕЦГВП}} = 9,55 \cdot \frac{65 - 55}{65 - 50} = 6,37 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в гребінці ГВП

$$G_{\text{ГРЕБГВП}} = 9,55 - 6,37 = 3,18 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата додаткової води

$$G_{\text{ДВ}} = 0,01 \cdot 9,55 = 0,01 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед мережним насосом

$$t_{\text{ГР}} = \frac{[0,01 \cdot 10 + 9,55 \cdot 55]}{0,01 + 9,55} = 54,9 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції

$$G_{\text{рец}} = \frac{(55 - 54,9)}{(65 - 54,9)} \cdot 9,55 = 0,01 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води з гребінки на котел

$$G_{\text{НАСОСА}} = 9,55 - 0,01 = 9,54 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність котельні

$$Q_K = 9,55 \cdot 4,19 \cdot (65 - 55) = 400 \text{ (кВт)}.$$

Витрата умовного та робочого палива в котлі

$$B_y = \frac{0,4}{(29,3 \cdot 0,92)} = 0,015 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right),$$

$$B_p = \frac{0,4}{(33,4 \cdot 0,92)} = 0,013 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{(1 + 0,4 + 0,3)}{(0,066 \cdot 29,3)} = 0,879.$$

Таким чином був проведений перевірений розрахунок існуючої теплової схеми адміністративної будівлі. Проте використавши активні методи енергозбереження можна досягнути ще більш економічної роботи котельні.

1.4 Розрахунок системи утилізації теплоти відхідних газів

1.4.1 Розрахунок об'ємів повітря та продуктів спалювання природнього газу.

За умовою завдання паливо – природній газ.

Характеристики палива :

– $\text{CH}_4 = 92,9\%$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,3\%$; $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,1\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,1\%$; $\text{CO}_2 = 3,2\%$;

$\text{N}_2 = 3,4\%$.

Робочі параметри котла:

- теплопродуктивність - 1,11 МВт;
- температура котлової води - $t_k=95-70^\circ\text{C}$;
- температура холодного повітря - $t_{хп}=20^\circ\text{C}$;
- температура відхідних газів - $t_{вг}=165^\circ\text{C}$.

При тепловому розрахунку водогрійного котла визначаються теоретичні та дійсні об'єми повітря і продуктів згоряння.

Присмоктування повітря в газоходах в даному водогрійному котлі не відбувається.

За умовою приймаємо коефіцієнт надлишку повітря $\alpha=1,1$.

Теплота згорання палива

$$Q_H^p = 108 \cdot H + 126 \cdot CO + 234 \cdot H_2S + 358 \cdot CH_4 + 591 \cdot C_2H_4 + 638 \cdot C_2H_6 + 860 \cdot C_3H_6 + 913 \cdot C_3H_8 + 1135C_4H_8 + 1187 \cdot C_4H_{10} + 1461 \cdot C_5H_{12} + 1403 \cdot C_6H_6. \quad (1.29)$$

$$Q_H = 358 \cdot 92,9 + 638 \cdot 0,3 + 913 \cdot 0,1 + 1187 \cdot 0,1 = 33659,6 \text{ (кДж/м}^3\text{)}.$$

Теоретичний об'єм повітря, необхідний для повного згорання палива

$$V^0 = 0,0476 \cdot [0,5 \cdot (H + CO) + 1,5 \cdot H_2S + \Sigma(m + n/4) \cdot C_mH_n - O]. \quad (1.30)$$

$$V^0 = 0,0476 \cdot [0,5 \cdot (0) + 1,5 \cdot 0 + (1+4/4) \cdot 92,9 + (2+6/4) \cdot 0,3 + (3+8/4) \cdot 0,1 + (4+10/4) \cdot 0,1 - 0] = 8,9488 \text{ (м}^3\text{/ м}^3\text{)}.$$

Теоретичний об'єм азоту в продуктах згорання при спалюванні палива

$$V_{N_2}^o = 0,01 \cdot N + 0,79 \cdot V^0. \quad (1.31)$$

$$V_N^o = 0,01 \cdot 3,4 + 0,79 \cdot 8,9488 = 7,104 \text{ (м}^3\text{/ м}^3\text{)}.$$

Об'єм трьохатомних газів при згорянні палива

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot [CO + H_2S + \Sigma(m \cdot C_mH_n) + CO_2]. \quad (1.32)$$

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot [0+0+1 \cdot 92,9+2 \cdot 0,3+3 \cdot 0,1+4 \cdot 0,1+3,2]=0,974 \text{ (м}^3/\text{м}^3\text{)}.$$

Теоретичний об'єм водяних парів при спалюванні газу

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot [H + H_2S + \Sigma(n/2) \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_r] + 0,0161 \cdot V^0. \quad (1.33)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot [0+0+(4/2) \cdot 92,9+(6/2) \cdot 0,3+(8/2) \cdot 0,1+(10/2) \times \\ \times 0,1+0,0124 \cdot 10]+0,0161 \cdot 8,9488=2,02 \text{ (м}^3/\text{м}^3\text{)}$$

Визначаємо дійсний об'єм водяних парів за формулою

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha-1)V^0 \quad (1.34)$$

$$V_{H_2O} = 2,02+0,0161 \cdot (1,1-1) \cdot 8,9488=2,0344 \text{ (м}^3/\text{м}^3\text{)}.$$

Дійсний об'єм азоту

$$V_{N_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha-1)V^0. \quad (1.35)$$

$$V_{N_2} = 7,104+(1,1-1) \cdot 8,9488=7,9988 \text{ (м}^3/\text{м}^3\text{)}.$$

Дійсний сумарний об'єм продуктів згоряння

$$V_{\Gamma} = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} \quad (1.36)$$

$$V_{\Gamma} = 0,974+7,9988+2,0344=11,00728 \text{ (м}^3/\text{м}^3\text{)}$$

Об'ємна частка трьохатомних газів і водяних парів, а також сумарну об'ємну частку за формулами

$$r_{RO_2} = V_{RO} / V_{\Gamma}. \quad (1.37)$$

$$r_{RO_2} = 0,974/11,00728 = 0,08848.$$

Об'ємна частка водяних парів

$$r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_{\Gamma}. \quad (1.38)$$

$$r_{H_2O} = 2,0344/11,00728=0,1848.$$

Сумарна об'ємна частка триатомних газів

$$r_{\Pi} = r_{RO} + r_{H_2O} \quad (1.39)$$

$$r_{\Pi} = 0,08848+0,1848=0,27328.$$

Характеристика продуктів згорання в газоходах котла приведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристика продуктів згорання в газоходах котла

| Найменування величини | Розмірність | Найменування газоходів |
|--|--------------------------------|-----------------------------|
| | | Топка та конвективний пучок |
| Коефіцієнт надлишку повітря за газоходом α'' | --- | 1,1 |
| Коефіцієнт надлишку повітря середній α_{cp} | --- | 1,1 |
| Об'єм водяної пари, V_{H_2O} | м ³ /м ³ | 2,0344 |
| Об'єм димових газів, V_{Γ} | м ³ /м ³ | 11,00728 |
| Об'ємна частка триатомних газів, $r_{RO_2} = V_{RO_2}/V_{\Gamma}$ | --- | 0,08848 |
| Об'ємна частка водяної пари, $r_{H_2O} = V_{H_2O}/V_{\Gamma}$ | --- | 0,1848 |
| Сумарна частка триатомних газів, $r_{\Pi} = r_{RO_2} + r_{H_2O}$ | --- | 0,27328 |

1.5 Розрахунок приточно-витяжної установки

Визначимо кількість повітря, яке необхідно видалити з приміщення у розрахунку на $n=600$ чоловік.

Розраховуємо об'ємну витрату повітря

$$V_n = n \cdot v \left[\frac{\text{м}^3}{\text{ГОД}} \right], \quad (1.40)$$

де v – об'єм повітря необхідний людині, $\text{м}^3/\text{год}$;

Об'єм повітря в розрахунку на одну людину приймається $40 \text{ м}^3/\text{год}$.

$$V_n = 600 \cdot 40 = 24000 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{ГОД}} \right).$$

Масова витрата повітря

$$G = V_n \cdot \rho \left[\frac{\text{КГ}}{\text{ГОД}} \right],$$

де ρ – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Густина повітря $\rho=1,226 \text{ кг}/\text{м}^3$ при температурі повітря $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$G = 24000 \cdot 1,226 = 29424 \left(\frac{\text{КГ}}{\text{ГОД}} \right).$$

Відповідно до цих даних буде обиратися дві вентиляційні установки по $12000 \text{ м}^3/\text{год}$ кожна.

Вихідні дані для розрахунку:

витрата витяжного повітря $G = 4,087 \text{ (кг/с)}$.

Зі сторони обох теплоносіїв обираємо пластинчасто-ребристу поверхню з жалюзійними ребрами ЖР-14.

Сторона повітря, що нагрівається:

температура на вході в теплообмінник, $t_{x1} = -5 \text{ (}^\circ\text{C)}$;

тиск на вході (абсолютний), $P_x = 1 \text{ атм}$.

Сторона повітря, що гріє:

температура повітря на вході з теплообмінник $t_{T1} = 18^{\circ}\text{C}$;

тиск на вході (абсолютний), $P_x = 1,05$ атм.

Таблиця 1.2 – Теплопередаюча поверхня ЖР-14 [6]

| Назва | Позначення | Величина |
|--|------------|---------------------------------|
| Тип поверхні | ЖР-14 | – |
| Відстань між пластинами | b | 6,35 мм |
| Кількість ребер на 1 м ширини пакету | – | 437 |
| Гідравлічний діаметр | $4r_r$ | 3,08 мм |
| Товщина ребра | δ | 0,152 мм |
| Довжина відігнутого ребра | – | 19,05 мм |
| Величина відгину | – | 1,01 |
| Відношення площі поверхні теплообміну до об'єму між пластинами | β | $1204 \text{ м}^3 / \text{м}^3$ |
| Відношення поверхні ребер до повної поверхні | – | 0,756 |
| Товщина пластини | s | 0,35 мм |

В процесі розрахунку мають бути визначені:

- а) характеристики поверхні;
- б) поверхні тепловіддачі та вільні перерізи;
- в) фізичні властивості теплоносіїв;
- г) значення критерію Рейнольдса;
- д) значення $st \cdot pr^{\frac{z}{3}}$ та коеф. опору f по основним даним поверхні;
- е) коефіцієнти тепловіддачі;
- ж) ефективність ребра;
- з) ефективність поверхні;
- и) загальний коефіцієнт теплопередачі;
- к) NTU ефективність теплообмінника.

За основу розрахунку взята методика [6].

Площа поперечного перерізу

$$f_c = \frac{V_{\text{п}}}{\omega} [\text{м}^2], \quad (1.42)$$

де ω – швидкість руху повітря, м/с;

Швидкість руху повітря приймаємо 2,5 м/с.

$$f_c = \frac{3,333}{2,5} = 1,333 (\text{м}^2).$$

Розміри теплообмінника

$$a = \sqrt{2 \cdot f_c} [\text{м}], \quad (1.43)$$

$$a = \sqrt{2 \cdot 1,333} = 1,633 (\text{м}).$$

Із конструктивних міркувань приймаємо $a = 1,65$ м.

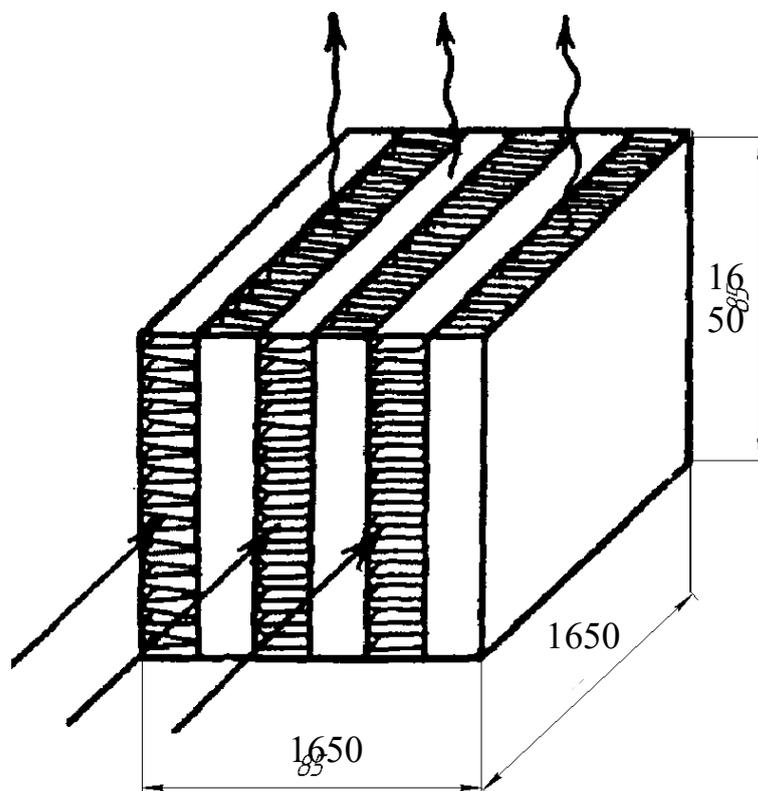


Рисунок 1.12 – Пластинчастий теплообмінник

Ефективність теплообмінника

$$\varepsilon = \frac{t_{x2} - t_{x1}}{t_{r1} - t_{x1}} = \frac{t_{r1} - t_{r2}}{t_{r1} - t_{x1}}, \quad \dots\dots\dots (1.44)$$

де t_{x2} – температура холодного повітря на виході з теплообмінника, °С;

t_{r2} – температура гарячого повітря на виході з теплообмінника, °С.

Користуючись рівнянням (3.5) знаходимо температуру гарячого повітря на виході з теплообмінника. Ефективність теплообмінника попередньо приймаємо 0,65.

$$t_{r2} = t_{r1} - (t_{r1} - t_{x1}) \cdot \varepsilon \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (1.45)$$

$$t_{r2} = 18 - (18 - (-5)) \cdot 0,65 = 3,05 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура холодного повітря на виході з теплообмінника

$$t_{x2} = (t_{r1} - t_{x1}) \cdot \varepsilon + t_{x1} \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (1.46)$$

$$t_{x2} = (18 - (-5)) \cdot 0,65 + (-5) = 9,95 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Відношення повної поверхні теплообміну на одній стороні теплообмінника до загального об'єму теплообмінника

$$\psi = \frac{F}{V} = \frac{b \cdot \beta}{2 \cdot b + 2 \cdot s} \left[\frac{\text{м}^2}{\text{м}^3} \right], \quad (1.47)$$

де s – товщина пластини, мм.

$$\psi = \frac{6,35 \cdot 1204}{2 \cdot 6,35 + 2 \cdot 0,35} = 570 \left(\frac{\text{м}^2}{\text{м}^3} \right).$$

Об'єм теплообмінника

$$V = a^3 \text{ [м}^3\text{]}, \quad (1.48)$$

$$V = 1,65^3 = 4,492 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Повна поверхня тепловіддачі

$$F = \psi \cdot V [\text{м}^2], \quad (1.49)$$

$$F = 570 \cdot 4,492 = 2560,511 (\text{м}^2).$$

Відношення площі вільного перерізу до площі повного поперечного(фронтального) перерізу

$$\sigma = \psi \cdot r_r, \quad (1.50)$$

де r_r – гідравлічний радіус, м.

$$\sigma = 570 \cdot 0,77 \cdot 10^{-3} = 0,439.$$

Площа вільного перерізу

$$f_c = \sigma \cdot a^2 [\text{м}^2], \quad (1.51)$$

$$f_c = 0,439 \cdot 1,65^2 = 1,195 (\text{м}^2).$$

Параметри повітря при середній температурі $t=10,5$ °С:

Густина $\rho = 1,247$ кг/м³;

В'язкість $\mu = 17,6 \cdot 10^{-6}$ Н·с/м² ;

Теплоємність $C_p = 1,005$ кДж/кг·К;

Число Прандтля $Pr = 0,705$.

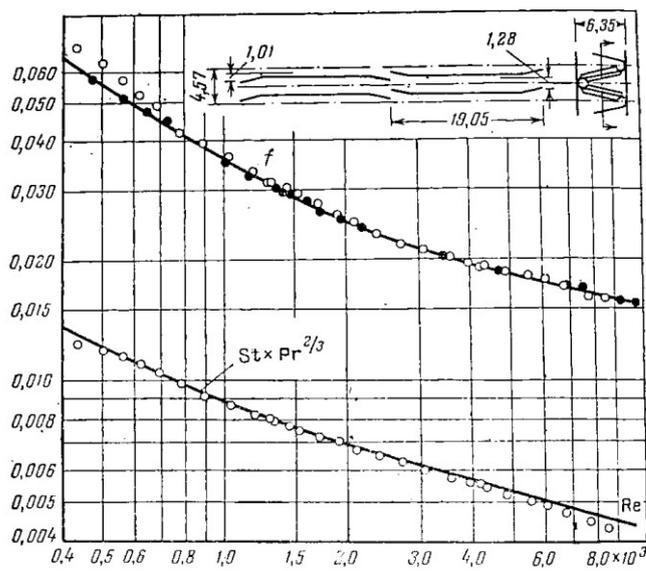


Рисунок 1.13 – Пластинчасто-ребриста поверхня з жалюзійними ребрами

Масова витрата повітря

$$G = \frac{V_{\text{п}}}{f_c} \left[\frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2} \right], \quad (1.52)$$

$$G = \frac{12000}{1,195} = 10042 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2} \right).$$

Критерій Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{4 \cdot r_r \cdot G}{\mu}, \quad (1.53)$$

$$\text{Re} = \frac{3,08 \cdot 10^{-3} \cdot 10042}{17,6 \cdot 10^{-6} \cdot 3600} = 487.$$

Згідно довідкових даних визначаємо

$$\text{St} \cdot \text{Pr}^{\frac{2}{3}} = 0,013.$$

$$f=0,06.$$

Критерій Стантона

$$\text{St} = \frac{0,013}{\text{Pr}^{\frac{2}{3}}}. \quad (1.54)$$

$$\text{St} = \frac{0,013}{0,705^{\frac{2}{3}}} = 0,016.$$

Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_1 = \text{St} \cdot G \cdot C_p \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right], \quad (1.55)$$

$$\alpha_1 = 0,016 \cdot 10042 \cdot 1,005 = 161 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Модуль ребра

$$m = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha}{\lambda \cdot \delta} \left[\frac{1}{\text{м}} \right]}, \quad (1.56)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К} \cdot \text{м}}$.

$$m = \sqrt{\frac{4 \cdot 161}{17,85 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}} = 269 \left(\frac{1}{\text{м}}\right);$$

$$l \approx b/2 = 6,35/2 = 3,17 \text{ (мм)};$$

$$ml = 269 \cdot 3,17 \cdot 10^{-3} = 0,853;$$

$$\eta_p = 0,9.$$

Ефективність поверхні

$$\eta_0 = 1 - \frac{F_p}{F} \cdot (1 - \eta_p), \quad (1.57)$$

де F_p – площа поверхні ребер, м^2 ;

F – повна площа поверхні, м^2 .

$$\eta_0 = 1 - 0,756 \cdot (1 - 0,9) = 0,92.$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\eta_0 \text{ пов}1 \cdot \alpha_1} + \frac{1}{\eta_0 \text{ пов}2 \cdot \alpha_2}, \quad (1.58)$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{0,92 \cdot 161} + \frac{1}{0,92 \cdot 161},$$

$$k = 74,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Водяний еквівалент

$$W = G \cdot C_p \left[\frac{\text{ккал}}{\text{год} \cdot \text{К}} \right], \quad (1.59)$$

$$W = 14712 \cdot 0,24 = 3530,88 \left(\frac{\text{ккал}}{\text{год} \cdot \text{К}} \right).$$

Кількість одиниць переносу теплоти

$$\text{NTU}_{\text{max}} = \frac{(k \cdot F)_{\text{пов}}}{W}, \quad (1.60)$$

$$NTU_{\max} = \frac{74,4/4,183 \cdot 2560,511}{3530,88} = 4,28.$$

Згідно графіка [6] визначаємо ефективність теплообмінника. $\varepsilon=0,64$.

Похибка розрахунку складає менше 2%, отже перерахунок не проводимо.

Температура гарячого повітря на виході з теплообмінника

$$t_{r2} = 18 - (18 - (-5)) \cdot 0,64 = 3,28 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура холодного повітря на виході з теплообмінника

$$t_{x2} = (t_{r1} - t_{x1}) \cdot \varepsilon + t_{x1} \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (1.61)$$

$$t_{x2} = (18 - (-5)) \cdot 0,64 + (-5) = 9,72 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Теплова потужність

$$Q = G \cdot C_p (t_{r1} - t_{x1}) \text{ [кВт]}, \quad (1.62)$$

$$Q = 14712/3600 \cdot 1,005 (18 - 3,28) = 60,46 \text{ (кВт)}.$$

Задамося попередньо втратами напору повітря на виході і на вході по 2%.

Поправочні коефіцієнти, що враховують вплив вологості та різниці густин теплоносіїв на теплообмін

$$X_{da}=0,992;$$

$$X_{df}=1,003.$$

Відносний об'єм повітря

$$v_{\text{пов}} = \frac{R \cdot T_{\text{пов}}}{X \cdot P_{\text{пов}}} \left[\frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \right],$$

де R – термічний опір;

$T_{\text{пов}}$ – термодинамічна температура повітря, К;

$P_{\text{пов}}$ – тиск повітря, Па.

$$v_{\text{пов}1} = \frac{848 \cdot 18}{0,992 \cdot 10^4} = 1,53 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \right),$$

$$v_{\text{пов}2} = \frac{848 \cdot 9,95}{1,003 \cdot 10^4} = 0,85 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \right).$$

Середній відносний об'єм гріючого повітря

$$v_{\text{пов.с}} = \frac{v_{\text{гпов}1} + v_{\text{гпов}2}}{2} \left[\frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \right],$$

$$v_{\text{пов.с}} = \frac{1,53 + 0,85}{2} = 1,19 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \right).$$

Втрати напору

$$\frac{P}{\Delta P} = \varepsilon = \frac{G^2 v_{\text{пов.с}}}{2g P} \left[(K_c + 1 - \sigma^2) + 2 \left(\frac{v_2}{v_1} - 1 \right) + f \frac{F}{f_c} \frac{v_{\text{ср}}}{v_1} - (1 - \sigma^2 - K_e) \frac{v_2}{v_1} \right], \quad (1.63)$$

де P – тиск на вході в теплообмінник, Па;

K_c – коефіцієнт, що характеризує втрати на вході;

K_e – коефіцієнт, що характеризує втрати на виході.

$$\frac{P}{\Delta P} = \frac{\left(\frac{14712}{3600} \right)^2}{2 \cdot 9,8} \cdot \frac{1,19}{1,003 \cdot 10^4} \times \left[(0,5 + 1 - 0,439^2) + 2 \left(\frac{0,85}{1,53} - 1 \right) + \right.$$

$$\left. + 0,056 \frac{350}{0,317} \cdot \frac{1,19}{1,53} - (1 - 0,439^2 - 0,4) \frac{0,85}{1,53} \right] = 0,005.$$

1.6 Дослідження характеристик пластинчастого теплообмінника

1.6.1 Математична модель пластинчастого теплообмінника

В основі методу покладено ідентичність форми рівнянь і однозначність співвідношень між змінними в рівняннях оригіналу і математичної моделі, тобто їхню аналогію.

Математична модель – це система математичних співвідношень, які описують досліджуваний процес або явище.

На основі формул 1.40 - 1.63 було складено математичну модель пластинчастого теплообмінника в середовищі програми Microsoft Excel. В процесі розрахунку визначається:

- масова витрата повітря;
- розміри теплообмінника;
- температура гарячого повітря на виході;
- температура холодного повітря на виході;
- коефіцієнт тепловіддачі;
- модуль ребра;
- коефіцієнт теплопередачі;
- кількість одиниць переносу теплоти;
- ефективність теплообмінника.

За допомогою програми були побудовані залежності між температурою припливного повітря та коефіцієнтом тепловіддачі, коефіцієнтом теплопередачі та ефективністю теплообмінника.

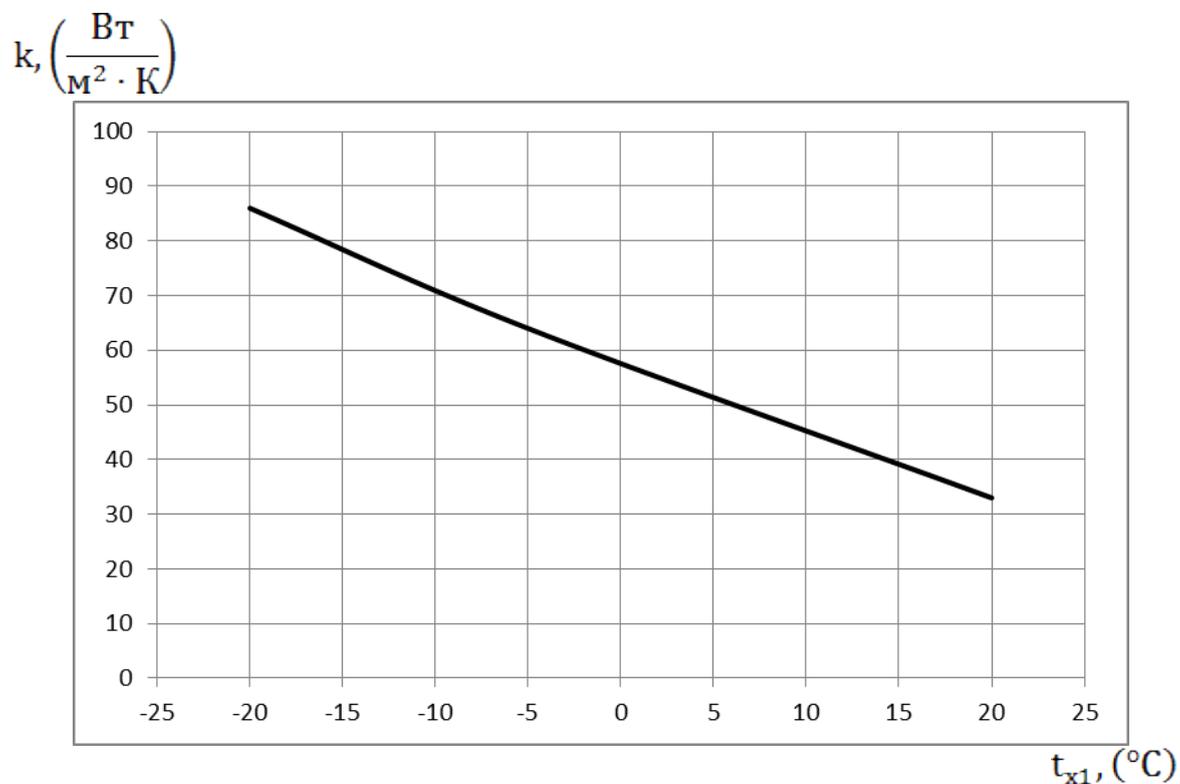


Рисунок 1.14 – Залежність коефіцієнта теплопередачі від температури зовнішнього повітря

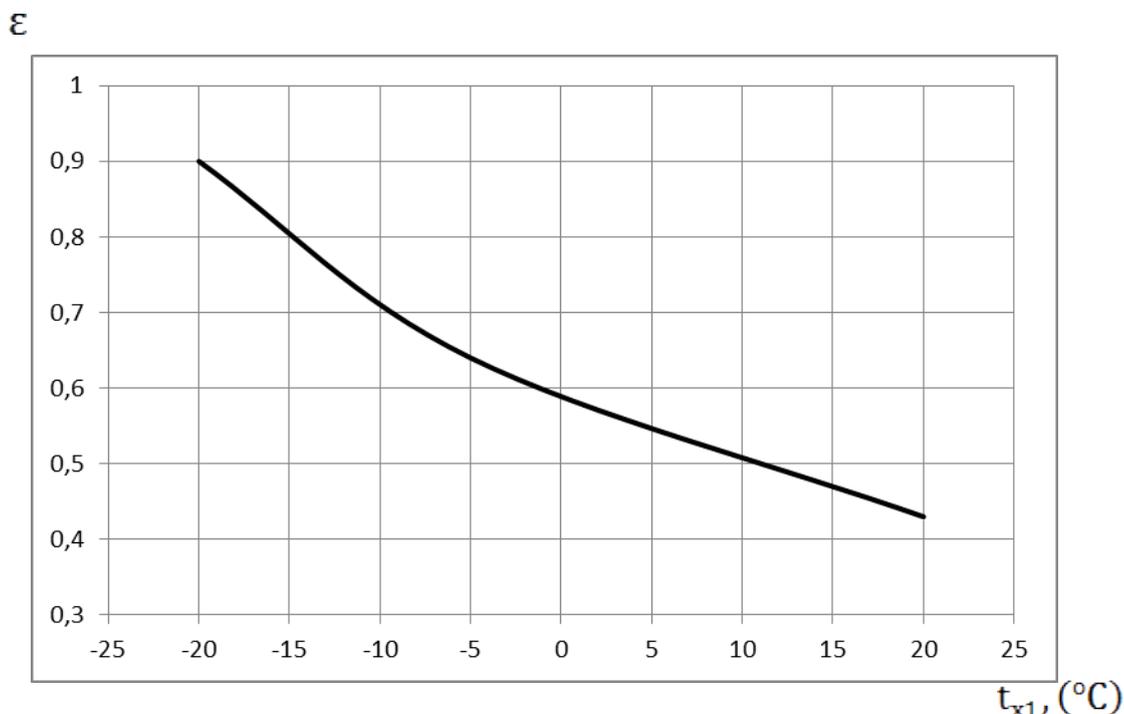


Рисунок 1.15 – Залежність ефективності теплообмінника від температури зовнішнього повітря

1.7 Автоматичне регулювання

1.7.1 Регулювання температури припливного повітря

Температура повітря підтримується водяним калорифером, через який пропускається теплоносій. Повітря, проходячи через калорифер, нагрівається. Температура повітря після водяного калорифера вимірюється датчиком, далі її величина надходить на пристрій порівняння виміряного значення температури і температури, яка встановлена. Залежно від різниці між температурною установкою та виміряним значенням температури пристрій управління виробляє сигнал, що впливає на виконавчий механізм (електропривод триходового клапана). Електропривод відкриває або закриває триходовий клапан до положення, при якому похибка між виміряним значенням температури та встановленим попередньо буде мінімальною.

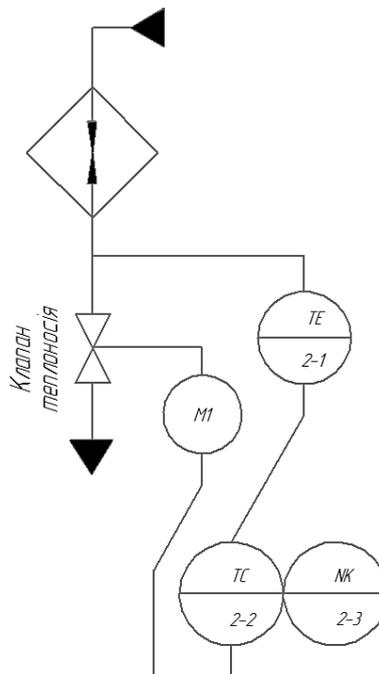


Рисунок 1.16 - Контур регулювання температури припливного повітря в повітроводі з водяним теплообмінником:

TE - датчик; ТС - пристрій порівняння; НК - регулятор;
 МЗ - виконавчий пристрій; Р - регулюючий орган.

Таким чином, побудова системи автоматичного регулювання на підставі вимог до точності та іншим параметрам її роботи (стійкості, коливальності та інших) зводиться до вибору структури і елементів, а також до визначення параметрів регулятора. Параметри настроювання регулятора визначаються динамічними властивостями об'єкта управління і обраним законом регулювання. Регулятор температури є елементом контролера.

1.7.2 Регулювання витрати припливного повітря

Потрібна витрата повітря підтримується завдяки шиберу, який встановлений на припливній ділянці повітроводів.

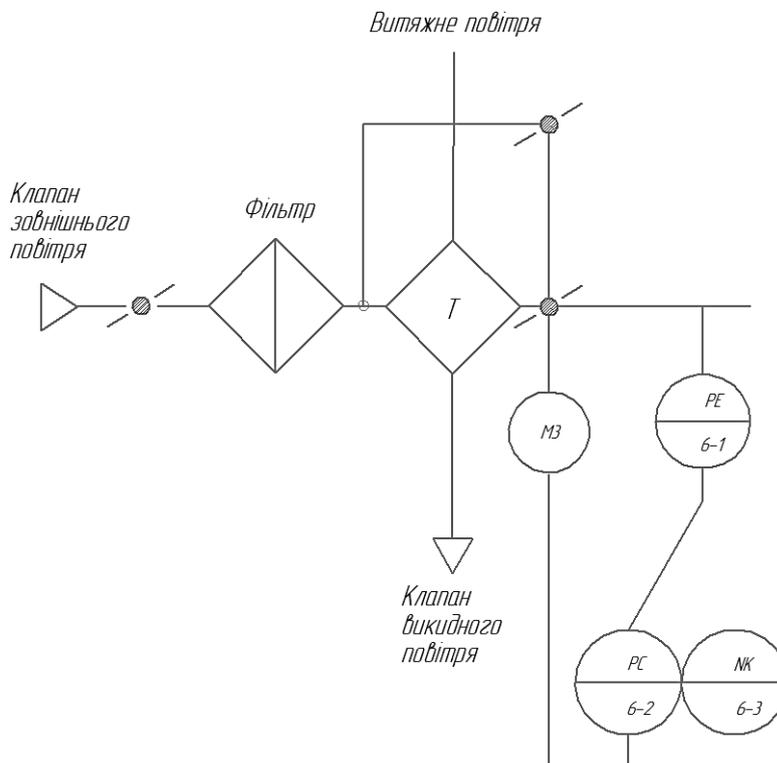


Рисунок 1.17 - Контур регулювання витрати припливного повітря в повітроводі з водяним теплообмінником:

РЕ - датчик; РС - пристрій порівняння; НК - регулятор;
 М4 - виконавчий пристрій; Р - регулюючий орган.

Регулятор витрати є елементом контролера.

1.8 Висновки до розділу 1

У даному розділі розглянута наукова та практична реалізація конструктивних рішень систем мікроклімату громадських будівель, наведено основні нормативні вимоги до влаштування систем.

В результаті розрахунків теплової схеми отриманий ККД котельні для середньо опалювального періоду 0,879. В модернізованій тепловій схемі пропонувалось встановити конденсаційний теплоутилізатор та приточно-витяжну установку в системі вентиляції.

Для конденсаційного теплоутилізатора отримано коефіцієнт зрощення 1,79, потужність 328 кВт.

При розрахунку приточно-витяжної установки отримані значення площі теплообміну та потужності відповідно склали 2560 м² та 60 кВт. В процесі розрахунку було проаналізовано використання різних варіантів теплообмінних поверхонь. Обрана поверхня ЖР-14.

Використання утилізації теплоти в системах вентиляції та димовідведення дозволяє значно зменшити витрати теплової енергії на забезпечення мікроклімату адміністративної будівлі.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРОЄКТНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ

2.1 Вихідні положення. Характеристика об'єкту та економічна доцільність впровадження.

Розробляється технологія монтажу систем вентиляції та кондиціонування повітря адміністративної будівлі у м. Вінниця.

Загальна площа забудови 1804,18м².

Кількість поверхів - 5.

Вихідні дані для розробки системи вентиляції була використана така документація:

- проєктна документація на будівництво адміністративної будівлі.
- технічна документація на імпортне технологічне і допоміжне обладнання.

Проєкт виконаний на основі завдання у відповідності з:

ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування",

ДБН.В.2.2-9-2018 "Громадські будинки та споруди"

Проєкт розроблений для зони нормальної вологості на розрахункову температуру зовнішнього повітря для опалення і вентиляції - мінус 21°С.

Таблиця 2.1 - Кліматичні умови району будівництва

| Найменування параметру | Одиниці | Значе |
|--|---------|-------|
| Сейсмічність району | Бал | Менш |
| Середня температура найбільш холодної п'ятиденки | °С | -21 |
| Середня температура найбільш холодної доби | °С | -26 |
| Середня швидкість вітру за січень | м/с | 3,0 |
| Зона вологості | - | Норм |
| Тривалість опалювального періоду | Діб | 176 |

2.1.1 Основні положення по організації будівництва і влаштування санітарно-технічних систем

Роботи по влаштуванню систем вентиляції починають після узгодження робочого проєкту з органами державного нагляду. Внесення у випадку необхідності змін і доповнень в робочу документацію та розробку проєкту виконання робіт у відповідності з ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування".

Монтаж вентиляційної установки повинен здійснюватись спеціалізованою монтажною організацією, яка має досвід монтажу таких установок. Монтажні роботи повинні виконуватись у відповідності з робочим проєктом.

Всі електричні пристрої вентиляційного обладнання, арматури і системи автоматики повинні відповідати вимогам "Правил влаштування електроустановок". Необхідно заземлити все вентиляційне обладнання, металеві повітроводи. При відгалуженнях повітроводи, крізь які при пожежі можуть поступати продукти горіння з нижнього поверху на верхній, необхідно передбачати автоматичні зворотні клапани[22].

2.2 Організація повітрообміну

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

Схему організації повітрообміну вибирають згідно

ДСТУ Б Д.2.6-3:2012 "Системи вентиляції та кондиціонування".

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. При цьому відносна площа струменя, яка визначається за формулою:

$$F_{cm.p} = \frac{F_{cm}}{F_{p.z}}, \quad (2.1)$$

повинна бути від 0,2 до 0,5 для компактних струмин і від 0,5 до 1 для повних і віялоподібних струмин.

Формула для компактних струмин;

$$F_{стр.р} = 4,8 \left(\frac{X}{m \sqrt{F_{р.з}}} \right)^2, \quad (2.2)$$

Формула для плоских струмин

$$F_{стр.р} = 2,8 \left(\frac{1}{m} \sqrt{\frac{X}{B_{пр}}} \right)^2, \quad (2.3)$$

Формула для віялоподібних струмин

$$F_{стр.р} = 1 - 0,15 \left(2 - \frac{H_{пр} - h_{р.з.}}{\sqrt{F_{р.з.}}} \right)^2 \quad (2.4)$$

де m - швидкісний коефіцієнт повітророзподільника [6(табл.4.2)];

X - відстань від отвору повітророзподільника до робочої зони по довжині струмини, м;

$F_{р.з.}$ - площа робочої зони на один повітророзподільник, m^2 ;

B - ширина приміщення на один повітророзподільник, м;

$H_{пр.}$ - висота приміщення, м;

$h_{р.з.}$ - висота робочої зони, м.

Результати розрахунку зведені у таблицю 2.1

2.3 Моделювання аеродинамічних режимів повітроводів

Розрахунок повітроводу складається з двох етапів:

1) Розрахунок ділянок основного(магістрального) напрямку вентиляційної системи, який характеризується найбільшою довжиною та завантаженістю[32].

2) Ув'язка відгалужень.

Перший етап проводиться у такій послідовності:

1) Розбиваємо систему на окремі ділянки і визначають витрату повітря по кожній ділянці. Значення витрат повітря та довжини кожної ділянки наносять на аксонометричну схему.

2) Визначають площу поперечного перерізу ділянок повітропроводу:

$$F_p = L_p / V, [m^2], \quad (2.5)$$

L_p – розрахункова витрата повітря на ділянці, m^3/s ;

V – рекомендована швидкість руху повітря на ділянках, m/s :

| | | |
|-----------------------|--------------------------|------|
| Жалюзі повітрязабору: | для громадських будівель | 2-4, |
| | для промислових будівель | 6-8. |

Горизонтальний повітровід:

| | | |
|--|--------------------------|-------|
| | для громадських будівель | 5-8, |
| | для промислових будівель | 8-12. |

| | | |
|--------------------------|--------------------------|-------|
| Вертикальний повітровід: | для громадських будівель | 2-5, |
| | для промислових будівель | 6-10. |

За отриманими значеннями F_p підбирають стандартні розміри повітроводів [32].

3) Визначаємо фактичну швидкість руху повітря на ділянках:

$$V_i = L_p^i / F_i, \quad (2.6)$$

4) Визначаємо втрати тиску на ділянках:

$$P_{TP} = \lambda_{TP} \cdot \rho \cdot V^2 / 2d, \quad (2.7)$$

де λ_{TP} -коефіцієнт тертя:

$$\lambda_{TP} = 0,11(68/Re + k/d)^{0,25} \quad (2.8)$$

$$Re = V \cdot d / \nu, \quad (2.9)$$

де d -діаметр повітрово́ду;

k -абсолютна шорсткість:

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| для сталевих труб | $1 \cdot 10^{-4}$ м, |
| для азбоцементних | $1,1 \cdot 10^{-4}$ м, |
| для шлакоалебастрових | $1,5 \cdot 10^{-3}$ м, для |
| цегляних | $5 \cdot 10^{-3}$ м; |

5) Визначаємо втрати тиску на місцевих опорах:

$$P_{\text{мо}} = \sum \xi P_{\text{д}}, \quad (2.10)$$

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

$P_{\text{д}}$ -динамічний тиск.

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

де P_i втрати тиску на ділянках:

$$P_{\text{сист}} = \sum_{i=1}^n P_i + \sum_{j=1}^m P_{\text{об}}^j, \quad (2.11)$$

$$P_i = P_{\text{три}} + P_{\text{омі}}, \quad (2.12)$$

де n - кількість ділянок;

m - кількість обладнань;

$P_{\text{об}}$ – втрати тиску на обладнанні (фільтр, калорифер, шумоглушник, дросель-клапан і т.д.).

7) За значеннями тиску та продуктивності підбирають вентилятор та двигун.

Другий етап: втрати тиску від точки розгалуження до кінця розгалуження повинна рівнятись втратам тиску від цієї ж точки до кінця магістрального напрямку (див.Дод. Ж).

Підбирають площу поперечного перерізу повітрово́ду відгалуження, а при необхідності встановлюють діафрагму. Нев'язка не повинна перевищувати 15 %.

2.4 Підбір вентилятора та вентиляційних пристроїв

Вибір вентиляторів виконують по їх характеристиках, наведених в довідниках [10]. Продуктивність вентилятора м³/год приймають по розрахунковій витраті повітря для системи:

$$L_{\text{вент}} = k_{\text{підс}} Z_{\text{сист}} ; \quad (2.13)$$

$k_{\text{підс}}$ - коефіцієнт, який враховує підсос та витікання повітря із системи:

для металевих, пластмасових і азбоцементних повітропроводів

при $l_{\text{маг}} \leq 50$ м, $k_{\text{підс}} = 1.1$; при $l_{\text{маг}} = 50$ м, $k_{\text{підс}} = 1.15$;

для повітропроводів із інших матеріалів при $l_{\text{маг}} = 50$ м, $k_{\text{підс}} = 1.15$.

Довжину повітропроводу визначають по довжині магістральних ділянок, прокладених в приміщеннях, які не обслуговуються.

Тиск, який утворює вентилятор дорівнює:

$$P_{\text{вент}} = 1.1 \Delta P_{\text{п}} , \quad (2.14)$$

де 1.1 - коефіцієнт, що враховує 10% запас тиску на невраховані втрати,

$\Delta P_{\text{п}}$ – загальні втрати тиску (повного) в системі (втрати в мережі і вентиляційному обладнанні).

Робочий режим вентиляторів рекомендують вибирати так, щоб коефіцієнт корисної дії відрізнявся не більш ніж на 10% від максимального.

Потужність, що споживається на валу електродвигуна, визначається за формулою:

$$N_{\text{э}} = L_{\text{вент}} P_{\text{вент.ф.}} / 3600 \eta_{\text{в}} \eta_{\text{п}} , \quad (2.15)$$

$P_{\text{вент.ф.}}$ - фактичний тиск, розвинутий вентилятором (по характеристиці вибраного вентилятора);

$\eta_{\text{в}}$ і $\eta_{\text{п}}$ - ККД відповідно вентилятора і передачі. ККД передачі дорівнює 1 - при безпосередньому приєднанні колеса вентилятора до осі електродвигуна і 0.95 - при клинопасовій передачі.

Установочна потужність електродвигуна з врахуванням необхідного запасу приймається за формулою:

$$N_{\text{уст}} = k N_{\text{э}} , \quad (2.16)$$

k - коефіцієнт запасу, що приймається по довіднику [10].

Результати підбору вентиляційного обладнання заносять в зведену таблицю основного вентиляційного обладнання будівлі(див.табл.2.3).

2.5 Розрахунок теплонадходжень у приміщення торговельного центру

Вихідні дані

Розміри приміщення – 24x18x4 м.

Кількість людей – 200.

Теплонадходження:

- від сонячної радіації $Q_{c.p.}=8,4$ кВт;
- від освітлення $Q_{ocв.}=10,5$ кВт;
- від обладнання $Q_{об}=12,1$ кВт.

Розрахункові кліматичні параметри для м.Вінниці при розрахунку системи кондиціонування прийняті:

- для теплого періоду року (див. Додаток):
 $t_{ext}^B=27,3^{\circ}C$; $I^B =53,6$ кДж/кг;
- для холодного періоду року (див. Додаток)
 $t_{ext}^B = -22^{\circ}C$; $I^B = -19,6$ кДж/кг.
 $P_{бар}=745$ мм.рт.ст.

Внутрішня температура приміщень прийнята у відповідності з ДБН В.2.2-9-2018 „Громадські будинки та споруди” та ДБН В.2.5-67:2013 “Опалення, вентиляція та кондиціонування”.

Разрахункові параметри внутрішнього повітря приміщення торговельного залу прийняті:

- для теплого періоду року:
 $t_B=24^{\circ}C$; $I_B=9,6$ кДж/кг; $\phi=50\%$;
- для холодного періоду року:
 $t_B= 22^{\circ}C$; $I_B= 39$ кДж/кг; $\phi=50\%$.

2.5.1 Необхідна величина повітрообміну по надлишкам явної теплоти

$$G_1 = \frac{3600Q_{\text{я}}}{c_{\text{в}}(t_{\text{в}} - t_{\text{п}})}, \text{ [кг/год]}, \quad (2.17)$$

де: $Q_{\text{я}}$ – надлишковий потік явної теплоти в приміщення, кВт;

$t_{\text{в}}$ – температура в робочій зоні, °С;

$t_{\text{п}}$ – температура припливного повітря, °С;

$c_{\text{в}}$ – питома теплоємність повітря, $c_{\text{в}}=1$ кДж/(кг°С).

Температура припливного повітря $t_{\text{п}}$ визначається по формулі:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{в}} - \Delta t, \text{ [°С]} \quad (2.18)$$

де: Δt – температурний перепад, відповідно [7] приймаємо $\Delta t = 3^{\circ}\text{С}$.

Розрахунок теплонадлишків проводиться наступним чином.

Теплий період

$$Q_{\text{я}} = Q_{\text{л}}^{\text{я}} + Q_{\text{с.р.}} + Q_{\text{осв}} + Q, \text{ [кВт]}, \quad (2.19)$$

де: $Q_{\text{л}}^{\text{я}}$ – теплонадходження від людей, кВт;

$$Q_{\text{л}}^{\text{я}} = q n, \quad (2.20)$$

$q_{\text{я}}$ – потік явної теплоти, яка виділяється однією людиною, кВт.

$$Q_{\text{л}}^{\text{я}} = 0,071 \times 200 = 14,2 \text{ (кВт)}$$

$$Q_{\text{я}} = 14,2 + 8,4 + 10,5 + 12,1 = 45,2 \text{ (кВт)}$$

$$t_{\text{п}} = 24 - 3 = 21 (^{\circ}\text{С})$$

$$G_1 = \frac{3600 \times 45,2}{1(24 - 21)} = 54240 \text{ (кг/год)}$$

Холодний період

$$Q_{\text{я}} = Q_{\text{л}}^{\text{я}} + Q_{\text{осв}} + Q, \text{ [кВт]} \quad (2.21)$$

$$Q_{\text{л}}^{\text{я}} = 0,085 \times 200 = 17,0 \text{ (кВт)}$$

$$Q_{\text{я}} = 17,0 + 10,5 + 12,1 = 39,6 \text{ (кВт)}$$

$$t_{\text{п}} = 22 - 3 = 19 (^{\circ}\text{С})$$

$$G_1 = \frac{3600 \times 39,6}{1(22 - 19)} = 47520 \text{ (кг/год)}$$

2.5.2 Повітрообмін по асиміляції вологи, що виділяється.

$$G_2 = \frac{W}{d_e - d_n}, \text{ [кг/ГОД]}, \quad (2.22)$$

де: d_b – вологовміст видаляемого повітря, г/кг;

d_n – вологовміст припливного повітря, г/кг;

W – надлишкові волого виділення в приміщенні, г/год

$$W = g_w n + 1000 W_{об}, \quad (2.23)$$

де: d_w – вологовиділення однією людиною, г/год

Теплий період

$$W = 107 \times 200 + 1000 \times 3,9 = 25300 \text{ г/год}$$

$$G_2 = \frac{25300}{11 - 9,5} = 16867 \text{ (кг/ГОД)}$$

Холодний період

$$W = 91 \times 200 + 1000 \times 3,9 = 22100 \text{ (г/год)}$$

$$G_2 = \frac{22100}{6,8 - 5,5} = 17000 \text{ (кг/ГОД)}$$

2.5.3 Повітрообмін по боротьбі зі шкідливими газами і парами, що виділяються у приміщенні:

$$G_3 = \frac{\rho_v Z}{z_e - z_n}, \text{ [кг/ГОД]}, \quad (2.24)$$

де: ρ_v – густина повітря, $\rho_v = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

z_n – гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі, яке видаляється з приміщення, г/м^3 ;

z_b – концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі, г/м^3 ;

Z – кількість шкідливих речовин, які потрапляють в повітря приміщення, г/год.

$$G_3 = \frac{1,2 \times 60 \times 200}{3,2 - 0,8} = 6000 \text{ (кг/год)},$$

Результати розрахунку повітрообмінів наведені в таблицю 2.2

Таблиця 2.2 Повітрообмін для торговельного залу

| Період року | Витрата припливного повітря, кг/год | | |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------|---|
| | По надлишкам явної теплоти G_1 | По надлишкам вологи G_2 | По надлишкам шкідливих газів і парів G_3 |
| Теплий | 54240 | 16867 | 6000 |
| Холодний | 47520 | 17000 | 6000 |

2.5.4 Визначення розрахункового повітрообміну

Для розрахункового повітрообміну приймається максимальне значення із G_1 , G_2 , G_3 .

$$G = 54240 \text{ кг/ч}$$

2.5.5 Визначення кількості рециркуляційного повітря

Кількість рециркуляційного повітря визначається за формулою [7]:

$$G_p = G - G_n, \text{ [кг/год]} \quad (2.25)$$

де: G_n – кількість зовнішнього повітря.

Для визначення G_n визначаємо мінімальну кількість зовнішнього повітря, що подається у приміщення:

$$G_n^{\min} = \rho_v n l, \text{ [кг/год]}, \quad (2.26)$$

де: l – кількість зовнішнього повітря на 1 людину, $\text{м}^3/\text{год}$.

$$G_n^{\min} = 1,2 \times 200 \times 20 = 4800 \text{ (кг/год)}$$

Отримане значення $G_{\text{н}}^{\text{min}}$ порівнюється з величиною розрахункового повітрообміну по боротьбі зі шкідливими газами і парами, що виділяються, G_3 :

$$G_{\text{н}}^{\text{min}} < G_3$$

$$4800 < 6000$$

Приймаємо $G_{\text{н}} = 6000$ кг/год

$$G_{\text{р}} = 54240 - 6000 = 48240 \text{ (кг/год)}$$

2.6 Підбір кондиціонерів для торгівельних залів

Вихідні дані: для теплого періоду року $t_3=27,3^{\circ}\text{C}$; $i_3=13,6\text{кДж/кг}$;

$d_3=11,7\text{г/кг}$; $\varphi_3=50\%$; $P_{\text{бар}}=745$ мм.рт.ст.; $t_{\text{в}}=24^{\circ}\text{C}$; $i_{\text{в}}=9,6\text{кДж/кг}$; $d_{\text{в}}=11,6\text{г/кг}$;
 $\varphi_{\text{в}}=50\%$; $\Delta t=8^{\circ}\text{C}$

$Q_{\text{я}}=99012\text{ккал/год}$; $W=48\text{кг/год}$; $Q_{\text{п}}=36840\text{м}^3/\text{год}=30984\text{кг/год}$;
 $G_{\text{н}}=24000\text{м}^3/\text{год}=28560\text{кг/год}$;

Визначаємо необхідну продуктивність кондиціонера та розрахункові витрати холоду та тепла[31].

Необхідна корисна потужність кондиціонеру:

$$G_{\text{н}} = \frac{99012}{0,24 \cdot 6} = 68758 \text{ (кг/год)}$$

Кількість рециркуляційного повітря:

$$G_{\text{р}} = G_{\text{н}} - G_{\text{п}} = 68758 - 30984 = 37774 \text{ (кг / год)}$$

На I-d діаграмі визначаємо точки В та З що характеризують параметри внутрішнього та зовнішнього повітря(див. додаток 3).Наносимо на I-d діаграму точку В₁ що характеризує параметри рециркуляційного повітря після підігріву його на 1⁰С в витяжному вентиляторі:

$$T_{\text{в1}} = t_{\text{в}} + 1^{\circ}\text{C} = 24 + 1 = 25^{\circ}\text{C}$$

З'єднуємо точку В₁ та точку З прямою яка буде визначати процес змішування внутрішнього та зовнішнього повітря. Визначаємо параметри точки С, яка визначає параметри повітря після змішування:

$$d_c = \frac{G_n \cdot d_n - G_{B11} \cdot d_{D1}}{G_n} = \frac{30984 \cdot 11.7 + 37774 \cdot 12.6}{68758} = 10,5 (\text{г/кг}),$$

$$t_c = \frac{G_n \cdot t_n - G_{B11} \cdot t_{D1}}{G_n} = \frac{30984 \cdot 27.3 + 37774 \cdot 24}{68758} = 26 (^\circ\text{C}),$$

Визначаємо температуру припливного повітря:

$$T_{\Pi} = t_B - \Delta t = 24 - 8 = 16 (^\circ\text{C}).$$

За знайденим значенням кутового коефіцієнту проводимо пряму ВП до перетину з ізотермою $t_B = 16^\circ\text{C}$; в точка перетину Π характеризує параметри припливного повітря: $T_{\Pi} = 16^\circ\text{C}$; $i_{\Pi} = 9$ кДж/кг; $d_{\Pi} = 8,5$ г/кг; $\varphi_{\Pi} = 72\%$;

З точки Π по лінії $d = \text{const}$ проводимо пряму ПК до перетину з кривою $\varphi = 90\%$, отримана точка K характеризує параметри повітря після камери зрошування: $T_K = 12,3^\circ\text{C}$; $i_K = 8,2$ кДж/кг; $d_K = 8,5$ г/кг; $\varphi_K = 90\%$;

Точку K з'єднуємо з точкою C , пряма KC - промінь процесу в камері зрошування.

Приймаємо підігрів повітря в вентиляторі 1°C , визначаємо параметри повітря після вентилятора в точці K_1 : $T_{K1} = 13,3^\circ\text{C}$; $i_{K1} = 8,5$ кДж/кг; $d_{K1} = 8,2$ г/кг; $\varphi_{K1} = 86\%$;

Визначаємо повну продуктивність кондиціонера, з урахуванням 10% втрат в мережі повітропроводів:

$$G_n = 1.1 \cdot G = 1.1 \cdot 68758 = 75634 (\text{кг/год}).$$

Витрата холоду в камері зрошування:

$$Q_x = G_n \cdot (I_c - I_K) = 75634 \cdot (12,9 - 8,5) = 332790 (\text{ккал/год}) = 387 (\text{кВт}).$$

Витрата тепла на другий підігрів:

$$Q_2 = G_n \cdot (I_n - I_K) = 75634 \cdot (8,3 - 8,2) = 106937563 (\text{ккал/год}) = 8,8 (\text{кВт}).$$

Вихідні дані: для теплого періоду року:

$$t_3 = -21^\circ\text{C}; i_3 = -4,7 \text{ кДж/кг}; d_3 = 0,5 \text{ г/кг}; \varphi_3 = 90\%; P_{\text{бар}} = 745 \text{ мм.рт.ст.}$$

$$t_B = 20^\circ\text{C}; i_B = 8,8 \text{ кДж/кг}; d_B = 6,7 \text{ г/кг}; \varphi_B = 45\%; \Delta t = 8^\circ\text{C},$$

$$Q_{\text{я}} = 104400 \text{ Вт} = 89768 \text{ ккал/год}; W = 48 \text{ кг/год}; Q_{\Pi} = 68758 \text{ кг/год};$$

$$G_H = 68758 \text{ кг/год}.$$

Наносимо на I-d діаграму (див. додаток I) точки З та В ,що характеризують відповідно параметри стану внутрішнього та зовнішнього повітря.

Визначаємо виділення прихованого тепла в приміщенні:

$$Q_c = W I_{\text{п}} = 48(597,3 + 0,44 \cdot 20) = 29093 \text{ (ккал/год)}$$

Визначаємо повне тепловиділення:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{я}} + Q_c = 104400 + 29093 = 133493 \text{ (ккал/год)}$$

Визначаємо кутовий коефіцієнт:

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{п}}}{W} = \frac{133493}{48} = 2081 \text{ (ккал / кг)}$$

Визначаємо температуру припливного повітря:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{в}} - \frac{Q_{\text{я}}}{0,24 \cdot G_{\text{п}}} = 20 - \frac{104400}{0,24 \cdot 68758} = 13,7 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

З точки В за напрямком визначеним кутовим коефіцієнтом, проводимо пряму до перетину з ізотермою $t=13,7^{\circ}\text{C}$, отримуємо точку П, з параметрами:

$$T_{\text{п}} = 13,7^{\circ}\text{C}; i_{\text{п}} = 7 \text{ кДж/кг}; d_{\text{п}} = 5,9 \text{ г/кг}; \varphi_{\text{п}} = 67\%;$$

З точки П по лінії $d = \text{const}$ проводимо пряму до перетину з кривою $\varphi = 90\%$ в точці К, з параметрами:

$$T_{\text{к}} = 7,6^{\circ}\text{C}; i_{\text{к}} = 5,4 \text{ кДж/кг}; d_{\text{к}} = 5,9 \text{ г/кг}; \varphi_{\text{к}} = 60\%;$$

З'єднуємо точки В та П прямою, яка визначає процес змішування зовнішнього та рециркуляційного повітря (підігрів повітря в рециркуляційному вентиляторі в холодну пору року не враховуємо).

На прямій ВЗ знаходимо, з співвідношення ,місце положення та параметри точки С, яка визначає параметри повітря після змішування:

$$\frac{BC}{BZ} = \frac{G_{\text{н}}}{G_{\text{п}}} \Rightarrow BC = \frac{BZ \cdot G_{\text{н}}}{G_{\text{п}}} = \frac{220 \cdot 30984}{68758} = 99,2 \text{ (мм)}$$

в точці С параметрами:

$$T_{\text{с}} = 1,1^{\circ}\text{C}; i_{\text{с}} = 2,6 \text{ кДж/кг}; d_{\text{с}} = 3,8 \text{ г/кг}; \varphi_{\text{с}} = 90\%;$$

З точки С по лінії $d = \text{const}$ проводимо пряму до перетину з лінією проведеною з точки К по $I = \text{const}$, в точку Т з параметрами:

$$T_{\text{т}} = 12,5^{\circ}\text{C}; i_{\text{т}} = 5,9 \text{ кДж/кг}; d_{\text{т}} = 3,8 \text{ г/кг}; \varphi_{\text{т}} = 42\%;$$

Визначаємо повну продуктивність кондиціонера:

$$G_n = 1.1 \cdot G = 1,1 \cdot 68758 = 75634 \text{ (ккал / год)}$$

Визначаємо витрату тепла на перший підігрів:

$$Q_1 = G_n \cdot (I_T - I_C) = 75634 \cdot (5,4 - 2,6) = 211775 \text{ (ккал / год)} = 246,3 \text{ (кВт)}$$

Визначаємо параметри повітря в точці K₁, що характеризує стан повітря після підігріву його в припливному вентиляторі на 1⁰С:

$$T_{k1} = 8,7^\circ\text{C}; i_{k1} = 5,6 \text{ Дж/кг}; d_{k1} = 5,9 \text{ г/кг}; \varphi_{k1} = 83\%;$$

Визначаємо витрату тепла на другий підігрів повітря:

$$Q_2 = G_n \cdot (I_n - I_{k1}) = 75634 \cdot (7 - 5,6) = 105888 \text{ (ккал / год)} = 123,1 \text{ (кВт)}$$

Згідно отриманих даних приймаємо до встановлення систему кондиювання в торговельних залах:

підібрано 2 холодильних машини чіллери "Carrier" AquaSnap Default 30RB0232-A холодильною потужністю 234,5кВт кожний. За допомогою фреонопроводів вони підключаються до приточно-витяжних машин, які розташовані на покрівлі будівлі Зовнішні блоки винесено на покрівлю будівлі . Дренаж внутрішніх блоків передбачено відводити в каналізаційні стояки за допомогою дренажних трубок. Підключення дренажу до каналізаційних стояків виконувати через гідравлічні затвори (сифони).

В офісному приміщені запроєктовано встановити мульті-спліт системи кондиювання повітря фірми «LG» модель UU43W UHC потужністю по холоду та теплу 12,3кВт. Під стелею встановлено внутрішні блоки спліт- системи «LG» моделі модель S12AN ,N_x=3,52кВт, N_T=3,96кВт, що розподіляє оброблене повітря по об'єму приміщення, зовнішній блок винесено на задній фасад . Дренаж внутрішнього блоку передбачено відводити в каналізаційний стояк за допомогою дренажної трубки. Підключення дренажу до каналізаційного стояку виконувати через гідравлічні затвори (сифони).

2.7 Висновки до розділу 2

В даному розділі проведені попередні та основні розрахунки систем вентиляції та кондиціонування повітря, здійснено моделювання аеродинамічних режимів системи вентиляції, розрахунок теплонадходжень у приміщення торговельного центру. Відповідно до цих розрахунків підібрано обладнання, а саме: 2 холодильних машини чілери "Carrier" AquaSnap Default 30RB0232-A холодною потужністю 234,5кВт кожний; мульти-спліт системи кондиціонування повітря фірми «LG» модель UU43W UHC потужністю по холоду та теплу 12,3кВт; вентилятори, повітроводи тощо. Також в даному розділі наведено характеристику всього вентиляційного обладнання у зведеній таблиці.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Конструктивні особливості об'єкту

Система вентиляції та кондиціонування повітря запроєктована припливно-витяжна з механічним спонуканням, призначена для адміністративної будівлі в м. Вінниця. Приміщення будівлі призначені для торгівлі непродовольчої та продовольчої групи товарів (орг. техніка). Будівля складається із п'яти поверхів. Система повинна забезпечити в торгівельних залах необхідний повітрообмін з розрахунку 20 м³/год на одного відвідувача і 60м³/год на постійно працюючих. Кількість відвідувачів визначено згідно технічного завдання. В холодний період року система припливно-витяжної вентиляції повинна забезпечувати подачу підігрітого до 18⁰С повітря.

Приточно-витяжні машини та чіллери (холодильні машини) розташовані на покрівлі адміністративної будівлі.

Повітроводи виконано круглими, прямокутними та утепленими, окремі деталі на фланцях.

Монтажні положення круглих повітроводів :

- 1) вісі повітропроводів паралельні площинам будівельних конструкцій;
- 2) відстань від вісі повітропроводу визначають по формулам [1]:

$$n = 0.5 \cdot D_{\max} + 50 \text{ мм}, \quad (3.1)$$

де D_{\max} - максимальний діаметр повітропроводу, мм

- 3) при прокладці повітроводів під стелею мінімально допустиму відстань від вісі повітропроводу до поверхні стелі визначають по формулі :

$$n = 0.5 \cdot D_{\max} + 100 \text{ мм} \quad (3.2)$$

- 4) при проходженні повітроводів через будівельні конструкції з'єднання повітроводів зароблені в будівельні конструкції і повинні виступати від їх поверхні на відстань, не менше 100 мм [2];
- 5) приєднання повітроводів до всмоктувального патрубку відцентрового вентилятора необхідно здійснювати за допомогою м'яких вставок шириною не менше 150 мм.

- б) кожуха вентилятора з урахуванням 200 мм для зручності демонтажу робочого
- 7) колеса вентилятора.
- 8) відгалуження від ствола повітропроводу можуть приєднуватись за допомогою прямих та штангоподібних трійників та хрестовин різних перерізів

3.2 Отримання об'єкту під монтажні роботи

Перед початком монтажних робіт об'єкт приймають по акту під монтаж. Об'єкт чи його частину приймають під монтаж при закінченні будівельних робіт: закінчених перекриттів, сходових клітинок, внутрішніх стін і перегородок, на яких монтується повітропроводи.

До часу приймання об'єкту під монтаж виконані роботи і конструктивні елементи, які фіксуються актом:

- 1) отвори в стінах, перегородках, перекриттях для прокладання повітропроводів, встановлення витяжних та припливних шахт та дефлекторів. Основи під вентиляційне обладнання. Причому об'єкт повинен відповідати проекту по габаритам; прив'язкам до основних конструктивних елементів споруди, а залишені отвори під анкерні болти розміщені відповідно робочому кресленню, для основ вентиляторів зроблені геодезичні зйомки з відображенням фактичного та проектного розміщення основ;
- 2) монтажні отвори для вертикального та горизонтального такелажу вентиляційного обладнання в напрямку його доставки від приоб'єктного складу (чи розвантажування) до місця встановлення, а також монтажні проєми в стінах і перекриттях, забезпечуючи використання монтажних механізмів та пристосувань;
- 3) отвори з закладними деталями для встановлення жалюзійних решіток, клапанів, герметичних дверей;
- 4) штукатурка стін і стелі в місцях прокладання повітропроводів;
- 5) закладні елементи, які використовуються як основа при закріпленні підвісок;
- 6) наявність кріплень для великогабаритних повітропроводів і вентиляційного обладнання;
- 7) майданчики під вентиляційне обладнання

До моменту монтажу вентиляційної системи забезпечено:

- достатнє освітлення приміщення;
- приміщення для майстра, побутові приміщення для робітників;
- приміщення для комплектувальної майстерні, складів, майданчики для зберігання вентиляційних заготовок, типових деталей, матеріалів і обладнання в зоні дії транспортних засобів;
- забезпечення електроенергією, водою, паром при необхідності для виробничих і побутових потреб;
- пожежно-сторожова охорона;
- забезпечити можливість використання приоб'єктного транспорту для переміщення та підйому вентиляційних заготовок та обладнання;
- забезпечити очищення місць виконання робіт від будівельного сміття.

Акт про готовність об'єкту підписує представник генпідрядника (замовника) і монтажної організації (гол. інженер).

3.3 Визначення складу і об'ємів робіт

3.3.1 Склад робіт

- 1) Доставка деталей на робочий майданчик.
- 2) Пробивання отворів.
- 3) Кріплення кронштейнів.
- 4) Прокладання круглих повітроводів.
- 5) Прокладання прямокутних повітроводів.
- 6) Прокладання утеплених повітроводів.
- 7) Встановлення ґраток жалюзійних.
- 8) Встановлення зонтів над шахтами.
- 9) Встановлення прийомних блоків прод. до 10 тис.м³/год.
- 10) Встановлення камер повітряних прод. до 10 тис.м³/год.
- 11) Встановлення фільтрів сухих прод. до 10 тис.м³/год.
- 12) Встановлення повітронагрівачів прод. до 31,5 м³/год.
- 13) Встановлення шумоглушників.
- 14) Встановлення герметичних дверей.

- 15) Встановлення гнучких вставок.
- 16) Встановлення дефлекторів.
- 17) Пусконаладжувальні роботи.
- 18) Повернення обладнання на склад.

3.3.2 Визначення об'ємів робіт

- 1) Доставлення деталей на робочий майданчик. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей 8800кг. Приймаємо об'єм $V=8,8$ т.
- 2) Пробивання отворів. Одиниці вимірювання 100 отворів. Потрібно пробити 25 отворів у стінах. Отже, приймаємо $V=0,25$.
- 3) Кріплення кронштейнів. $V=16$ шт.
- 4) Прокладання круглих повітропроводів з оцинкованої сталі класу Н (нормальні) товщиною сталі 1 мм. Одиниці вимірювання 100 м² повітропроводів. Довжина повітропроводів складає 342 м, отже, приймаємо $V=3,42$.
- 5) Прокладання прямокутних повітропроводів. $V=3,91$.
- 6) Прокладання утеплених повітропроводів з більшою стороною 200мм. $V=0,48$.
- 7) Встановлення ґраток жалюзійних. $V=80$.
- 8) Встановлення зонтів над шахтами. $V=1$ шт.
- 9) Встановлення прийомних блоків прод. до 10 тис.м³/год. $V =2$ шт.
- 10) Встановлення камер повітряних прод. до 10 тис.м³/год. $V =2$ шт.
- 11) Встановлення фільтрів сухих прод. до 10 тис.м³/год. $V =2$ шт.
- 12) Встановлення повітронагрівачів прод. до 31,5 м³/год. $V =2$ шт.
- 13) Встановлення шумоглушників. $V =1$ шт.
- 14) Встановлення герметичних дверей. $V =2$ шт.
- 15) Встановлення гнучких вставок. $V =3$ шт.
- 16) Встановлення дефлекторів. $V =2$ шт.
- 17) Пусконаладжувальні роботи . $V =71,48$ м².
- 18) Повернення обладнання на склад. $V =0,48$ т.

3.4 Витрата матеріалів

Всі витратні матеріали наведені у таблицях 3.1, 3.2

Таблиця 3.1 Відомість матеріалів, необхідних для монтажу системи вентиляції

| № | Найменування витратних матеріалів | Кількість |
|--|--|-----------------------|
| Для прокладання повітропроводів оцинкованих класу «Н» | | |
| | Асбестовий шнур загального призначення ШАОН-1 діаметром 8...10 мм | 0,0084 т |
| | Вироби гумові технічні морозостійкі | 7,58 кг |
| | Мастика герметизуюча незатвердіваюча | 0,000513 т |
| | Електроди діаметром 2 мм, марки Є42 | 0,00039 т |
| | Болти будівельні з гайками та шайбами | 0,011 т |
| Для встановлення решіток жалюзійних сталевих | | |
| | Прокат для армування з/б конструкцій круглий та перемінного профіля клас А діаметром 12 мм | 0,00043 т |
| | Розчин готовий кладочний важкий цементний марки М100 | 0,0003 м ³ |
| Установка над шахтами зонтів із листової сталі прямокутного перерізу | | |
| | Електроди, діаметр 4 мм, марка Є55 | 0,0001 т |
| | Болти будівельні з гайками і шайбами | 0,00054 т |
| 0 | Зонти вент. систем прямокут. з листової сталі, ЗП500х500 | 1 шт |
| Установка прийомних блоків продуктивністю до 10 тис. м ³ /год | | |
| 1 | Болти анкерні | 0,005т |
| 2 | Блоки прийомні | 2 шт |
| Установка камер повітряних продуктивністю до 10 тис. м ³ /год | | |
| 3 | Вироби резинові техн. морозостійкі | 0,18 кг |
| 4 | Розчин готовий кладочний важкий цементний, марка М100 | 0,008м ³ |
| 5 | Камери воздушні | 2 шт |

| | | |
|---|---|-----------|
| 6 | Болти анкерні | 0,00154 т |
| 7 | Болти будівельні з гайками і шайбами | 0,00024 т |
| Установка повітрянагрівачів продуктивністю до 31,5 тис. м ³ /год | | |
| 8 | Повітрянагрівачів | 2 шт |
| 9 | Прокладки з пароніта, марка ПМБ, товщина 2 мм. діам. 100мм. | 2 шт |

Всього, маса :120кг

Таблиця 3.2 – Основні матеріали, що необхідні для монтажу системи вентиляції

| /п | Найменування виробу | Одиниця вимірювання | Кількість | Маса 1 п.м. (шт) | Загальна маса,кг |
|----|--------------------------------|---------------------|-----------|------------------|------------------|
| | Повітроводи оцинковані сталеві | м | 100 | 3,0 | 300,0 |
| | Витяжний вентилятор | шт. | 60 | 4,5 | 270,0 |
| | Приточний агрегат | шт. | 5 | 800 | 4000 |
| | Приточно-витяжний агрегат | шт. | 4 | 1000 | 4000 |

Всього, маса: 8800,0 кг

3.5 Відомість інструментів

Відомість всіх необхідних інструментів заносимо у таблицю 3.3

Таблиця 3.3 Відомість інструментів, необхідних для ремонту системи вентиляції

| № п/п | Інструмент | Кількість, шт | Маса 1 шт, кг |
|-------|----------------------------|---------------|---------------|
| 1 | Молоток слюсарний | 6 | 0,8 |
| 2 | Кувалда тупоноса | 2 | 2 |
| 3 | Зубило слюсарне | 2 | 0,45 |
| 4 | Оправка подовжена | 12 | 0,3; 0,18 |
| 5 | Висок | 2 | 0,08 |
| 6 | Рівень будівельний | 2 | 0,3 |
| 7 | Рулетка (стрічкова), 10 м. | 6 | 0,1 |
| 8 | Ключ гайковий двосторонній | 2-6 | 0,1 – 0,83 |

| | | | |
|--------------|--|--------|-------------|
| | (8-36 мм) | | |
| 9 | Ключ фіксуючий (12,14,17,19 мм) | 6 | 0,75 |
| 10 | Струбцина | 6 | 1,5 |
| 11 | Електричний ручний гайковерт | 1 | 2,4 |
| 12 | Стіл монтажний | 2 | 6,8 |
| 13 | Ящик переносний для інструментів | 4 | 4 |
| 14 | Киянка | 2 | 0,65 |
| 15 | Ломик для кантування вантажів | 2 | 7 |
| 16 | Перетворювач ІЕ-9403 | 1 | 39 |
| 17 | Електро свердлувальна машина з подвійною ізоляцією електро двигуна (сверла до 15 мм) | 1 | 8,2 |
| 18 | Ручна електро шліфувальна машина з абразивними дисками | 1 | 8,2 |
| 19 | Ручний пістолет для односторонньої склепки | 1 | 1,8 |
| 20 | Лебідка ручна важільна вантажепід'ємністю: 1,5 т | 2 | 32 |
| 21 | Блок однорольний вантажепід'ємністю: 1 т 3 т | 4 2 | 3,6 17,4 |
| 22 | Стропи полегшені: d=8,7-11 мм довжиною 4 м з гаками на кінцях довж. 2 м | 2 4 | 2,1 3,86 |
| 23 | Домкрат | 1 | 35 |
| Всього вага: | | | 348,4 |

3.6 Визначення загальної трудомісткості

Трудомісткість визначається за формулою:

$$Q = \frac{N_{ч} \cdot V}{8} \quad [\text{люд-днів}], \quad (3.1)$$

де $N_{ч}$ – норма часу, встановлюється у ДБН

V - об'єм робіт

Тривалість роботи визначається за формулою:

$$T = \frac{Q}{N} \text{ [днів]}, \quad (3.2)$$

де Q – трудомісткість, [люд-днів];

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

З попередніх розрахунків отримані трудомісткості окремих робіт :

1) Доставка до місця монтажу деталей повітроводів і їх складування

Трудомісткість Q = 1,085 (люд-днів).

2) Пробивання отворів

Трудомісткість : Q = 7,3 (люд-дні).

3) Кріплення кронштейнів

Трудомісткість : Q = 4 (люд-дні).

4) Прокладання круглих повітроводів з оцинкованої сталі класу Н (нормальні) товщиною сталі 1 мм

Трудомісткість : Q = 36,95 (люд-днів).

5) Прокладання прямокутних повітроводів з оцинкованої сталі класу Н (нормальні) товщиною сталі 1 мм

Трудомісткість : Q = 23,3 (люд-дні).

6) Прокладання утеплених повітроводів товщиною сталі 1 мм.

Трудомісткість : Q = 22,9 (люд-дні).

7) Встановлення ґраток жалюзійних сталевих

Вимірювач – 1 решітка.

Трудомісткість: Q = 18,2 (люд-дні).

8) Установка над шахтами зонтів із листової сталі прямокутного перерізу

Трудомісткість: Q = 0,164 (люд-днів).

9) Установка прийомних блоків продуктивністю до 10 тис. м³/год

Трудомісткість: Q = 4,97 (люд-днів).

10) Установка камер повітряних продуктивністю до 10 тис. м³/год

Трудомісткість: Q = 2,3 (люд-днів).

11) Установка фільтрів повітряних сухих продуктивністю до 10 тис. м³/год

Трудомісткість: Q = 3,96 (люд-днів).

12) Установка повітрянагрівачів продуктивністю до 31,5 тис. м³/год

Трудовіткість: $Q = 5,78$ (люд-днів).

13) Установка глушників шуму вентиляційних установок трубчатих типу

ГТП 1-5, перерізом 400x400мм

Трудовіткість: $Q = 0,77$ (люд-днів).

14) Установка герметичних дверей

Трудовіткість: $Q = 0,85$ (люд-днів).

15) Монтаж гнучких вставок

Трудовіткість: $Q = 0,6$ (люд-днів).

16) Установка дефлекторів

Трудовіткість: $Q = 4,29$ (люд-днів).

17. Пусконаладжувальні роботи

Трудовіткість: $Q = 1,5$ (люд-днів).

18. Повернення обладнання на склад

Трудовіткість: $Q = 0,3$ (люд-днів).

$Q_1 = 1,05$ (люд-днів);

$Q_2 = 7,3$ (люд-днів);

$Q_3 = 4$ (люд-днів);

$Q_4 = 36,95$ (люд-днів);

$Q_5 = 23,3$ (люд-днів);

$Q_6 = 22,9$ (люд-днів);

$Q_7 = 18,2$ (люд-днів);

$Q_8 = 0,164$ (люд-днів);

$Q_9 = 4,97$ (люд-днів);

$Q_{10} = 2,3$ (люд-днів);

$Q_{11} = 3,96$ (люд-днів);

$Q_{12} = 5,78$ (люд-днів);

$Q_{13}=0,77$ (люд-днів);

$Q_{14}=0,85$ (люд-днів);

$Q_{15}=0,6$ (люд-днів);

$Q_{16}=4,29$ (люд-днів);

$Q_{17}=1,5$ (люд-днів);

$Q_{18}=0,3$ (люд-днів)

Загальна трудомісткість : $Q_{\text{заг.}} = 130,12$ люд-днів.

3.7 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань

У зв'язку з тим, що ми отримаємо фасонні частини повітроводів в готовому вигляді, то ми маємо потребу тільки в монтажних інструментах.

Вимірювальні інструменти:

- рулетка (стрічка) вимірювальна, 20 м.(ГОСТ 7502-80);
- виски;
- рівні (ГОСТ 9392-60).

Ударні інструменти:

- молотки слюсарні (ГОСТ 2310-79);
- кувалди;
- зубила слюсарні (ГОСТ 7211-74).

Інструменти для свердлування та пробиванні отворів:

- перфоратор BOSCH.

| | |
|---------------------------|-------------|
| діаметр свердлення | 40 мм; |
| частота обертів шпинделя | 350 об/хв.; |
| потужність електродвигуна | 1.2 кВт; |
| маса | 11 кг. |

Інструменти для зборки:

- ключі гайкові (ГОСТ 4543-82);
- одно- та двосторонні

- шуруповерт електричний;
- викрутки (ГОСТ 5423-79);
- плоскогубці (ГОСТ 7236-74).

Інструменти для такелажних робіт:

- лебідка електрична типу ЛР-07

| | |
|--|---------|
| тягове зусилля | 0,7 т с |
| діаметр канату | 11,5 мм |
| канатоємкість барабану | 80 м |
| маса (без канату і пускової апаратури) | 480 кг |
- канати діаметром 11,5 мм;
- блоки;
- поліспасти;
- ковзани для переміщення вантажу до місця монтажу.

Молоток слюсарний тип 2 застосовується при зборці повітроводів для кільцевої зачистки зварних швів від шлаку та насадки фланців.

Кувалда тергоносна застосовується для робіт, які потребують більш значної прикладеної маси, наприклад, для забивання в стіни та стелю кронштейнів для кріплення повітроводів

3.8 Витрата електроенергії та пального

Витрати електроенергії для електроінструментів та механізмів і пального для автомобіля:

а. витрати електроенергії на роботу перфоратора:

$$k=0,3; \tau=24 \text{ год}; p=0,35 \text{ кВт};$$

$$E_{\text{п}}=k \cdot \tau \cdot p=0,3 \cdot 24 \cdot 0,35=2,52 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

б. витрати електроенергії на роботу компресора ПКС-7:

$$k=0,5; \tau=4 \text{ год}; p=4,2 \text{ кВт};$$

$$E_{\text{к}}=k \cdot \tau \cdot p=0,5 \cdot 4 \cdot 4,2=8,4 \text{ (кВт}\cdot\text{год)};$$

с. витрати електроенергії на роботу електролебідки ЛР-0,7:

$k=0,3$; $\tau=64$ год; $p=2,8$ кВт;

$E_{л}=k \cdot \tau \cdot p=0,3 \cdot 64 \cdot 2,8=53,76$ кВт·год.

Загальна витрата електроенергії:

$E_{заг}=E_{л}+E_{к}+E_{п}+E_{т}=2,52+8,4+53,76=64,68$ кВт·год.

Витрата пального на доставку повітроводів та інших деталей від монтажно-заготівельного заводу до об'єкту:

відстань – 30 км; кількість ходок $n=5$;

Витрата пального для автомобіля MAN TGA 18.410:

$$Q = \frac{48 \cdot n \cdot 1}{100} = \frac{48 \cdot 5 \cdot 30}{100} = 72 \text{ (л)}.$$

3.9 Вимоги до монтажу повітроводів

До монтажу повітроводів, виготовлених із сталі, висувають наступні вимоги:

- 1) надійне кріплення до будівельних конструкцій споруди, спирання повітроводів на вентиляційне обладнання не дозволяється ;
- 2) внутрішні поверхні повинні бути гладкі ;
- 3) роз'ємні з'єднання повітроводів розміщені в доступних місцях ;
- 4) кріплення розтяжок та підвісок забороняється ;
- 5) хомути повинні щільно охоплювати металеві повітроводи ;
- 6) вертикальні повітропроводи не повинні відхилятися від стрімкої лінії більш ніж на 2 мм на 1 м довжини повітропроводу;
- 7) болти у фланцевих з'єднаннях повинні бути затягнуті до відказу, усі гайки болтів розташовуються з однієї сторони фланця, при встановленні болтів
- 8) вертикально гайки розташовують в нижній частині з'єднання ;
- 9) вільно підвішені повітроводи 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 ;

- 10) розрахунковий крок кронштейнів, підвісок та інших кріплень повітроводів встановлюються монтажним проєктом, робочою документацією, або у відповідності із СНиП 3.05.01 - 91 «Внутренние санитарно-технические системы» назначається до 3 м при діаметрах круглих горизонтальних повітроводів більше 400 мм і не більше 4 м - для повітроводів інших розміріві вертикальних металевих ;
- 11) кріпити розтяжки і підвіски безпосередньо до фланців повітроводів не допускається ;
- 12) повітроводи доставляють вузлами на об'єкт після приймання його під монтаж

До початку монтажу необхідно :

- 1) на аксонометричній схемі чи монтажному кресленні вентиляційної системи зробити розмітку на вузли у відповідності з місцевими умовами монтажу ;
- 2) визначити послідовність монтажу вузлів ;
- 3) прив'язати до будівельних конструкцій на плані місця розташування кронштейнів ;
- 4) помітити, з'ясувати місця встановлення і способи кріплення либідок, блоків, тросів, поліспаствів, під'ємників.

3.10 Монтаж припливно-витяжної установки

Припливно-витяжна установка складається з окремих секцій. До початку монтажу припливної установки готують горизонтальний майданчик у вигляді бетонної плити, товщина якої 100 мм.

Монтують установку в наступній послідовності: в отворі стінки форкамери монтують контрфланець приймального утепленого клапана, з'єднують його з контрфланцем отвору стінки форкамери і з приймальною секцією. До приймальної секції послідовно приєднують на болтах з прокладками секції нагрівання, з'єднувальну, які розташовують безпосередньо на бетонній плиті. На віброізоляторах встановлюють вентиляторну секцію і з'єднують її за допомогою гнучких вставок із з'єднувальною секцією та повітроводом.

3.11 Засоби кріплення повітроводів

Повітроводи з'єднуються з фасонними частинами та між собою за допомогою фланців та електрозварювання. Матеріали, з яких виготовляють фланці і їх розміри, кількість і розміри болтів, які з'єднують фланці приведені в додатку Н.

Кріплення повітроводів до будівельних конструкцій виконують за допомогою хомутів та тяг.

Хомути СТД - 205 для кріплення повітроводів (ТУ 36-1195-74) призначені для підвішування повітроводів до будівельних конструкцій на тягах, захватках, талрепах тощо. Хомути виготовляють з сталеві стрічки: при розмірах повітропроводу до 400 мм - шириною - 25 мм, від 450 до 1600 мм - 30 мм. В комплект постачання входять болт із гайкою. Розміри хомутів приведені в таблиці.

Кронштейни для кріплення повітроводів встановлюють без порушення цілісності і міцності будівельних конструкцій. Кронштейни кріплять до будівельних конструкцій двома способами : заробкою в будівельні конструкціїї пристрілюванням їх дюбелями за допомогою монтажного перфоратору BOSCH.

Тяги СТД - 6327, СТД 6328 (ТУ - 1643 - 73) служать для підвішування повітроводів до будівельних конструкцій.

3.12 Висновки до розділу 3

В організаційно-технологічному забезпеченні реалізації проєктних рішень ч визначено склад та об'єм робіт, обрано методи виконання робіт, визначено трудомісткість монтажних робіт, на основі якої складено графік виконання робіт, загальної тривалості робіт та складу бригад. Визначені вимоги щодо монтажу повітроводів та вентиляторів, підібрані засоби кріплення повітроводів до стін та стелі, а також описані способи кріплення повітроводів.

4. ПУСК, ВИПРОБУВАННЯ, НАЛАДКА, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ

4.1 Передпускові випробування

Передпускові випробування проводять в підготовлених до здачі будинках за наявності актів, оформлених монтажними організаціями про механічне випробування вентиляторів, електродвигунів, електроповітрянагрівачів, випробування проводять лише після під'єднання кондиціонера до мережі розподільчих повітроводів ще до підключення системи автоматичного регулювання (в ручному режимі керування роботою СКП).

Перед початком випробувань слід ознайомитись з проектною документацією та перевірити:

- відповідність фактично встановленого вентиляційного обладнання (вентилятори, калорифери, електроприводи, кондиціонери, фільтри, пиловловлювачі тощо) з проектними;
- відповідність якості монтажу та ступеня експлуатаційної готовності СКП технічним вимогам та інструкціям щодо монтажу та експлуатації цього обладнання заводів-виробників;
- відповідність якості виготовлення та монтажу повітроводів, вентиляційних камер та каналів тощо.

На усі виявлені при перевірці відхилення від проекту (що не погоджені з проектною організацією), а також дефекти монтажу складають дефектні відомості, які передаються замовнику. Дефекти слід усунути до початку передпускових випробувань[18].

Під час передпускових випробувань слід перевірити:

- відповідність проектним даним фактичної продуктивності вентилятора;
- відповідність проекту об'ємів повітря, що проходить крізь повітродозподільні та повітроприймні пристрої СКП по окремим приміщенням;
 - відповідність проекту об'ємів, що транспортується крізь повітроприймні та повітровихідні пристрої (припливна решітка, вихлопна труба);
 - виявити нещільність в повітропроводах та інших елементах установки;
 - перевірити на дотик рівномірність прогріву електрокалорифера.

Якщо перевіркою виявлено, що продуктивність СКП не відповідає проектним даним, то слід відрегулювати роботу СКП. Коли і після цього фактичні витрати та параметри повітря в СКП не відповідають проектним значенням, слід виявити причину невідповідності.

Причини можливих невідповідностей можуть бути помилками проектування, дефекти обладнання. Згідно виявлених недоліків розробляються рекомендації по їх усуненню:

- збільшення швидкості обертання колеса вентилятора шляхом зміни діаметра шківа електродвигуна;
- заміна електродвигуна;
- заміна вентиляційного агрегату на інший номер;
- зміна розрахункового перерізу повітропроводів або живого перерізу припливних решіток.

Відхилення від проектних даних, виявлених перевіркою, на щільність допускається : $\Delta = \pm 10\%$.

Передпускові випробування та наладку СКП слід проводити в такій послідовності:

- 1 Ознайомитись з проектом СКП.
- 2 Ознайомитись з „натурою” для виявлення відхилень від проекту, що були допущені при монтажі, нанести на проекти аксонометричні схеми відхилення (без точного дотримання масштабу), виявити дефекти монтажу та скласти дефектну відомість.
- 3 Перевірити усунення дефектів монтажу.
- 4 Нанести на схеми СКП умовними позначеннями точки вимірювання з порядковою нумерацією (рахуючи від кондиціонера до найвіддаленішої точки).
- 5 Перенести зі схеми на „натуру” з розміткою крейдою на повітропроводах отворів для замірів (пірометричні лючки).
- 6 Зробити отвори в повітропроводах по розмітці (виконує монтажна фірма).
- 7 Перевірити всі повітрорегулюючі пристрої (клапани, жалюзійні решітки) та встановити їх в положення повного відкриття.
- 8 Провести аеродинамічне випробування СКП.

- 9 Розрахувати результати випробувань та занести їх до відповідних таблиць паспорта кондиціонера.
- 10 Визначити за ступенем відповідності проєктних та фактичних вимірів витрат повітря, потребу в регулюванні СКП.
- 11 Відрегулювати витрату повітря за допомогою розмітки відповідних рисок, що відповідають положенню регулюючих пристроїв (клапани та жалюзійні решітки).
- 12 Скласти та передати замовнику паспорта на відрегульовану СКП та акти на проведені передпускові випробування.
- 13 Проконтролювати правильну установку лючків або заглушок на отворах в повітропроводах, які передбачені для пневмометричних вимірювань.

Перед початком пусконаладжувальних робіт слід провести інструктаж наладчиків з ТБ та перевірити згідно цих вимог наявність і відповідність допоміжних пристроїв. Передпускові випробування та наладку здійснює комплексна бригада у складі:

- 1 старший технік;
- 2 технік.

Роботою керує інженер, виконавець робіт.

Передпускові випробування та наладка СКП входять в вартість будівельно-монтажних робіт.

4.2 Налагоджування робочих режимів системи

Змішування зовнішнього та рециркуляційного повітря відбувається в змішувальній секції до фільтра. Клапан зовнішнього повітря та викидної шахти при роботі кондиціонера або повністю закрито, або встановлено під певним кутом. З вимкненням вентилятора клапани та зачиняються. Надлишкове повітря з приміщення видаляється витяжною системою або витискується крізь природну шахту 2 (дивись креслення).

Аеродинамічне випробування та налагоджування СКП виконуються в такій послідовності:

1. При повністю відкритих клапанах та зачиненому направляючому апараті вентилятора під'єднують прилади для вимірювання струму електродвигуна (при наявності гідromуфти – частота обертання шківу приводу повинна бути мінімальною). Поступово відкривають направляючий апарат або збільшують частоту обертання муфти до досягнення допустимої сили струму в обмотці двигуна.

2. В контрольній точці мережі повітроводів виміряти подачу кондиціонера. При перевищенні подачі досягти проєктного значення, причиняючи направляючий апарат або зменшуючи частоту обертання шківу гідromуфти.

3. Провести аеродинамічне регулювання на проєктні витрати витяжну систему .

4. Виміряти витрату рециркуляційного повітря, якщо витрата менше за проєктну, поступово причиняють клапан 1 до забезпечення проєктної витрати рециркуляційного повітря. Якщо виміряна витрата рециркуляційного повітря більша за проєктну, провести регулювання встановленням діафрагми в місці виходу каналу рециркуляційного повітря в секцію змішування.

5. Виконати аеродинамічне регулювання мережі припливних повітроводів на проєктні (або пропорційно змінені витрати повітря).

6. Виміряти подачу або повний тиск вентилятора кондиціонера, провести аналіз отриманих результатів, виявити та усунути причини незадовільної його роботи:

- невідповідність аеродинамічного опору повітря проводів проєктним значенням;
- невідповідність характеристики роботи вентилятора кондиціонера по каталогу;
- підвищений опір елементів кондиціонера (забруднення ребреної площі поверхні електрокалорифера, значне відкладання солей жорсткості на пластинах сепаратора, засмічення фільтра).

7. При проєктній подачі СКП та витяжної установки перевірити наявність підпора в кондиціонуємих приміщеннях, що виключає перетікання повітря з суміжних переміщень. Якщо повітря з приміщення видається крізь природну

шахту, перевірку виконують при повністю відчиненому клапані 2.

Перевірку виконують наступним чином:

- відчиняють одну з двірних пройм кондиціонуємого приміщення;
- виміряти за допомогою анемометра по висоті дверної пройми швидкість руху повітря та його напрямок (напрямок руху повітря визначають за цівкою диму).

Якщо за результатами проведених випробувань встановлено, що крізь дверну пройму повітря з суміжних приміщень надходить до кондиціонуємого приміщення, то причиняють клапан або зменшують витяжку до забезпечення руху повітря по всій площині дверної пройми з кондиціонуємого приміщення до суміжних.

Якщо за технологічними причинами не можливо зменшити кількість рециркуляційного повітря. При зменшенні кількості рециркуляційного повітря слід звернути увагу на те, аби при розрахункових параметрах зовнішнього повітря точка змішування не потрапила в зону туману на полі I-d-діаграми .

8. Обмежити хід виконавчих механізмів, забезпечуючи при повному відчиненні поворот створом клапанів на потрібний кут.

Регулювання метеорологічних умов в кондиціонуємих приміщеннях (кінцеве випробування).

Якщо рухомість повітря в „робочій зоні” перевищує величини, що допустимі по ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування, слід:

- зменшити кількість повітря, що подається;
- змінити напрям припливних струменів таким чином, аби в місці їх входу в „робочу зону” рухомість повітря не перевищувала нормованих величин;
- змінити будову повітророзподільних пристроїв.

Якщо застосовується кількісна схема регулювання температури повітря в кондиціонуємому приміщенні, параметри „робочої зони” вимірюються при максимальній і мінімальній кількості повітря, що подається до приміщення.

Кінцеве випробування СКП здійснюється в одному з сезонних режимів. Межею є контрольна перевірка роботи СКП в автоматичному режимі при нормальному технологічному процесі в кондиціонуємому приміщенні. Кінцеве випробування СКП проводять протягом 8 годин.

При цьому за присутності замовника в журналі фіксують наступні параметри:

- температура і відносна вологість зовнішнього повітря;
- температура і відносна вологість повітря за камерою зрошення на виході з повітророзподільних пристроїв в „робочій зоні” кондиціонуемого приміщення;
- температуру теплоносія на вході і виході з калорифера;
- температуру холодоносія;
- температуру і відносну вологість рециркуляційного повітря;
- швидкість руху повітря в „робочій зоні” приміщення.

По закінченню випробувань СКП аналізують отримані результати вимірювань, порівнюються з вимогами ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування та санітарних вимог будується I-d-діаграма фактичного процесу обробки повітря та порівнюється з проектною.

4.3 Система планових та капітальних ремонтів

Поточний ремонт – це такий мінімальний за обсягом вид робіт, коли забезпечується нормальна експлуатація систем вентиляції та кондиціонування повітря в установлені планом терміни. Цей ремонт передбачає очистку елементів системи і поверхонь нагрівання калориферів від пилу та інших забруднень, ремонт пошкоджень елементів оребрень калориферів, герметизацію роз’ємних з’єднань, дверей і відновлення ущільнень між будівельними конструкціями та елементами системи (калориферами тощо), усунення нещільностей і дрібних несправностей, заміну деталей, що швидко спрацьовуються й вийшли з ладу (фільтрів та ін.), підтягування пасів і болтових з’єднань.

Поточний ремонт виконує експлуатаційний персонал або спеціальні служби на місці встановлення обладнання. Організувати ремонт і здійснювати контроль за його проведенням повинна особа, за якою закріплено ремонтване обладнання.

Планово-попереджувальний ремонт починають з огляду установок: перевіряють щільність всіх з’єднань повітропроводів; виявляють пошкоджені

місця, якість ізоляції й пофарбування; перевіряють стан підвісних кріплень, відсмоктувальних та повітророзподільних пристроїв, регуляторів. При огляді перевіряють також правильність обертання лопатевих коліс вентиляторів, контролюють ступінь їх вібрації та стан балансування. За шумом й нагріванням встановлюють справність підшипників. За натягненням та биттям встановлюють стан передачі від вентилятора до двигуна, міцність кріплення та інше [26].

При поточному ремонті установок замінюють непридатні болти і прокладки з'єднань повітропроводів, виправляють інші пошкодження (ізоляція, фарбування). Відновлюють також правильність дії відсмоктувальних та повітророзподільних пристроїв. Змінюють, якщо невірно під'єднано, напрямки обертів лопатевого колеса і здійснюють його балансування без зняття вала. Регулюють підшипники й замінюють в них змащення. Регулюють або замінюють пасову передачу. Підтягують болти кріплення до фундаменту тощо.

При поточному ремонті вентиляційних установок в залежності від виду роботи рекомендована орієнтовна періодичність ремонту (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Періодичність ремонту, місяці

| Елементи установок | Очищення | Підтягування | Фарбування |
|--------------------|----------|--------------|------------|
| Повітроводи | 3...6 | 3...6 | 12...24 |
| Вентилятори | 3...6 | 3...6 | 12...36 |
| Привід | - | 1...3 | - |
| Електродвигуни | 6...12 | 6...12 | 12...36 |

Капітальний ремонт систем кондиціонування здійснюють спеціалізовані ремонтні підприємства, що повністю замінюють або відновлюють спрацьоване обладнання, повітропроводи та інші елементи систем кондиціонування повітря.

Капітальний ремонт установок виконують також силами вентиляційної майстерні, якщо вона є, силами ремонтних бригад підприємства або залучених зі сторони підрядника майстрів. Всі роботи здійснюють у відповідності з графіком, що складений заздалегідь і узгоджений з планом роботи підприємства чи установи.

При капітальному ремонті установок замінюють не менше половини всіх конструктивних елементів повітропроводів, встановлюють або заміняють в них

ізоляцію, заново фарбують всі елементи установок, замінюють корпуси або лопатеві колеса вентиляторів, здійснюють балансування коліс на станку, замінюють зношені підшипники й деформовану передачу від двигунів до вентилятора тощо.

4.4 Можливі пошкодження в роботі обладнання системи кондиціонування

Можливі пошкодження в роботі обладнання системи кондиціонування повітрята способи їх усунення приведені в таблицях 4.2-4.4.

Таблиця 4.2 - Можливі несправності в роботі вентагрегату

| Несправність | Причина | Спосіб усунення |
|--|--|--|
| Підвищена вібрація вентагрегату | Розбалансування обертових частин (робоче колесо, шків, гідромуфта) | Збалансувати обертові частини |
| | Ослабло кріплення вузла валу | Підтягнути болтове |
| | Вийшов з ладу підшипник | З'єднання валу вузла Замінити підшипник |
| Підвищений нагрів підшипникового вузла | Відсутність змазки в підшипнику | Додати мастила |
| | Підвищений натяг клинових пасів | Послабити натяг пасів |
| Підвищене ковзання клинових пасів | Слаба натяжка пасу | Підтягнути пас |
| | Забруднення пасу | Очистити пасок |

Таблиця 4.3 - Можливі несправності в роботі гідромуфти

| Несправність | Причина | Спосіб усунення |
|--|---|--|
| Шестеренчастий насос не подає масло в гідромуфту | Забито фільтр клапанної коробки | Очистити фільтр клапанної коробки |
| Манометр не показує тиск | Забито жиклери | Відкрутити дві пробки на кожусі гідромуфти, прочистити жиклери, закрутити пробки |
| | Несправне манометр | Замінити манометр |
| Знижуються оберти гідромуфти | Кульки в клапанній коробці нещільно сидять в сідлах | Притерти кульки до сідел клапанної коробки |

| | | |
|----------------|--|------------------------|
| Перегрів муфти | Недостатня витрата або висока початкова температура охолоджувальної води | Збільшити витрату води |
|----------------|--|------------------------|

Таблиця 4.4 - Можливі несправності роботи фільтру

| Несправність | Причина | Спосіб усунення |
|---|---|--|
| Опір фільтру перевищує норму ($\Delta P > 10 \frac{кг \cdot с}{м^2} = 100 Па$) | На сітці зібралось багато пилу | Збільшити швидкість руху сітчастих панелей |
| | Не відповідна марка масла | Заправити бак рекомендованим маслом |
| Винос масла | Відсутнє прилягання повстяного шкребка нижнього масло зйомника до сітки | Забезпечити прилягання |
| | Відсутнє прилягання гумових шкребків верхнього маслзйомника до валу головки | Забезпечити прилягання |
| | Злив масла з лотка верхнього маслзйомника не до масло точного каналу середньої стойки | Прочистити лоток |
| | Швидкість руху повітря перевищує допустиму | Зменшити подачу кондиціонера |

4.5 Висновки до розділу 4

Цей розділ підкреслює важливість пуску, випробування, налагодження, експлуатації та ремонту для забезпечення енергоефективності та надійної роботи систем мікроклімату адміністративної будівлі. Правильне налагодження є ключовим для досягнення оптимальних показників енергоспоживання. Запропоновані заходи з експлуатації та автоматизації гарантують безперервний контроль і оптимізацію роботи системи. Своєчасний та якісний ремонт забезпечує довговічність обладнання. У сукупності, ці етапи гарантують досягнення проектних показників енергоефективності та комфортного мікроклімату з мінімальними експлуатаційними витратами.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

5.1 Локальний кошторис

Кошторисна документація до дипломного проєкту складена у відповідності до Д. 1.1.1-2013 “Правила визначення вартості будівництва”.

Кошторисна документація складена в цінах 2024 року.

В локальному кошторисі визначено кошторисну вартість робіт, яка містить в собі прями та загально-виробничі витрати.

Прямі витрати враховують заробітну плату робітників, вартість експлуатації будівельних машин і механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загально-виробничі витрати будівельно-монтажної організації входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт.

Локальний кошторис складений на монтаж систем вентиляції адміністративної будівлі в місті Вінниця (табл. 5.1). Склад, об’єми робіт та необхідну кількість витратних матеріалів наведено у розділі 3 даного проєкту. Основою для розробки кошторису є креслення та специфікації (див. розділ 3).

Техніко-економічні показники проєкту визначаються сумарними характеристиками, віднесеними до об’єму повітря, що транспортується.

Основним показником є кошторисна вартість монтажу системи, яка визначається відповідно до діючих норм з врахуванням встановлених надбавок.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники

| Назва | Результат |
|-------------------------------|--------------------|
| Кошторисна вартість | 109,146 тис. грн. |
| Кошторисна трудомісткість | 1,827 тис. люд год |
| Коштористна заробітна платня | 25,739 тис. грн. |
| Середній розряд робіт | 3,4 |
| Тривалість виконання робіт | 22 дні |
| Кількість робітників | 4 люд. |
| Кількість машин та механізмів | 3 мех. |

5.2 Висновки до розділу 5

В даному розділі було складено кошторисну документацію, яка включає в себе кошторисну вартість, кошторисну трудомісткість та кошторисну зарплату. Основою для розробки кошторису стали креслення та специфікації обладнання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської кваліфікаційної роботи на тему: «Проектування енергоефективних систем створення мікроклімату для адміністративної будівлі» були вирішені всі поставлені задачі.

1. Проведено аналітичний огляд конструктивних рішень системи забезпечення мікроклімату адміністративної будівлі (1 розділ). На основі аналізу визначені проєктні заходи для підвищення енергоефективності будівлі:

- використано тепло утилізатори (рекуператори) або інші способи ефективного використання енергії;
- системи припливної вентиляції запроектовано низьконапірними, та забезпечувати їх пристроями автоматичного регулювання теплової енергії;
- у системі вентиляції використовувати ежекційні повітророзподільні пристрої;

2. Результати аналітичного дослідження реалізовані на прикладі проєкту «Проектування енергоефективних систем створення мікроклімату для адміністративної будівлі». Обґрунтовано вибір використання утилізації теплоти в системах вентиляції та димовідведення дозволяє значно зменшити витрати теплової енергії на забезпечення мікроклімату адміністративної будівлі (1 розділ).

3. Розроблено проєктне рішення системи вентиляції (2 розділ). Виконано моделювання гідравлічних режимів системи вентиляції, відповідно до цих розрахунків підібрано 2 холодильні машини чіллери "Carrier" AquaSnap Default 30RB0232-A холодильною потужністю 234,5кВт кожний; мульти-спліт системи кондиціонування повітря фірми «LG» модель UU43W UHC потужністю по холоду та теплу 12,3кВт; вентилятори, повітроводи тощо. Також в даному розділі наведено характеристику всього вентиляційного обладнання у зведеній таблиці.

4. За результатом виконаних розрахунків розроблено графічну частину (аркуш 1-10): план системи вентиляції, аксонометричну схему систем, монтажні креслення.

5. Розроблено організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних пропозицій (розділ 3). Визначена потреба в матеріалі та обладнанні і

інструменти для монтажу, необхідні витрати електроенергії на їх роботу, визначено склад ланок та розряд робітників, порядок виконання робіт. За результатом виконаних розрахунків розроблено календарний план виконання монтажних робіт (аркуш 11). Виконано розрахунок техніко-економічних показників, визначено загальну трудомісткість виконання робіт. Визначені заходи з техніки безпеки.

6. Складено локальні кошториси на проведення робіт по влаштуванню систем вентиляції адміністративної будівлі. Визначені техніко-економічні показники проекту.

Таким чином, досягнута мета роботи, а саме – розробка проєктного рішення найбільш ефективного варіанту системи вентиляції та кондиціонування, яка забезпечить автоматизацію теплових режимів, можливість керування температурою у приміщеннях, а також дозволить зменшити витрати теплової енергії на вентиляцію будинку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Ковальов І.О., Ратушний О. В. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії України: навч. посіб. для студ ВНЗ. Суми: СумДУ, 2015.182с.
- 2 Сонячні колектори [Електронний ресурс]. URL:
<https://gravicappa.com.ua/ua/articles/sonyachni-kolektory-yak-ce-pracyuye>.
- 3 Денисюк С. П., Коцар О. В., Чернецька Ю. В. Енергетична ефективність України: електронне видання. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. 79 с.
- 4 Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2–15:2019. [чинний від 2019-12-01]. К.: Державні будівельні норми України, 2019. 84 с. (Національні стандарти України).
- 5 Буферна ємність в комбінованій системі теплопостачання [Електронний ресурс]. URL:
<https://www.teplobak.com.ua/ua/articles/bufernaya-emkost/>.
- 6 Джеджула В.В., Ратушняк Г.С., Панкевич О.Д., Коц І.В. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної для магістрантів напряму підготовки «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2016. 39 с.
- 7 Пономарчук А.Ф., Пономарчук І.А., Волошин О.Б. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни „Опалення” для студентів напряму підготовки 092 „Будівництво”. Вінниця: ВНТУ, 2004. 38с.
- 8 Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [чинний від 2011-11-01]. Київ, 2011. 127 с. (Національні стандарти України).
- 9 Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6 – 31:2016. [чинний від 2007-04-11]. К.: Державні будівельні норми України, 2016. 71 с. (Національні стандарти України).
- 10 Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5 - 67:2013. [чинний від 2014-01-01]. К.: Державні будівельні норми України, 2013. 141с. (Національні стандарти України).
- 11 Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2–15:2019. [чинний від 2019-12-01]. К.: Державні будівельні норми України, 2019. 84 с. (Національні стандарти України).

- 12 Настанова з налаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового та громадського призначення: ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010. [чинний від 2010-09-01]. Київ, 2010. 45 с. (Національні стандарти України).
- 13 Підбір котла [Електронний ресурс]. URL: <http://baxi.ua/page//produkcziya/kondensaczjn-kotli.html>.
- 14 Підбір розширювального бака [Електронний ресурс]. URL: <https://reflex.kiev.ua>.
- 15 Підбір трубопроводів. [Електронний ресурс]. URL: http://ua.kan-therm.com/system_kan_therm/systems/system_kan_therm_pp.html.
- 16 Підбір радіаторів [Електронний ресурс]. URL: <http://www.termiya.com.ua/articles/66329/>.
- 17 Закон України «Про теплопостачання» [Електронний ресурс]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2633-15>.
- 18 Тарифи на опалення [Електронний ресурс]. – URL: http://vmte.vn.ua/price_population.html.
- 19 Правила визначення вартості будівництва: ДСТУ Д.1.1-1-2013. [чинний від 2014-01-01]. К: Держбуд України, 2013. 160с. (Національні стандарти України).
- 20 Альтернативне опалення [Електронний ресурс]. URL: <https://tvoeteplo.com.ua/alternatyvne-opalennya/>.
- 21 Плоскі сонячні колектори ВАХІ [Електронний ресурс]. URL:<http://baxi.ua/page/produkcziya/teplov%D1%96-sonyachn%D1%96-sistemi.html>
- 22 Підбір бака-акумулятора [Електронний ресурс]. URL: <http://kotly.org.ua/baki-akkumuljatory.html>.
- 23 Типи геліосистем [Електронний ресурс]. URL: <https://www.atmosfera.ua/uk/geliosistemi/tipi-geliosistem/>.
- 24 Підбір балансувальних клапанів [Електронний ресурс]. URL: <http://herz.ua/ukr/tovarview/1/260/>.
- 25 Підбір трубопроводів теплотраси [Електронний ресурс]. URL:<https://prom.ua/p593350938-truba-dlya-teplotrass;all.html>.

- 26 Підбір пластикових вікон [Електронний ресурс].
URL:<http://www.iqenergy.org.ua/windows.html>.
- 27 Підбір циркуляційних насосів [Електронний ресурс]. URL: <https://wilo-eswo.com.ua/wilo-top-s>.
- 28 Внутрішній водопровід та каналізація: ДБН В.2.5 – 64:2012. – [чинний від 2013-03-01]. К.: Державні будівельні норми України, 2012. 64 с. (Національні стандарти України).
- 29 Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції: навч. посіб. для студ ВНЗ. Вінниця: ВДТУ, 2000. 122 с.
- 30 Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання: навч. посіб. для студ ВНЗ. Вінниця: ВДТУ, 2002. 120 с.
- 31 Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового і громадського призначення: ДСТУ -Н Б В.2.5-43:2010. – [чинний від 2010-09-01]. Київ, 2010. 45 с. – (Національні стандарти України).
- 32 Настанова з проектування та монтажу систем опалення із застосуванням сталевих панельних радіаторів: ДСТУ-Н Б В.2.5-62:2012. [чинний від 2013-04-01]. Київ, 201. 38 с. (Національні стандарти України).
- 33 Кінаш Роман Іванович. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт: навч. посіб. для студ ВНЗ / Р.І.Кінаш, С.С. Жуковський. Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999. 448 с.
- 34 Пономарчук І.А., Колесник К. В. Опалення: навч. посіб. для студ ВНЗ. Вінниця : ВНТУ, 2017. 125 с. 113
- 35 Зінченко У.С. Державна політика енергозбереження країн Європейського Союзу та України / Черніг. центр перепідготовки та підвищення кваліфікації працівників органів держ. влади, органів місц. самоврядування, держ. п-в, установ і орг.; Чернігів : ЦППК, 2011. 56 с.
- 36 Продуктивність геліоколектора при різних режимах експлуатації. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.buderus.ua/files//201307161714000>.
- 37 Зварювальний апарат для поліпропіленових труб [Електронний ресурс]. URL: <https://ekoplastik.ua/rsp-2apm>

- 38 Інверторний зварювальний апарат [Електронний ресурс]. URL: <https://www.vdi-ua.com/gysmi/gysmi-207-ac-dc/>
- 39 Підбір автокрана [Електронний ресурс]. URL: http://www.techstory.ua/kran/krantech/ks2561d_tech.htm
- 40 Ресурсні елементи, кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник Вентиляція та кондиціонування: ДБН Д.2.2-20-99 [Чинний від 2000 – 01 – 01]. К.: Держбуд України, 2000. 70 с. (Державні будівельні норми України).
- 41 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006 [Чинний від 2008.01.01]. К.: Будівельник, 2006. 73 с. (Державні будівельні норми України)
- 42 Енергоефективна система теплопостачання з інтегрованими рекреаційними зонами на даху багатоповерхового будинку / О.О. Нестеренко, І.Ю. Мельник, А.В. Сигидин, І.В. Коц / Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», Вінниця, 15-16 червня 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/25357/21012>

ДОДАТКИ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: **Проектування енергоефективних систем створення мікроклімату
для адміністративної будівлі**

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(МКР)

Підрозділ кафедра ІСБ ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності TURNITIN

Оригінальність 84%

Схожість 15%

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

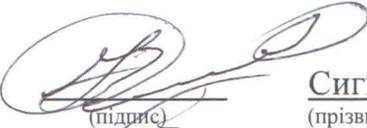

(підпис)

Слободян Н.М.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою TURNITIN щодо роботи.

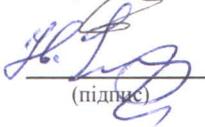
Автор роботи


(підпис)

Сигидин А.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Коц І.В.

(прізвище, ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Затверджено:
Завідувач кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.



“12” 06 2025 р

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

«Проектування енергоефективних систем створення мікроклімату для адміністративної будівлі»

Науковий керівник

к. т. н., проф


_____ Коц І.В.

Розробив магістрант

гр. ТГ-23мз


_____ Сигидин А.В.

Вінниця 2025

Технічне завдання

1. Призначення розробки та місце застосування.

Системи забезпечення мікроклімату призначені для створення оптимальних мікрокліматичних умов і підтримання температурного балансу в адміністративній будівлі.

2. Основа та підстава для виконання робіт.

Основою для виконання робіт є архітектурно-будівельні креслення адміністративної будівлі. Підстава до виконання робіт є тема МКР затверджена згідно наказу ректора ВНТУ № 96 від 20 березня 2025 р.

3. Мета та призначення розробки.

Метою розробки є застосування енергоефективної системи для створення оптимальних мікрокліматичних умов в будівлі, що забезпечує регульовану та економну витрату тепла та створення в приміщеннях сприятливих умов для людей, які перебувають у будівлі. Застосування даного обладнання дає можливість не втрачати тепло при його транспортуванні та виробляти теплоносії з температурою, яка потрібна в даний час, в залежності від погодних умов.

Призначення розробки: підтримка температури в приміщеннях на рівні $23^{\circ}\text{C} \pm 1,5$.

4. Джерела розробки.

Джерелами розробки є відомі на цей час конструктивні рішення при проєктуванні систем вентиляції, кондиціонування та робочі креслення будинку і нормативна література.

5. Технічні вимоги.

Технічні вимоги до систем вентиляції та кондиціонування викладені в наступній нормативній літературі:

ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування".

6. Вимоги по стандартизації та уніфікації.

При розробці систем вентиляції та кондиціонування потрібно застосовувати максимально можливу кількість стандартних виробів, які б забезпечували можливість швидкого монтажу систем та можливість їх ремонту чи заміни.

7. Вимоги з надійності.

Вимоги по надійності викладені в ГОСТ 27.002.

Обов'язковими є показники:

7.1. середня наробка обладнання на відмову, яка складає не менше 5 років;

7.2. середній повний строк служби – не менше 20 років;

7.3. оцінку відповідності показників надійності – середню наробку обладнання на відмову провести на етапі приймальних випробувань експериментальним шляхом у відповідності ГОСТ 27410;

7.4. на вироби повинні бути встановлені строки експлуатації.

8. Ергономічні вимоги:

8.1. Розташування органів управління основного та допоміжного обладнання повинні забезпечувати роботу персоналу з нагляду на протязі доби.

8.2. Номенклатура і величини антропометричних параметрів для пультів управління повинні відповідати вимогам ГОСТ 21114.

8.3. Виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточняється 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 зі строками обслуговування базового обладнання.

10. Порядок розробки випробування, приймання систем:

10.1. Стадію розробки встановлюють відповідно з ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування"

Обов'язковими етапами дослідно-конструкторської роботи є:

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

і інструкцій.

10.2 Ремонтна документація розробляється за окремим завданням замовника.

10.3 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.

10.4 Місце і строки випробувань визначають заздалегідь і попередньо узгоджують.

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

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|--|---|----------|
| 1 | Складання вступу до МКР | 09.03.25 | вик. |
| 2 | Аналітичний огляд конструктивних рішень системи забезпечення мікроклімату адміністративної будівлі.і | 18.03.25 | вик. |
| 3 | Теоретичне та практичне обґрунтування основних параметрів систем вентиляції та кондиціювання | 31.03.25 | вик. |
| 4 | Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень | 06.04.25 | вик. |
| 5 | Техніко – економічні показники | 13.04.25 | вик. |
| 6 | Охорона праці та техніка безпеки | 17.04.25 | вик. |
| 7 | Економічне обґрунтування | 21.04.25 | вик. |
| 8 | Матеріали презентації МКР, креслення, плакати | 28.04.25 | вик. |
| 9 | Попередній захист | 06.05.25 | вик. |
| 10 | Відгук опонента (рецензента) | 12.05.25 | |
| 11 | Захист МКР | 18.05.25 | |

Будова – Адміністративна будівля в
м.Вінниця Шифр проєкту - 09++++++

Локальний кошторис № 2-1-1
на Витяжні системи
Будівля громадського призначення

Основа:
креслення (специфікації) № ОВ.С1 аркуш.1-32

Кошторисна вартість
Кошторисна трудомісткість
Кошторисна заробітна плата
Середній розряд робіт

109,146 тис. грн.
1,827 тис.люд.-год.
25,739 тис. грн.
3,4 розряд

Складений в поточних цінах станом на "12 лютого" 2025 р.

| № п/п | Шифр і номер позиції нормативу | 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 | |
| | | | | | | | | | заробітної плати | в тому числі заробітної плати |
| | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Розділ 1. Система В-1 | | | | | | | | | | |
| 1 | E20-32-1 | Установлення вентиляторів осьових масою до 0,025 т | 1 | 91,92 87,25 | 4,53 1,69 | 92 | 87 | 5 2 | 6,21 0,12 | 6 - |
| 2 | * С130-62-10 варіант 1 | Вентилятори витяжний осьовий СBF-100 | 1 | 612,12 -- | - - | 612 | - | - - | - - | - - |
| 3 | E20-3-4 | Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,6 мм, діаметром 100 мм | 0,00157 | 12618,32 3343,19 | 65,59 27,15 | 20 | 5 | - - | 261,80 2,09 | - - |
| Разом прямі витрати по розділу 1, грн. | | | | | | 724 | 92 | 5 2 | | 6 - |
| в тому числі: | | | | | | | | | | |
| вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. | | | | | | 627 | | | | |
| всього заробітна плата, грн. | | | | | | 94 | | | | |
| Загальновиробничі витрати, грн. | | | | | | 78 | | | | |
| трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.-год. | | | | | | 1 | | | | |
| заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. | | | | | | 15 | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---------------------------|---|--------|----------------------------|-----------------------|----------------|--------------|---------------|-----------------------|---------------|
| | | Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.-год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. | | | | 301 3 61 | | | | |
| Всього по розділу 77, грн. | | | | | | 1366 | | | | |
| Розділ 78. Система В-78 | | | | | | | | | | |
| 404 | E20-32-1 | Установлення вентиляторів осьових масою до 0,025 т | 1 | <u>91,92</u> 87,25 | <u>4,53</u> 1,69 | 92 | 87 | <u>5</u> 2 | <u>6,21</u> 0,12 | <u>6</u> - |
| | | шт | | | | | | | | |
| 405 | * С130-62-2 | Вентилятори витяжний осьовий К-125М | 1 | <u>184,51</u> | - | 185 | - | - | - | - |
| | | шт | | -- | - | | | | | |
| 406 | E20-13-1 | Установлення клапанів зворотних діаметром 125 мм | 1 | <u>30,83</u> 22,61 | <u>0,83</u> 0,33 | 31 | 23 | <u>1</u> | <u>1,75</u> 0,03 | <u>2</u> |
| | | клапан | | | | | | | | |
| 407 | * С1630-1780-1 | Клапани зворотні ВКК-125 | 1 | <u>70,49</u> | - | 70 | - | - | - | - |
| | | шт | | -- | - | | | | | |
| 408 | E20-3-4 | Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,6 мм, діаметром 100 мм | 0,0016 | <u>12619,32</u> 3343,19 | <u>65,59</u> 27,15 | 20 | 5 | - | <u>261,80</u> 2,09 | - |
| | | 100м2 | | | | | | | | |
| 409 | E20-3-4 | Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,6 мм, діаметром 125 мм | 0,0184 | <u>12619,32</u> 3343,19 | <u>65,59</u> 27,15 | 232 | 62 | <u>1</u> | <u>261,80</u> 2,09 | <u>5</u> |
| | | 100м2 | | | | | | | | |
| 410 | E20-23-1 | Установлення дифузорів Ø 100 мм | 3 | <u>61,37</u> 57,59 | <u>0,83</u> 0,33 | 184 | 173 | <u>2</u> 1 | <u>4,51</u> 0,03 | <u>14</u> |
| | | шт | | | | | | | | |
| 411 | * С130-599-1 варіант 2 | Дифузор EFF-100 | 3 | <u>83,60</u> | - | 251 | - | - | - | - |
| | | шт | | -- | - | | | | | |
| Разом прямі витрати по розділу 78, грн. | | | | | | 1065 | 350 | 9 | | 27 |
| в тому числі: | | | | | | | | 3 | | 1 |
| вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. | | | | | | 706 | | | | |
| всього заробітна плата, грн. | | | | | | 353 | | | | |
| Загальновиробничі витрати, грн. | | | | | | 301 | | | | |
| трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.-год. | | | | | | 3 | | | | |
| заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. | | | | | | 61 | | | | |
| Всього по розділу 78, грн. | | | | | | 1366 | | | | |
| Разом прямі витрати по кошторису, грн. | | | | | | 90453 | 21700 | 736 | | 1646 |
| | | | | | | | | 271 | | 4 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|--|---|---|----|----|
| | | в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.-год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. | | | | 68017 21971 18693 177 3768 | | | | |
| | | ----- Прямі витрати будівельних робіт , грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. заробітна плата робітників, не зайнятих обслуговуванням машин, грн. заробітна плата в експлуатації машин, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.-год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього кошторисна вартість будівельних робіт , грн. кошторисна трудомісткість, люд.-год. кошторисна заробітна плата, грн. | | | | 90453 68017 21700 271 18693 177 3768 109146 1827 25739 | | | | |
| | | ----- Всього по кошторису, грн. | | | | 109146 | | | | |
| | | Кошторисна трудомісткість, люд.-год. | | | | 1827 | | | | |
| | | Кошторисна заробітна плата, грн. | | | | 25739 | | | | |

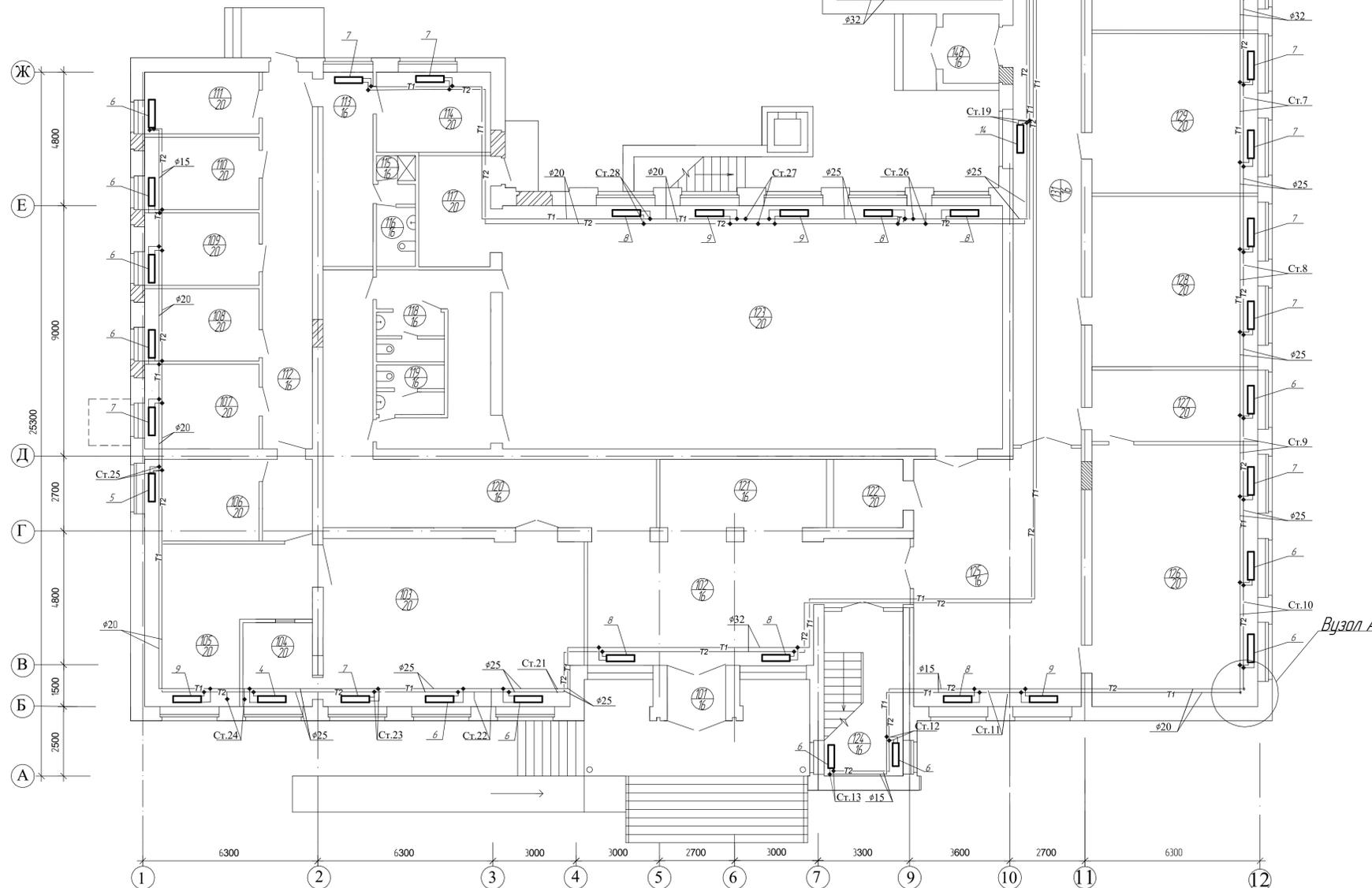
Склав _____ Сигидин А.В.

Перевірив _____ Лялюк О.Г.

План на відм. 0.000

Технічна характеристика радіаторів

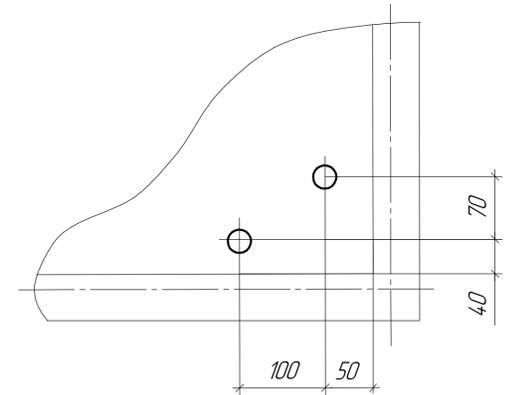
| Умовні позначення | Вид радіатора, потужність секції, кількість секцій. |
|-------------------|---|
| 4 | РБП-1-500-4 |
| 5 | РБП-1-500-5 |
| 6 | РБП-1-500-6 |
| 7 | РБП-1-500-7 |
| 9 | РБП-1-500-9 |



Експлікація приміщень

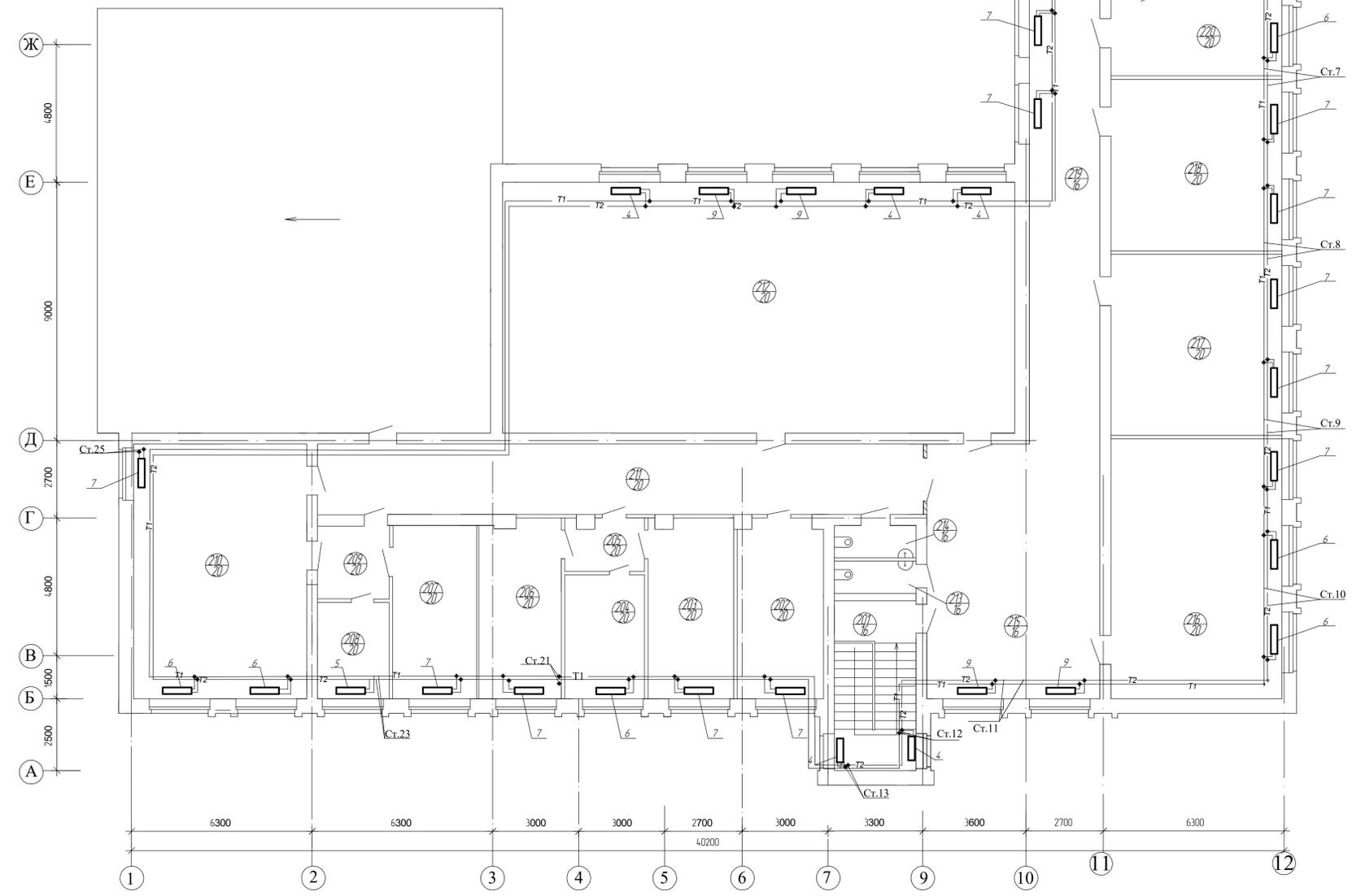
| Номер приміщення | Найменування | Площа, м ² |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| I поверх | | |
| 101 | Тамбур | 4,16 |
| 102 | Вестибюль | 44,56 |
| 103 | Операційна зала | 54,96 |
| 104 | Приміщення касира | 7,50 |
| 105 | Касовий зал | 37,81 |
| 106 | Буфет | 7,83 |
| 107 | Кабинет завідуючого касою | 12,50 |
| 108 | Обмінний пункт | 10,67 |
| 109 | Приміщення інкасаторів | 10,67 |
| 110 | Приміщення для перерахування грошей | 10,67 |
| 111 | Валютний відділ | 9,15 |
| 112 | Коридор | 24,20 |
| 113 | Коридор | 8,21 |
| 114 | Начальник ОПЕРУ | 11,21 |
| 115 | Душова | 1,22 |
| 116 | Санвузол для персоналу | 2,50 |
| 117 | Допоміжне приміщення | 10,4 |
| 118 | Санвузол | 3,28 |
| 119 | Санвузол | 3,28 |
| 120 | Коридор | 41,60 |
| 121 | Гардероб | 14,36 |
| 122 | Електрошитова | 6,12 |
| 123 | Офісне приміщення | 157,58 |
| 124 | Сходова клітка №1 | 16,80 |
| 125 | Вестибюль | 54,12 |
| 126 | Зал засідань | 56,34 |
| 127 | Головний бухгалтер | 15,30 |
| 128 | Внутрішня бухгалтерія | 36,49 |
| 129 | Відділ кредитування | 34,21 |
| 130 | Відділ пластикових карт | 32,22 |
| 131 | Коридор | 54,21 |
| 132 | Санвузол | 6,72 |
| 133 | Санвузол | 6,72 |
| 134 | Коридор | 45,10 |
| 135 | Тамбур | 3,10 |
| 136 | Архів | 9,24 |
| 137 | Коридор | 27,82 |
| 138 | Сходова клітка №2 | 16,8 |
| 139 | Тамбур | 4,89 |
| 140 | Приміщення прибирального інвентаря | 1,20 |
| 141 | Санвузол | 5,16 |
| 142 | Санвузол | 5,16 |
| 143 | Коридор | 10,2 |
| 144 | Службове приміщення | 36,69 |
| 145 | Валютний відділ | 42,79 |
| 146 | Тамбур | 4,16 |

Вузел А



| | | | | | | | | | |
|-----------|---------------|------|-------|-------|------|---|--------|------|--------|
| | | | | | | 08-13.МКР.008.01.000 ОВ | | | |
| | | | | | | Проектування енергоефективних систем опалення мікроклімату адміністративної будівлі | | | |
| Ізм. | Кор. | Лист | №рек. | Підп. | Дата | Опалення | Станд. | Лист | Листов |
| Виконав | Сигалов А.В. | | | | | | МКР | 1 | 12 |
| Перевірив | Кач І.В. | | | | | | | | |
| І. контр. | | | | | | | | | |
| ОпONENT | Полович М.М. | | | | | | | | |
| Н. контр. | Лажкевич О.Д. | | | | | | | | |
| Затвердив | Ратичиня Г.І. | | | | | | | | |
| | | | | | | План на відм. 0.000 експлікація приміщень | | | |
| | | | | | | ВНТУ, зр. ТГ-23мз | | | |

План на відм. +3.300



Експлікація приміщень

| Номер приміщення | Найменування | Площа, м ² |
|------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 2 поверх | | |
| 201 | Сходова клітка №1 | 16,80 |
| 202 | Кабінет юриста | 19,0 |
| 203 | Кабінет управляючого | 18,60 |
| 204 | Кабінет зам. управляючого | 12,0 |
| 205 | Коридор | 4,87 |
| 206 | Кабінет відпочинку | 17,51 |
| 207 | Кабінет керівника | 17,67 |
| 208 | Секретар | 8,40 |
| 209 | Коридор | 6,40 |
| 210 | Відділ кадрів | 53,64 |
| 211 | Коридор | 51,10 |
| 212 | Офісне приміщення | 157,58 |
| 213 | Санвузол | 3,10 |
| 214 | Санвузол | 3,10 |
| 215 | Вестибюль | 53,52 |
| 216 | Зал засідань | 54,10 |
| 217 | Робоча кімната | 35,30 |
| 218 | Робоча кімната | 37,90 |
| 219 | Коридор | 89,92 |
| 220 | Кабінет зберігання документів | 17,22 |
| 221 | Кабінет множильної техніки | 53,45 |
| 222 | Робоча кімната | 36,40 |
| 223 | Сходова клітка №2 | 16,80 |
| 224 | Санвузол | 10,82 |
| 225 | Санвузол | 9,40 |
| 226 | Робоча кімната | 20,92 |
| 227 | Програмісти | 44,39 |
| 228 | Приміщення архіву | 13,90 |

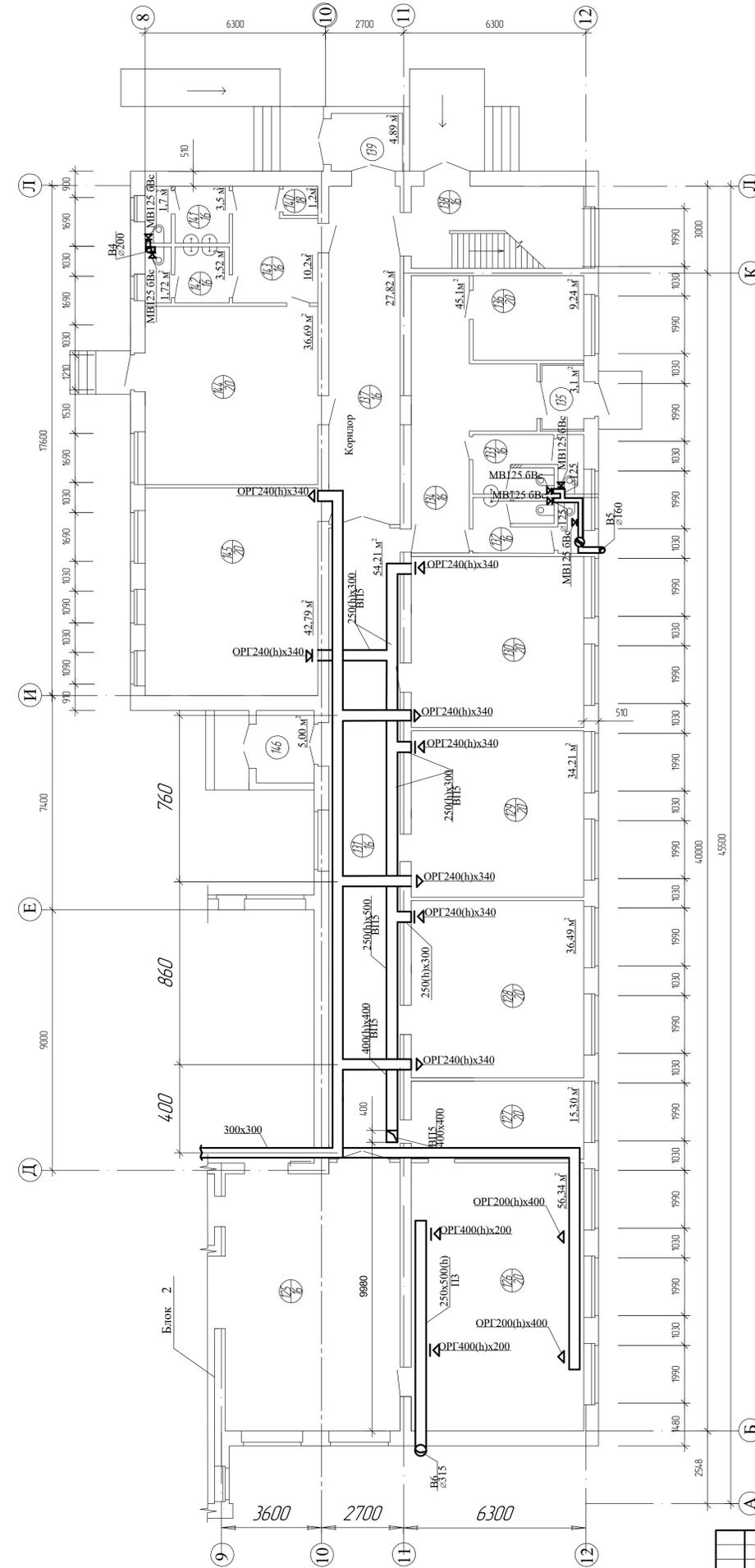
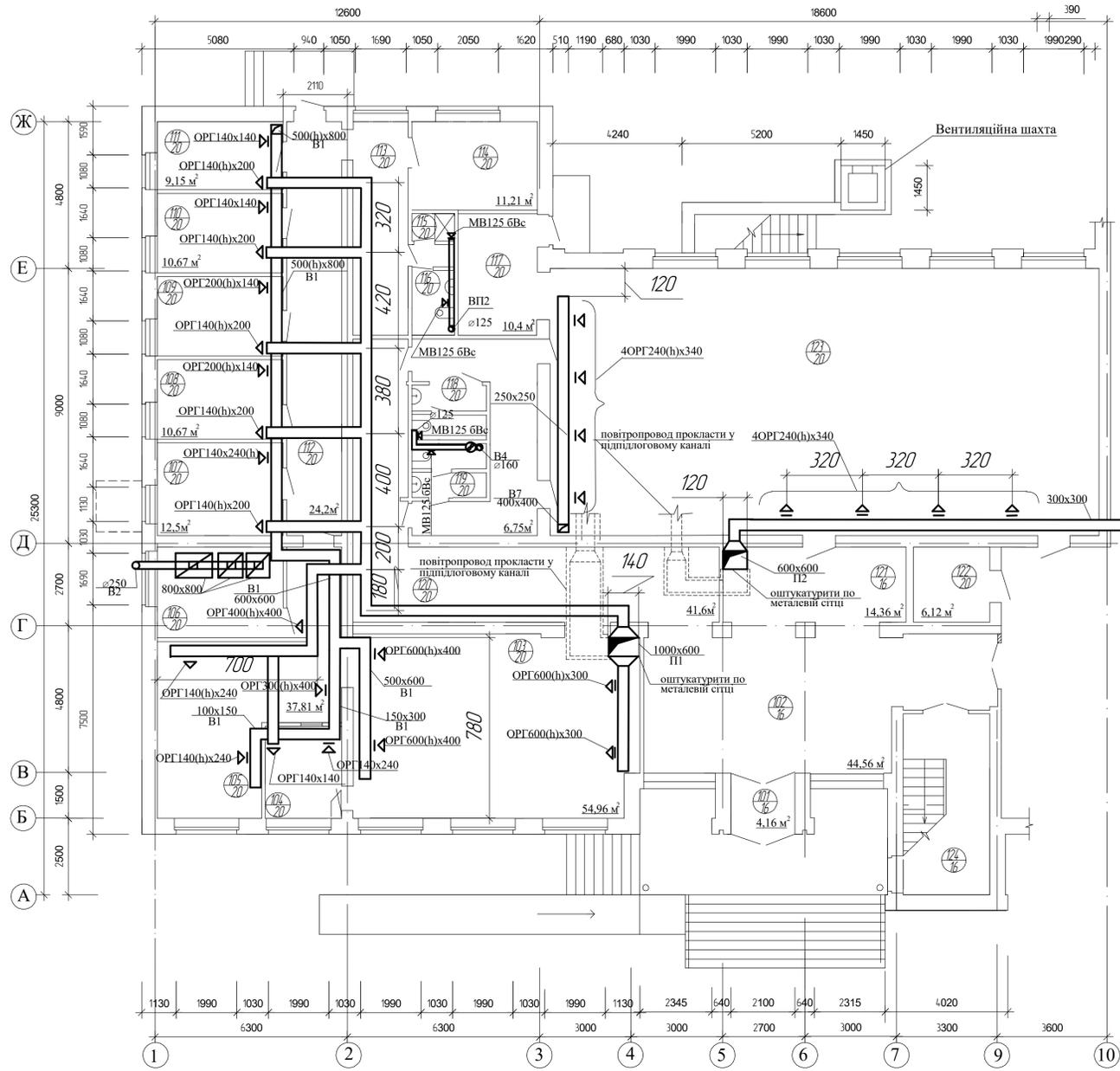
Технічна характеристика радіаторів

| Умовні позначення | Вид радіатора, потужність секції, кількість секцій. |
|-------------------|---|
| 4 | РБП-1-500-4 |
| 5 | РБП-1-500-5 |
| 6 | РБП-1-500-6 |
| 7 | РБП-1-500-7 |
| 9 | РБП-1-500-9 |

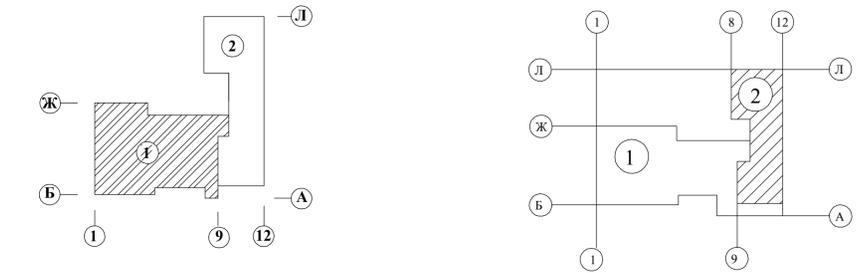
Складено
 Взам. шиф. №
 План і ділянка
 Вид № плану

| | | | | | | | | | |
|-----------|---------------|------|--------|-------|---|--|--------------------|------|--------|
| | | | | | 08-13.МКР.008.02.000 ОВ | | | | |
| | | | | | Проектування енергоефективної системи створення мікроклімату адміністративної будівлі | | | | |
| Изм. | Колір | Лист | Проек. | Подп. | Дата | Опалення | Стандія | Лист | Листов |
| Виконав | Сизидин А.В. | | | | | | МКР | 2 | 10 |
| Перевірив | Кац І.В. | | | | | | зр. ТГ-23мз | | |
| І. контр. | | | | | | | | | |
| ОпONENT | Попович М.М. | | | | | План на відм. +3.300 експлікація приміщень | | | |
| Н. контр. | Лажкевич О.Д. | | | | | | | | |
| Затвердив | Ратичиж Г.І. | | | | | | | | |

План поверху на відмітці 0.000



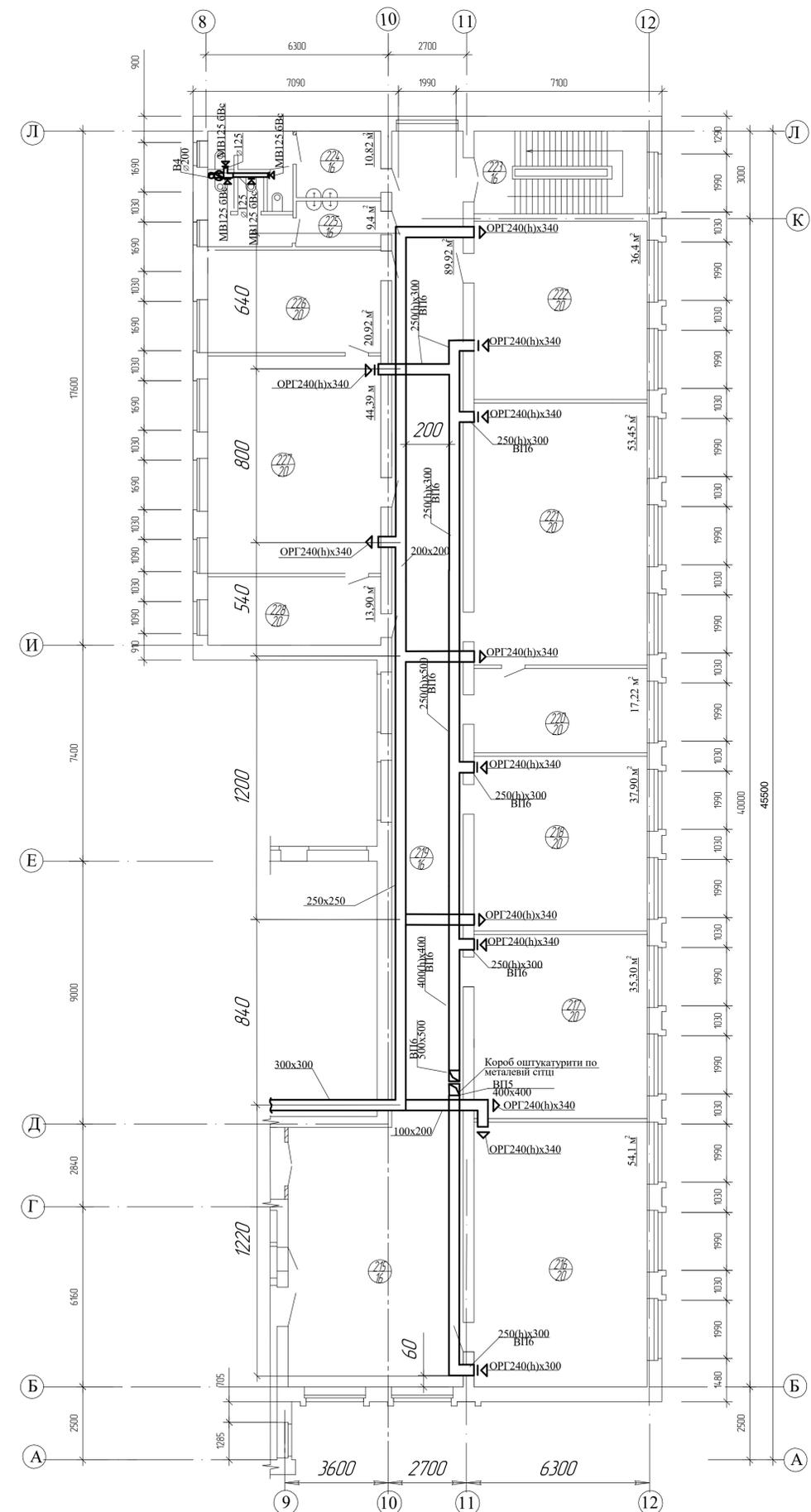
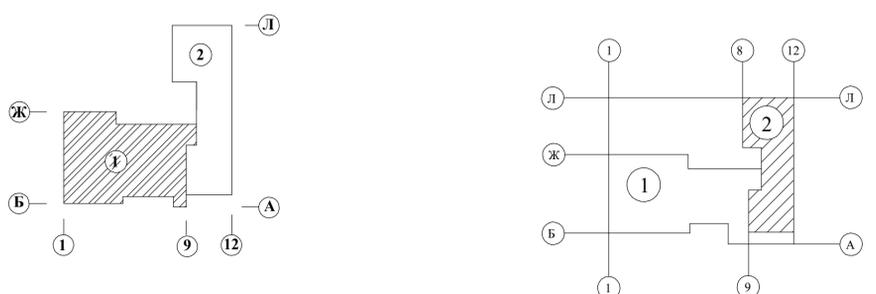
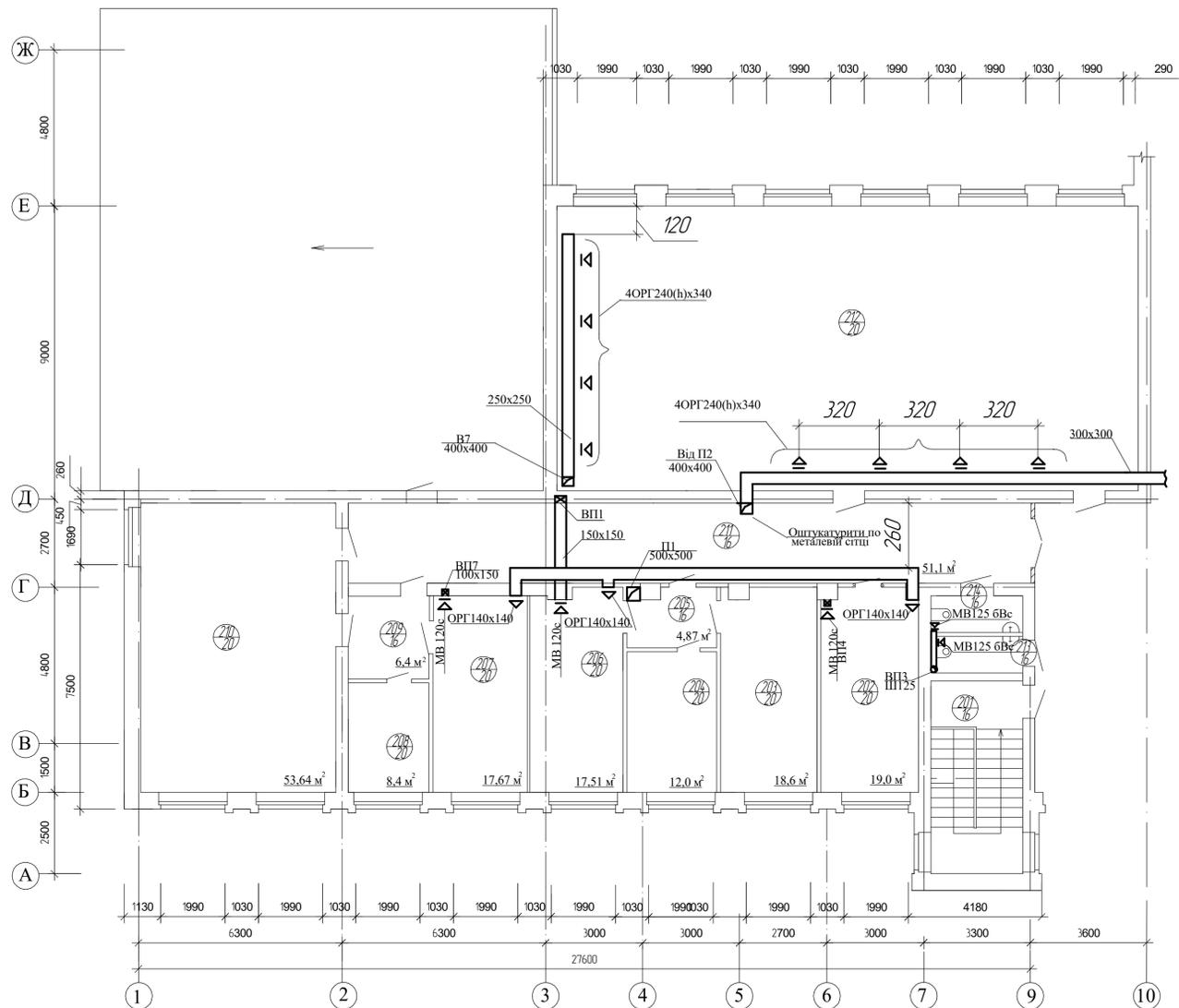
| Експлікація приміщень | | |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------|
| Номер приміщення | Найменування | Площа, м² |
| 1 поверх | | |
| 101 | Тамбур | 4,16 |
| 102 | Вестибюль | 44,56 |
| 103 | Операційна зала | 54,96 |
| 104 | Приміщення касира | 7,50 |
| 105 | Касовий зал | 37,81 |
| 106 | Буфет | 7,83 |
| 107 | Кабінет завідуючого касою | 12,50 |
| 108 | Обмінний пункт | 10,67 |
| 109 | Приміщення інкасаторів | 10,67 |
| 110 | Приміщення для перерахування грошей | 10,67 |
| 111 | Валютний відділ | 9,15 |
| 112 | Коридор | 24,20 |
| 113 | Коридор | 8,21 |
| 114 | Начальник ОПЕРУ | 11,21 |
| 115 | Душова | 1,22 |
| 116 | Санвузол для персоналу | 2,50 |
| 117 | Допоміжне приміщення | 10,4 |
| 118 | Санвузол | 3,28 |
| 119 | Санвузол | 3,28 |
| 120 | Коридор | 41,60 |
| 121 | Гардероб | 14,36 |
| 122 | Електрощитова | 6,12 |
| 123 | Офісне приміщення | 157,58 |
| 124 | Сходова клітка №1 | 16,80 |
| 125 | Вестибюль | 54,12 |
| 126 | Зал засідань | 56,34 |
| 127 | Головний бухгалтер | 15,30 |
| 128 | Внутрішня бухгалтерія | 36,49 |
| 129 | Відділ кредитування | 34,21 |
| 130 | Відділ пластикових карт | 32,22 |
| 131 | Коридор | 54,21 |
| 132 | Санвузол | 6,72 |
| 133 | Санвузол | 6,72 |
| 134 | Коридор | 45,10 |
| 135 | Тамбур | 3,10 |
| 136 | Архів | 9,24 |
| 137 | Коридор | 27,82 |
| 138 | Сходова клітка №2 | 16,8 |
| 139 | Тамбур | 4,89 |
| 140 | Приміщення прибирального інвентаря | 1,20 |
| 141 | Санвузол | 5,16 |
| 142 | Санвузол | 5,16 |
| 143 | Коридор | 10,2 |
| 144 | Службове приміщення | 36,69 |
| 145 | Валютний відділ | 42,79 |
| 146 | Тамбур | 4,16 |



| | | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------------------|------|
| 08-13.МКР.008.03.000 ОВ | | | | | |
| Проектування енергоефективних систем створення мікроклімату адміністративної будівлі | | | | | |
| Ізм. Колич. | Лист | №рек. | Подп. | Дата | |
| Виконав | Сигалін А.В. | | | | |
| Перевірив | Коц І.В. | | | | |
| І. контр. | | | | | |
| ОпONENT | Полубич М.М. | | | | |
| Н. контр. | Лажечкін О.Д. | | | | |
| Затвердив | Ратиченко Г.І. | | | | |
| Вентиляція | | | | Станд. | Лист |
| План на відм. 0.000, експлікація приміщень | | | | МКР | 3 |
| 10 | | | | ВНТУ, зр. ТГ-23мз | |

Заголовок
 Взам. шиф. №
 Лист і дата
 Вид. № редак.

План поверху на відмітці +3.300



Експлікація приміщень

| Номер приміщення | Найменування | Площа, м² |
|------------------|-------------------------------|-----------|
| 2 поверх | | |
| 201 | Сходова клітка №1 | 16,80 |
| 202 | Кабінет юриста | 19,0 |
| 203 | Кабінет управляючого | 18,60 |
| 204 | Кабінет зам. управляючого | 12,0 |
| 205 | Коридор | 4,87 |
| 206 | Кабінет відпочинку | 17,51 |
| 207 | Кабінет керівника | 17,67 |
| 208 | Секретар | 8,40 |
| 209 | Коридор | 6,40 |
| 210 | Відділ кадрів | 53,64 |
| 211 | Коридор | 51,10 |
| 212 | Офісне приміщення | 157,58 |
| 213 | Санвузол | 3,10 |
| 214 | Санвузол | 3,10 |
| 215 | Вестибюль | 53,52 |
| 216 | Зал засідань | 54,10 |
| 217 | Робоча кімната | 35,30 |
| 218 | Робоча кімната | 37,90 |
| 219 | Коридор | 89,92 |
| 220 | Кабінет зберігання документів | 17,22 |
| 221 | Кабінет множильної техніки | 53,45 |
| 222 | Робоча кімната | 36,40 |
| 223 | Сходова клітка №2 | 16,80 |
| 224 | Санвузол | 10,82 |
| 225 | Санвузол | 9,40 |
| 226 | Робоча кімната | 20,92 |
| 227 | Програмісти | 44,39 |
| 228 | Приміщення архіву | 13,90 |

| | | | |
|--|-------------|-------------------|--------|
| 08-13.МКР.008.04.000 ОВ | | | |
| Проектування енергоефективних систем створення мікроклімату адміністративної будівлі | | | |
| Ізм. | Колір | Лист | № док. |
| Виконав | Сигидин АВ | | |
| Перевірив | Коц ІВ. | | |
| Т. контр. | | | |
| Опонавт | Лопачин ММ | | |
| Н. контр. | Ланкевич АД | | |
| Затвердив | Ратичняк ГС | | |
| Вентиляція | | Стадія | Лист |
| План на відм 3.300, експлікація приміщень | | МКР | 4 |
| | | Листов | 10 |
| | | ВНТУ, зр. ТГ-23мз | |

Складено

Взам. шиф. №

Лист і дата

Табл. № розд.

Аксонетричні схеми системи опалення

Схема системи опалення 01

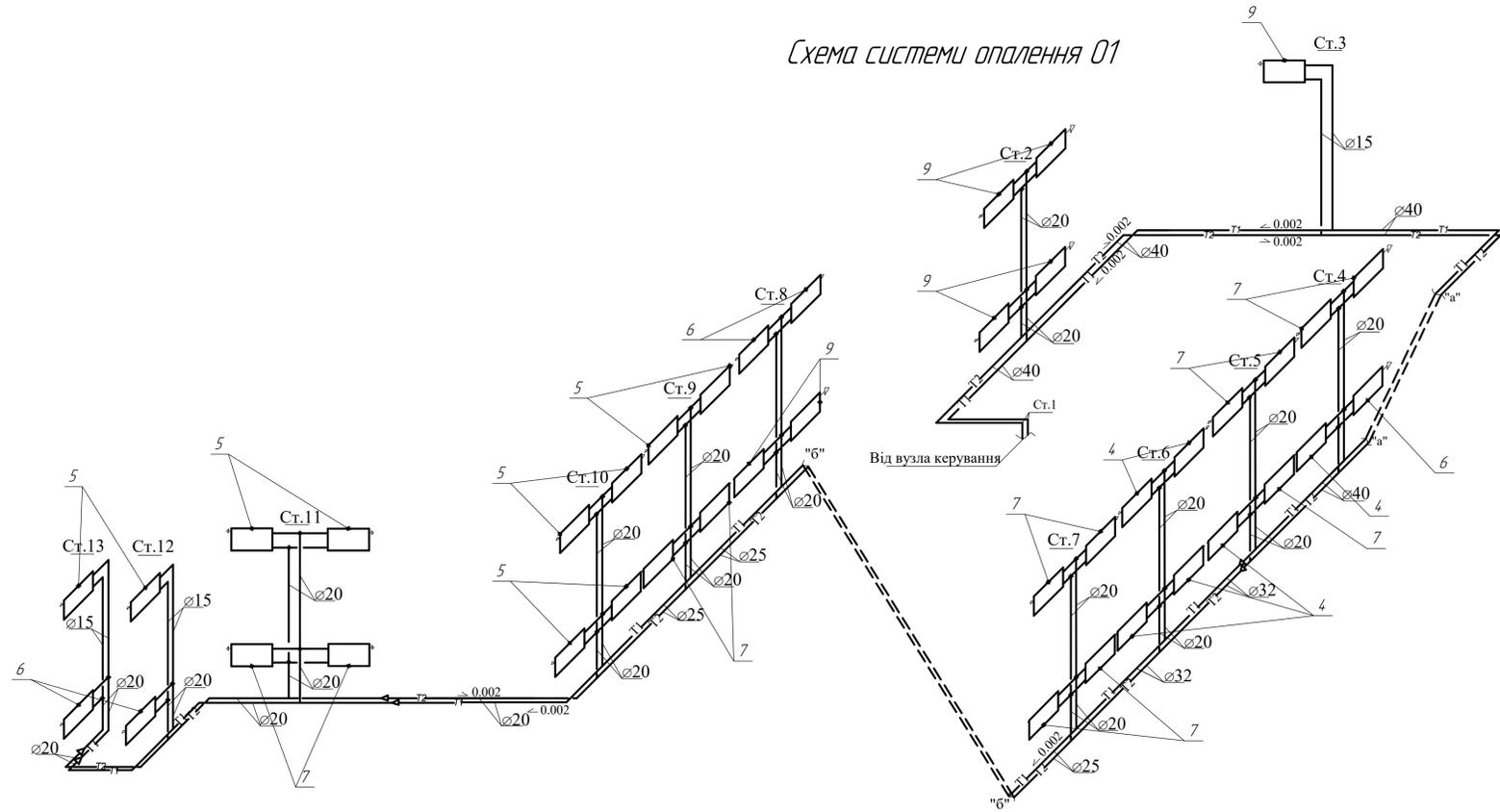


Схема системи опалення 02

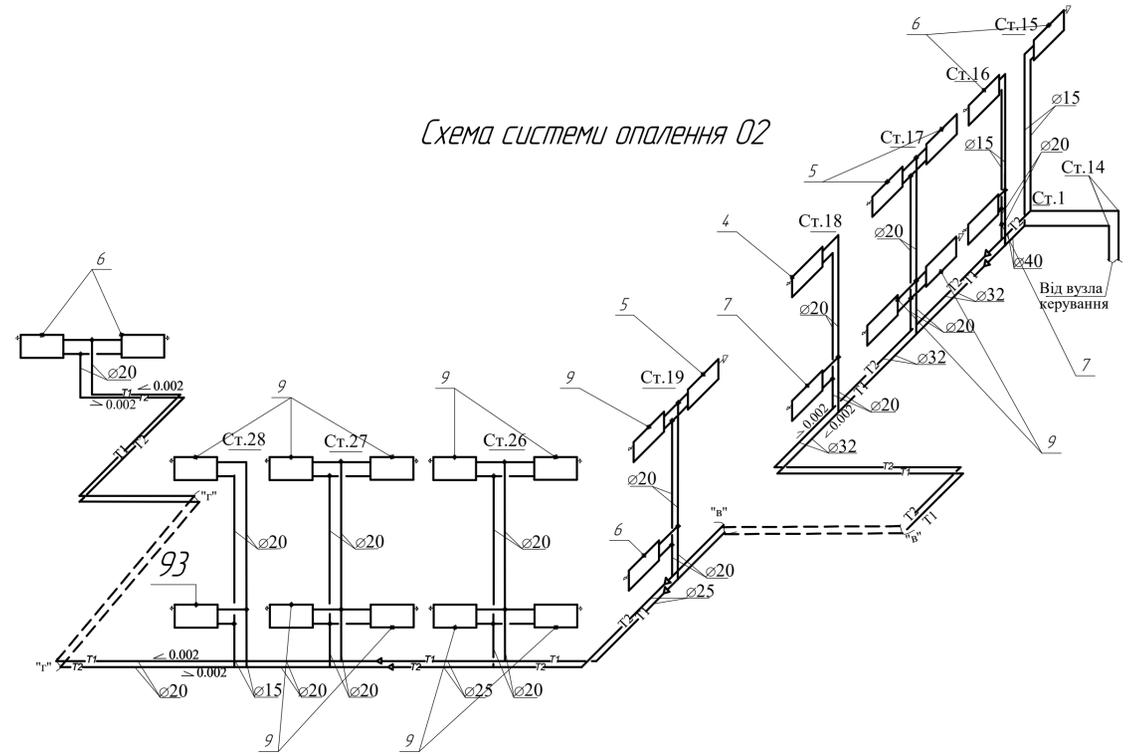
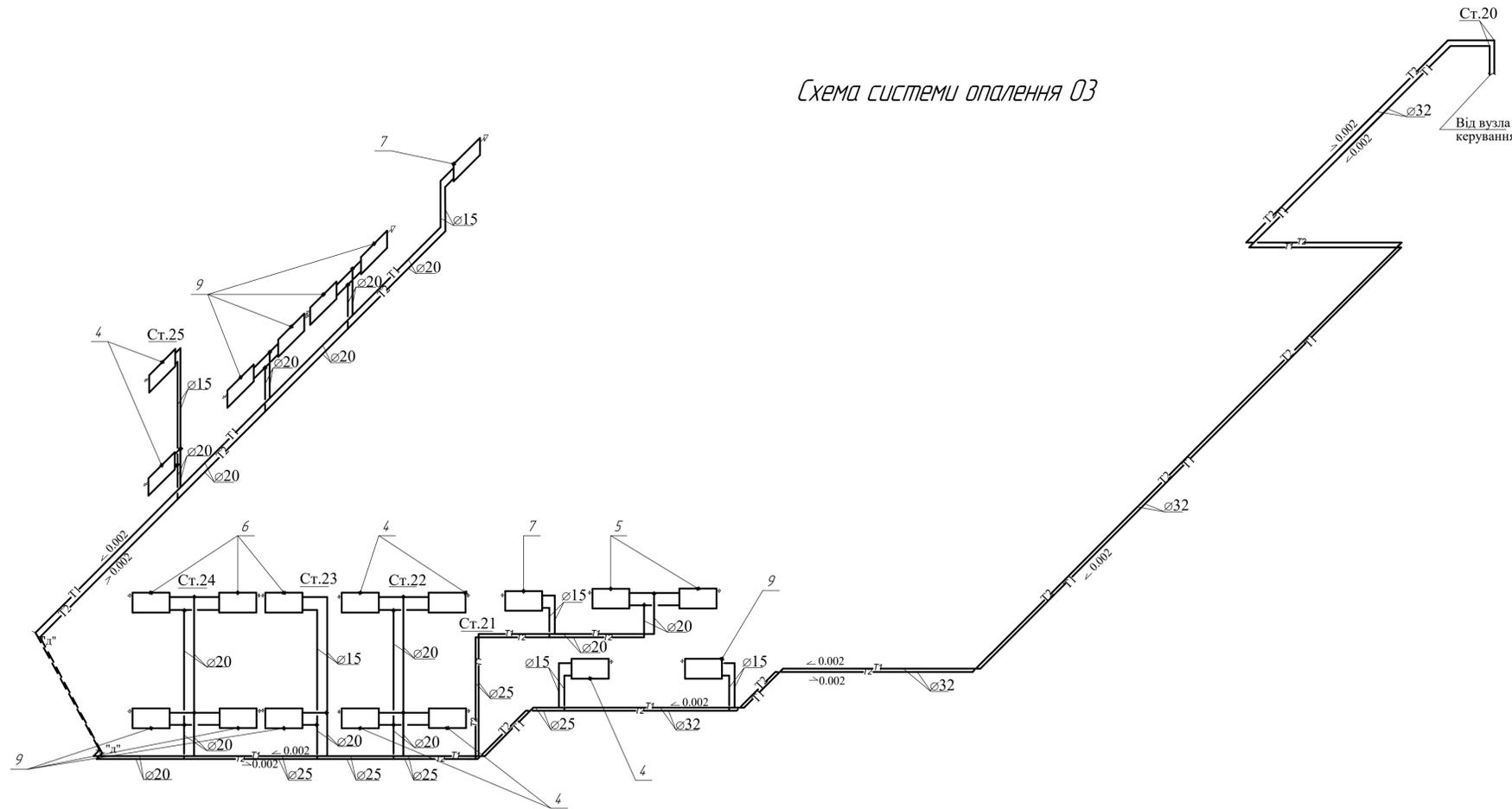


Схема системи опалення 03

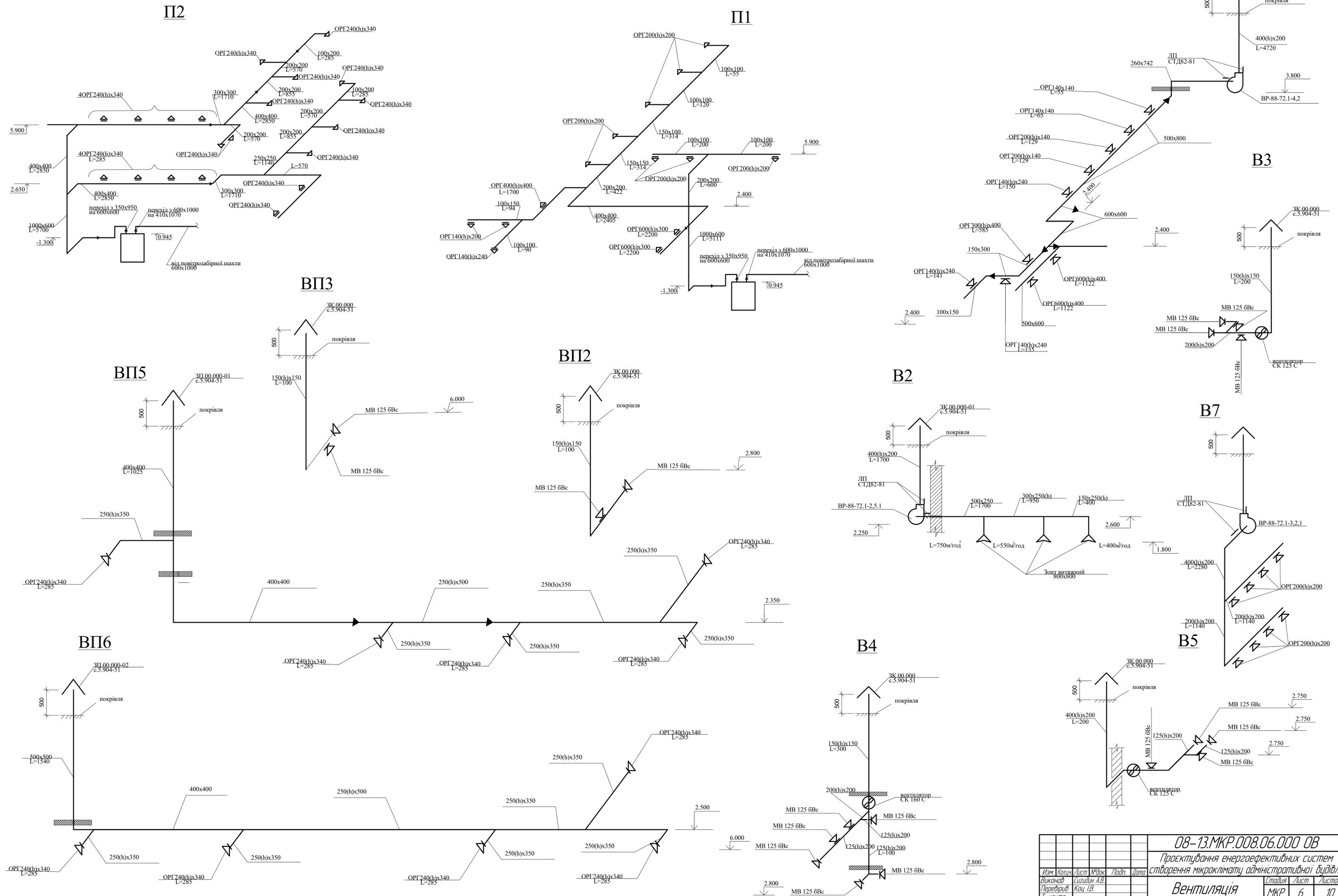


Технічна характеристика радіаторів

| Умовні позначення | Вид радіатора, потужність секції, кількість секцій. |
|-------------------|---|
| 4 | РБП-1-500-4 |
| 5 | РБП-1-500-5 |
| 6 | РБП-1-500-6 |
| 7 | РБП-1-500-7 |
| 9 | РБП-1-500-9 |

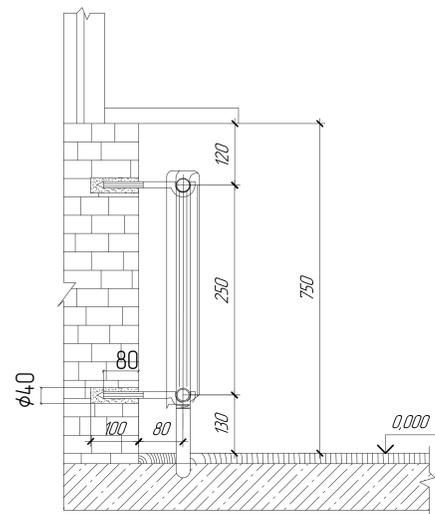
| | | | | | | | | | |
|------------|---------------|------|--------|-------|------|--|-----------------------------|------|--------|
| | | | | | | 08-13.МКР.008.05.000 ОВ | | | |
| | | | | | | Проектування енергоефективних систем створення мікроклімату адміністративної будівлі | | | |
| Изм. | Колір | Лист | Проек. | Подп. | Дата | Опалення | Стандія | Лист | Листов |
| Виконав | Сигидин А.В. | | | | | | МКР | 5 | 10 |
| Перевірив | Кач І.В. | | | | | | Аксонетричні схеми опалення | | |
| І. контр. | | | | | | | ВНТУ, гр. ТГ-23мз | | |
| Опонецт | Полович М.М. | | | | | | | | |
| ІІ. контр. | Лажкевич О.Д. | | | | | | | | |
| Затвердив | Ратичиж Г.І. | | | | | | | | |

АксонOMETРИЧНІ СХЕМИ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

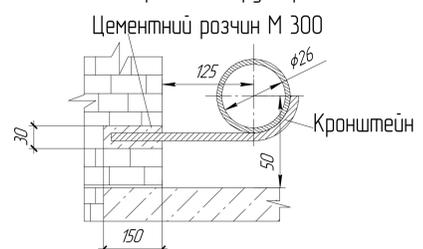


| | | | | | |
|--|---------------|------|-------|-------------------|--------|
| 08-13.МКР.008.06.000 ОВ | | | | | |
| Проектирування енергоефективних систем створення мікроклімату адміністративної будівлі | | | | | |
| Ім'я | Кваліфікація | Лист | Прод. | Дата | |
| Виконав | Легендін А.В. | | | | |
| Перевірив | Кац І.В. | | | | |
| І. контр. | | | | | |
| Опонент | Полудич М.М. | | | | |
| Н. контр. | Лажкевич О.Д. | | | | |
| Затвердив | Ратичук Г.І. | | | | |
| Вентиляція | | | | Лист | Листів |
| АксонOMETРИЧНІ СХЕМИ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ | | | | МКР | 6 / 10 |
| | | | | ВНТУ, зр. ТГ-23мз | |

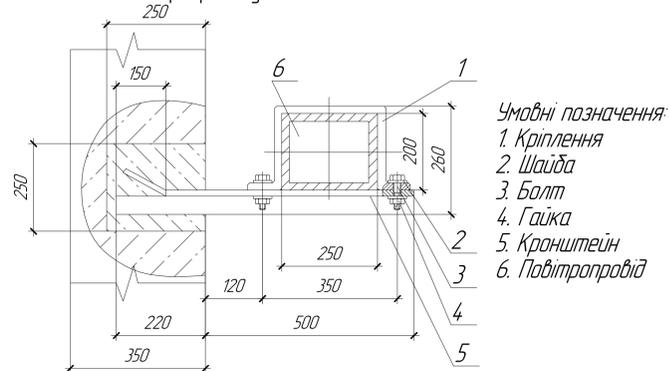
Кріплення радіатора до стіни



Кріплення трубопроводів до стіни

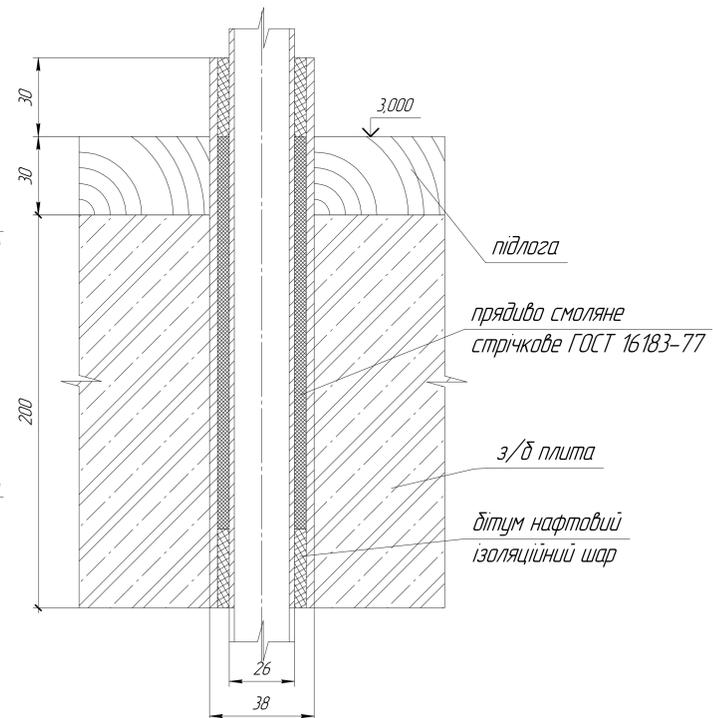


Монтаж повітропроводу до стіни

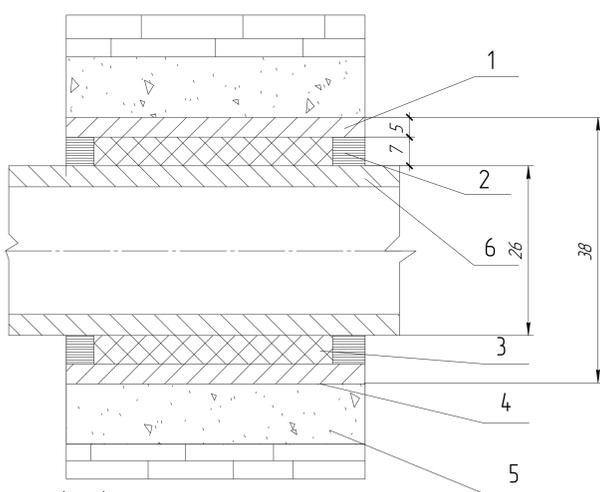


- Умовні позначення:
 1. Кріплення
 2. Шайба
 3. Болт
 4. Гайка
 5. Кронштейн
 6. Повітропровід

Прохід стояка через перекриття

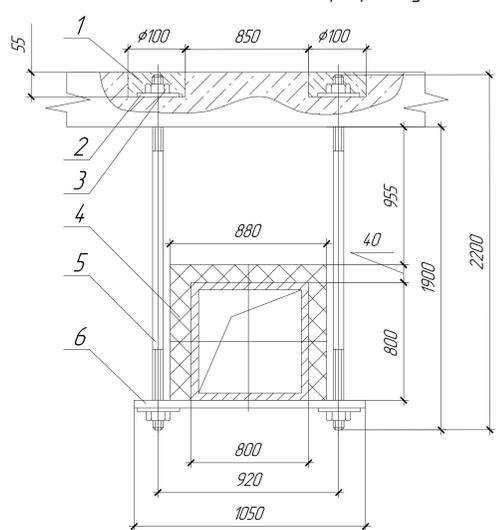


Прокладання трубопроводу крізь стіну



- 1 - гільза;
 2 - заробка бітумом;
 3 - пакля;
 4 - асбестовий шнур;
 5 - розчин;
 6 - труба

Монтаж повітропроводу до стелі



- Умовні позначення:
 1. Розчин бетону
 2. Шайба
 3. Гайка
 4. Повітропровід
 5. Болт
 6. Пластина

| | | | | | |
|---|--------------|--------------------------------------|---|---------------|----|
| 08-13.МКР.008.07.000.0В | | | | | |
| Проектування енергоефективних систем | | | | | |
| створення мікроклімату адміністративної будівлі | | | | | |
| Розробив | Лисенко АВ | Лист | 7 | Листів | 10 |
| Перевірив | Козь ІВ | МКР | 7 | Листів | 10 |
| Опублікував | Коваленко ММ | Монтаж систем опалення та вентиляції | | | |
| Виконав | Павелко ОД | Схеми монтажу | | ВНТУ, ПІ-23мз | |
| Затв. | Ратушняк ГІ | | | | |

