

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

на тему:

Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря
офісного приміщення в Харків

Іващенко Анастасія Миколаївна

(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Київ 2023 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

Предун К.М.

« ____ » _____ 2023р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

на тему: Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря офісного приміщення
в Харків

Виконав: студент 4 курсу, групи ТВ-41

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво»

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: «Теплогазопостачання і вентиляція»

Іващенко А.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Задоянний О.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

м. Київ – 2023 року

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології
Кафедра Кафедра теплогазопостачання і вентиляції
Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр
Галузь знань: 19 – Архітектура та будівництво»
Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія
Спеціалізація: «Теплогазопостачання і вентиляція»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри Предун К.М
“ ” _____ 2023 року

**З А В Д А Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Іващенко Анастасія Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема атестаційної випускної роботи: Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря офісного приміщень в м. Харків

Керівник роботи

Задоянний Олександр Васильович, кандидат технічних наук, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” _____ 2023 року № _____

2. Термін подання студентом роботи

3. Вихідні дані до роботи

будівельні креслення, експлікація приміщень

основні об'ємно -планувальні та конструктивні характеристики споруди; інші вихідні данні *(надаються випускаючою кафедрою)*.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ

Розділ 1. Характеристика об'єкту будівництва. Основні вимоги до інженерних систем

1.1. Характеристика об'єкту

- 1.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря
- 1.3 Розрахункові параметри для внутрішнього повітря
- Розділ 2. Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій
 - 2.1. Умови експлуатації та опори теплопередачі огорожуючих конструкцій
 - 2.2 Теплотехнічний розрахунок та вибір огорожуючих конструкцій
- Розділ 3. Тепловий баланс приміщень
 - 3.1. Розрахунок тепловтрат через огорожуючи конструкції
 - 3.2. Розрахунок тепловтрат на нагрівання вентиляційного повітря
 - 3.3. Визначення стаціонарних теплових надходжень
 - 3.4 Тепловий баланс приміщень
- Розділ 4. Теплова потужність системи опалення
 - 4.1. Розрахункова теплова потужність системи опалення
 - 4.2 Питомі показники роботи системи опалення
- Розділ 5. Обґрунтування вибору конструктивних рішень , обладнання та параметрів роботи системи опалення
 - 5.1. Архітектурно-планувальні особливості, призначення будівель та конфігурація системи опалення
 - 5.2. Призначення приміщень та опалювальні прилади
 - 5.3. Запірна та регулювальна арматура
 - 5.4. Трубопроводи системи опалення та їх прокладання
 - 5.5 Вибір джерела теплової енергії
- Розділ 6. Гідравлічний розрахунок системи водяного опалення
- Розділ 7. Розрахунок та вибір опалювальних приладів
- Розділ 8 Розрахунок та вибір обладнання теплового пункту
- Розділ 9.Принципові рішення. Розрахунок повітрообмінів
 - 9.1 Принципові рішення системи вентиляції
 - 9.2. Розрахунок надходжень шкідливостей
 - 9.3. Розрахунок повітрообміну
- Розділ 10.Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції. Вибір обладнання
 - 10.1. Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції
 - 10.2 Розрахунок та підбір обладнання для систем вентиляції
- Розділ 11.Технологія та організація монтажних робіт
- Розділ 12.Автоматика
- Розділ 13.Охорона праці
- 5. Перелік графічного матеріалу

Розділ 3 План поверху; План підвалу; Специфікація обладнання системи опалення; опалювальний прилад сходового холу; Аксонометрична схема системи опалення; схема індивідуального теплового пункту; специфікація ІТП; Вузол 1; Вузол 2; Опалення

Розділ 4 - План поверху; План підвалу; аксонометрична схема ПВ1;Вентиляція Аксонометрична схема ПВ2; аксонометрична схема П1;аксонометрична схема В1;аксонометрична схема В2;Вентиляція

Розділ 5 - Монтажна схема системи (частина схеми) комплектувальна відомість на деталі, фасонні елементи; Календарний план-графік виконання робіт по монтажу теплопостачання за послідовним і потоковим методом будівництва.

Графік -циклограма монтажу теплопостачання потоковим методом.

6. Консультанти розділів проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Термін виконання етапу проекту | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1 | Вступ | 4.03.23-7.03.23 | |
| 2 | Характеристика об'єкту будівництва. Основні вимоги до інженерних систем | 7.03.23-12.03.23 | |
| 3 | Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій | 14.03.23-20.03.23 | |
| 4 | Розрахунок системи опалення | 21.03.23-30.03.23 | |
| 5 | Розрахунок систем вентиляції та кондиціонування повітря | 1.04.23-7.04.23 | |
| 6 | Організація будівництва та технологія будівельного виробництва | 10.04.23-20.04.23 | |
| 7 | Спеціальна частина проекту | 21.04.23-29.04.23 | |
| 8 | Охорона праці та навколишнього середовища | 31.04.23-5.05.23 | |
| 9 | Список літератури | 6.06.23-9.06.23 | |
| 10 | Рецензування проекту | 10.06.23-21.06.23 | |
| 11 | Захист проекту | 16.06.23-28.06.23 | |

Зав. кафедри Предун К.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник Задоянний О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

РЕЦЕНЗІЯ

на атестаційну випускнуну роботу

на дипломну роботу студента факультету інженерних систем та екології спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Теплогазопостачання і вентиляція» Київського національного університету будівництва і архітектури Іващенко Анастасії Миколаївни на тему: «Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря офісного приміщень в м. Харків»

Представлений на рецензію дипломний проект включає пояснювальну записку в обсязі 101 сторінок друкованого тексту та графічну частину на 6 аркушах формату А1.

Пояснювальна записка відповідає вимогам дипломного проектування, включає необхідні розрахункові схеми і таблиці з результатами розрахунків. В ній представлені такі розділи: вступ, характеристика об'єкту будівництва, основні вимоги до інженерних систем, теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій, розрахунок системи опалення, розрахунок систем вентиляції та кондиціонування повітря, організація будівництва та технологія будівельного виробництва, а також охорона праці та навколишнього середовища.

У графічній частині проекту подано системи опалення, вентиляції і кондиціонування, розроблено календарний план і лінійний графік щодо організації монтажних робіт, а також монтажне креслення системи вентиляції (схему, комплектувальні відомості). У процесі виконання дипломного проекту була застосована комп'ютерна техніка згідно з чинними нормативними документами по проектуванню. Прийняті принципи рішення стосовно основних запроектованих систем підтверджуються відповідними розрахунками.

Зауваження та побажання

Загальний висновок стосовно відповідності роботи освітньому ступеню

Рекомендована оцінка _____

Рецензент

(прізвище, ініціали)

(підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

НАКАЗ

« » _____ Київ № _____.

Про теми та наукових керівників

Атестаційних випускових робіт студентів випуску 2023 року

Відповідно до Положення про організацію навчального процесу в Київському національному університеті будівництва та архітектури, затвердженого Вченою радою КНУБА, протокол від 19.04.2019 №22 (введено в дію наказом ректора 07.05.2019 №17, на підставі рішення Ради факультету від « » _____ 2023 року протокол № _____.

НАКАЗУЮ:

1. Затвердити теми та закріпити керівників атестаційних випускових робіт студентів випуску 2023 року факультету інженерних систем та екології спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітня програма «Теплогазопостачання і вентиляція», які виконуються на кафедрі теплогазопостачання і вентиляція, згідно з додатком 1.
2. Контроль за виконанням наказу покласти на завідувача кафедри ТГПіВ Предуна К.М.

Ректор

Петро КУЛІКОВ

Проект наказу вносить:

Завідувач кафедри ТГПіВ

Костянтин ПРЕДУН

Погоджено:

Перший проректор

Денис ЧЕРНИШЕВ

Декан ФІСЕ

Олександр ПРИЙМАК

Начальник навчального відділу

Олександр ВОЙТЕНКО

Начальник юридичного відділу

Дмитро ЛАПОША

Зміст

| | |
|---|----|
| Вступ | 7 |
| ЧАСТИНА I. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ПРИМІЩЕНЬ | |
| Розділ 1. Вихідні дані | 11 |
| 1.1. Характеристика об'єкта | 12 |
| 1.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря | 14 |
| 1.3. Розрахункові параметри для внутрішнього повітря | 14 |
| Розділ 2. Теплотехнічний розрахунок та вибір будівельних огороджуючих конструкцій | 16 |
| 2.1. Умови експлуатації та опори теплопередачі огороджуючих конструкцій | 18 |
| 2.2. Теплотехнічний розрахунок та вибір огороджуючих конструкцій | 17 |
| Розділ 3. Тепловий баланс приміщень | 21 |
| 3.1. Розрахунок тепловтрат через огороджуючі конструкції | 22 |
| 3.2. Розрахунок тепловтрат на нагрівання вентиляційного повітря | 27 |
| 3.3. Визначення стаціонарних теплових надходжень | 29 |
| 3.4. Тепловий баланс приміщень | 29 |
| ЧАСТИНА II. ОПАЛЕННЯ | |
| Розділ 4. Теплова потужність системи опалення | 31 |
| 4.1. Розрахункова теплова потужність системи опалення | 32 |
| 4.2. Питомі показники роботи системи опалення | 34 |
| Розділ 5. Обґрунтування вибору конструктивних рішень, обладнання та параметрів роботи системи опалення | 35 |
| 5.1. Архітектурно-планувальні особливості, призначення будівель та конфігурація системи опалення | 36 |
| 5.2. Призначення приміщень та опалювальні прилади | 36 |
| 5.3. Запірна та регулювальна арматура | 39 |
| 5.4. Трубопроводи системи опалення та їх прокладання | 39 |
| 5.5. Вибір джерела теплової енергії | 39 |
| Розділ 6. Гідравлічний розрахунок системи водяного опалення | 41 |
| Розділ 7. Розрахунок та вибір опалювальних приладів | 45 |

| | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|------|
| | | | | | | | | Лист |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | |

| | |
|---|------------|
| Розділ 8. Розрахунок та вибір обладнання теплового пункту..... | 48 |
| ЧАСТИНА III. ВЕНТИЛЯЦІЯ | |
| Розділ 9. Принципові рішення. Розрахунок повітрообмінів..... | 52 |
| 9.1. Принципові рішення системи вентиляції | 53 |
| 9.2. Розрахунок надходжень шкідливостей | 54 |
| 9.3. Розрахунок повітрообмінів | 62 |
| Розділ 10. Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції. Вибір обладнання | 67 |
| 10.1. Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції | 68 |
| 10.2. Розрахунок та вибір обладнання для систем вентиляції..... | 69 |
| Розділ 11. Технологія та організація монтажних робіт | 71 |
| Розділ 12. Автоматика | 80 |
| Розділ 13. Охорона праці | 85 |
| Література..... | 100 |

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Вступ

Згідно завданню атестаційної випускої роботи розроблено проект систем опалення та вентиляції офісної будівлі в м. Харків.

Робота включає пояснювальну записку обсягом 100 сторінок та графічну частину на 6 листах формату А1.

У пояснювальній записці опрацьовані та наведені наступні розділи:

- загальна частина;
- тепловий режим будівлі у тому числі теплотехнічний розрахунок огороджуваних конструкцій;
- тепловий баланс приміщень;
- опалення;
- вентиляція;
- економіка;
- автоматика;
- охорона праці та навколишнього середовища;
- технологія і організація монтажних робіт.

В записці також наведені необхідні обґрунтування прийнятих рішень, розрахункові схеми і таблиці з результатами розрахунків. У графічній частині проекту конструктивно опрацьовані всі прийняті принципові рішення.

Ця робота розроблена у відповідності з діючими нормами проектування, методичними рекомендаціями та іншими нормативними документами:

- ДБН В.2.6-31-2006 «Теплова ізоляція будівель» ;
- ДБН В.2.2-9-99 «Громадські будинки та споруди»;
- ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»
- ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки адміністративного та побутового призначення»
- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»

Забезпечення нормативних параметрів повітряного середовища в приміщеннях будівлі, покращення умов перебування людей здійснюється за допомогою

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

встановлених систем опалення та вентиляції повітря.

Запроектовані системи забезпечують надійність та ефективність роботи при зниженні енерговитрат. Ці умови досягаються шляхом використання в даній атестаційній роботі сучасних систем опалення з автоматичними регуляторами теплового потоку опалювальних приладів та інш.

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

*ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА
ЧАСТИНА I. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ПРИМІЩЕНЬ*

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Розділ 1.
ВИХІДНІ ДАНІ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

1.1. Призначення та основні характеристики будівлі

Проектуємий об'єкт являє собою триповерховий будинок з цокольным поверхом, в якому розміщені наступні основні приміщення: конференц зал, кабінет директора, приймальня, Кабінет директора 2, кімната для переговорів, офісне приміщення на 9 осіб, приймальня 2, офісне приміщення на 12 осіб, санвузол, офісне приміщення на 8 осіб, офісне приміщення на 12 осіб та хол.

Фасад будинку зорієнтований на ПдСх.

Основні шкідливості, які виділяються в приміщеннях:

1. надлишкова теплота,
2. надлишкова волога,
3. вуглекисень.

Джерелом теплопостачання для внутрішніх інженерних систем будівлі є теплова мережа. Теплоносій – вода з параметрами 150-70⁰С в опалювальний період, 70-60⁰С – в неопалювальний період.

На підставі виконаних у атестаційній випускній роботі розрахунків основні показники будинку центру наступні:

| Характеристика | Значення |
|--|----------|
| Об'єм будівлі, м ³ | 4791 |
| Загальна площа, м ² | 1597 |
| Розрахункова теплова потужність системи опалення, Вт | 51970 |
| Загальна теплова потужність калориферних установок систем вентиляції, Вт | 55551 |
| Питома теплова потужність систем опалення q, Вт/м ² | 92,9 |
| Питоме теплоспоживання системи опалення w, ГДж/(м ² ·рік) | 0,732 |
| Встановлена потужність електродвигунів інженерних систем, кВт | 3,134 |

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

Систему опалення і вентиляції повітря запроектована для офісної будівлі, яка знаходиться в м. Харків. Вихідні дані:

| | |
|-----------------------------------|---|
| Місце розташування будівлі: | Харків |
| Географічна широта: | 50 ° пн.ш. |
| Барометричний тиск: | 1009 гПа |
| Призначення будівлі: | Офіс |
| Призначення основного приміщення: | 1) Конференц зал 2) Кабінет директора 2 3) Офісне приміщення на 12 осіб |
| Висота основного приміщення: | 4,6 м |
| Площа основного приміщення: | 1) 74 м ² 2) 62 м ² 3) 47 м ² |
| Кількість місць: | 1) 14 2) 10 3) 12 |
| Об'єм приміщення: | 1) 340,0 м ³ 2) 186,0 м ³ 3) 141,0 м ³ |
| Розмір заскленого проїому: | 2,2 м ² |

1.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря

| Період | Температура а, t _{ext} , °С | Ентальпія, і _{ext} , кДж/кг | Вологовміс Т, d _{ext} , Г/кг | Відносна вологість, φ, % | Швидкість вітру, v, м/с |
|--------|--|--|---|--------------------------------|----------------------------|
| ТП | 25 | 53,6 | 11,71 | 70 | 1,8 |
| ХП | -26 | -20,7 | 0,57 | 86 | 3,2 |

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

Розділ 2

*ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР
БУДІВЕЛЬНИХ ОГОРОДЖУЮЧИХ
КОНСТРУКЦІЙ*

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

2.1. Умови експлуатації та опори теплопередачі огорожуючих конструкцій

Кліматологічні дані для холодного періоду року для м. Харків становлять:

- середня температура найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92:

$$t_{\text{ext}5} = - 23^{\circ}\text{C};$$

- тривалість опалювального сезону (періоду із середньою добовою температурою зовнішнього повітря $t_{\text{ext}5} \leq 8^{\circ}\text{C}$):

$$Z'_{\text{oc}}=179 \text{ діб};$$

Зона вологості для м. Харків - суха (С).

Режим вологості приміщень в зимовий період у залежності від відносної вологості та температури внутрішнього повітря.

Для будинків і споруд при температурі $12^{\circ}\text{C} < t_{\text{вн}} < 24^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості внутрішнього повітря $50\% < \phi < 60\%$ слід приймати нормальний режим приміщень.

Таким чином, для будинку в м. Харків необхідно приймати умови експлуатації огорожуючих конструкцій А .

Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій громадських будинків повинен бути не менше мінімально допустимого значення опору теплопередачі $R_{q \text{ min}}$.

2.2 Теплотехнічний розрахунок та підбір огорожуючих конструкцій

Зовнішні стіни.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі:

$$R_{q \text{ min}}=3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Приймаємо кладку з бетон на гравії або щебені з природного каменю 2400 кг/м³

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

$\lambda = 0,13 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ $\delta = 0,08 \text{ м}$. + Утеплювач з вермикулітбетону 400 кг/м^3 $\lambda = 0,13 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ - $\delta_{\text{ут}} = 0,4 \text{ м}$ + керамзитбетон на керамзитовому піску 1800 кг/м^3 , $\lambda = 0,92 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ $\delta = 0,06 \text{ м}$.

Горищне перекриття.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі:

$$R_{q \text{ min}} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} .$$

Приймаємо багатопустотну Залізобетонну панель 2500 кг/м^3 $\lambda = 2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$
 $\delta = 0,13 \text{ м}$ + Вироби теплоізоляційної вати на основі базальтового волокна 40 кг/м^3 ,
 $\lambda = 0,049 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ - $\delta_{\text{ут}} = 0,23 \text{ м}$.

Вікна.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі:

$$R_{q \text{ min}} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} ,$$

Приймаємо віконні блоки із ПВХ з однокамерними склопакетами, (скло з тепловідбиваючим покриттям двійчасті):

$$R_{\text{заг}} = 0,72 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

Підлога на ґрунті.

Згідно умовним зонам:

- опір теплопередачі 1-ой зони $R = 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- опір теплопередачі 2-ой зони $R = 5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- опір теплопередачі 3-ой зони $R = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- опір теплопередачі 4-ой зони $R = 16,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Приймаємо таку підлогу: залізобетона панель з утеплювачем із пінополістиролу, гідроізоляція та лінолеум, $\delta_{\text{заг}} = 360 \text{ мм}$:

- опір теплопередачі 1-ой зони $R_{\text{заг}} = 3,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

Розділ 3

ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ПРИМІЩЕНЬ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Коефіцієнти θ_1, θ_2 обираються для кожної години доби відповідно при

$$\varepsilon_1 = \varepsilon + 15 = 6 + 15 = 21;$$

$$\theta_1 = 0,87$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon + z = 6 + 11 = 17;$$

$$\theta_2 = 1$$

ε – запізнення температурних коливань в огороженні, п.15 [32];

$$\varepsilon = 2,7 \sum D - 0,4 = 2,7 \times 2,44 - 0,4 = 6$$

z – час максимуму сумарної (прямої та розсіяної) сонячної радіації,
приймається 11-13 (за табл. 7 та 8)

$A_{M,C} = 11,0$ – середньодобова амплітуда коливань

$A_M = 74,1$ - площа масивної огорожуючої конструкції (перекриття), кв.м

A_j - амплітуда добових коливань сумарної сонячної радіації (пряма і розсіяна),

$$A_{j(7-8)} = J_{\max} - J_{\text{ср}} = (364 + 100) - 329 = 135$$

де J_{\max} - Максимальне значення сумарної сонячної радіації (прямої і розсіяної), що надходить на зовнішнє огороження ;

$J_{\text{ср}}$ - середньодобове значення сумарної сонячної радіації (прямої і розсіяної), що надходить на зовнішнє огороження.

для кабінета директора 2 04

Тепловий потік, Вт, через масивну огорожуючу конструкцію (зовнішню стіну або перекидання) Q_M , для даної години доби (Z) необхідно визначити за формулою:

$$Q_M = \left[\frac{1}{R} \left(t_{\text{зовн}} + \rho \frac{J_{\text{ср}}}{\alpha_{\text{зовн}}} - t_{\text{вн}} \right) + \beta \frac{\alpha_{\text{вн}}}{\nu} \left(0,5 \theta_1 A_{M,C} + \frac{\rho}{\alpha_{\text{зовн}}} \theta_2 A_j \right) \right] \cdot A_M =$$
$$\left[\frac{1}{4,96} \left(25 + 0,8 \frac{329}{23,4} - 19 \right) + 1 \frac{8,7}{151} \left(0,5 \times 0,82 \times 11 + \frac{0,8}{12} \times 1 \times 376 \right) \right] \times 61,82 = 107,1 \text{ Вт}$$

де $R = 4,96$ опір теплопередачі масивної огорожуючої конструкції (перекидання), кв.м. град С/Вт

де $R = 3,3$ опір теплопередачі масивної огорожуючої конструкції (зовнішня стіна), кв.м. град С/Вт

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

ν - величина затухання амплітуди коливання температур зовнішнього повітря в огорожуючій конструкції

$$\nu = 2^{\sum D} \left(0,83 + 3 \frac{\sum R}{\sum D} \right) \nu_e = 2^{2,44} \left(0,83 + 3 \frac{4,592}{2,44} \right) 4,3 = 151 \quad (2.20)$$

$$\sum D = 2,2 + 0,24 = 2,44$$

$$\sum R = 4,57 + 0,022 = 4,592$$

Для багат шарової конструкції:

$$\nu_e = 0,85 + 0,15 \frac{s_1}{s_2} = 0,85 + 0,15 \frac{10,5}{1,54} = 4,3 \quad (2.21)$$

Коефіцієнти θ_1, θ_2 обираються для кожної години доби відповідно при

$$\varepsilon_1 = \varepsilon + 15 = 6 + 15 = 21;$$

$$\theta_{1(9)} = -1$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon + z = 6 + 11 = 17;$$

$$\theta_{2(9)} = -0,5$$

ε – запізнення температурних коливань в огороженні, п.15 [32];

$$\varepsilon = 2,7 \sum D - 0,4 = 2,7 \times 2,44 - 0,4 = 6$$

z – час максимуму сумарної (прямої та розсіяної) сонячної радіації, приймається 11-13 (за табл. 7 та 8)

$A_{M,C} = 11,0$ – середньодобова амплітуда коливань

$A_M = 47,39$ - площа масивної огорожуючої конструкції (перекриття), кв.м

A_j - амплітуда добових коливань сумарної сонячної радіації (пряма і розсіяна),

$$A_{j(9-10)} = J_{\max} - J_{\text{ср}} = (586 + 119) - 329 = 376$$

де J_{\max} - Максимальне значення сумарної сонячної радіації (прямої і розсіяної), що надходить на зовнішнє огороження

3.2 Розрахунок тепловтрат на нагрівання вентиляційного повітря

Втрати теплоти Q_6 , Вт, розраховують для кожного опалюваного приміщення, що

має одне або більшу кількість вікон чи балконних дверей в зовнішніх стінах,

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

виходячи із необхідності забезпечення підігріву зовнішнього повітря в об'ємі
однократного повітрообміну в годину, за формулою

для конференц залу 01

$$Q_e = 0,28C_{\Pi} \rho_{\text{вн}} A_{\Pi} h_{\Pi} K_e (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн5}}) K_{3,\Pi} = 0,28 * 1,17 * 52,4 * 4,6 * 1 * (19 + 23) * 0,7 = 2780$$

для кабінета директора 2 04

$$Q_e = 0,28C_{\Pi} \rho_{\text{вн}} A_{\Pi} h_{\Pi} K_e (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн5}}) K_{3,\Pi} = 0,28 * 1,17 * 50,6 * 3 * 1 * (19 + 23) * 0,7 = 1750$$

для офісного приміщення на 12 осіб 011

$$Q_e = 0,28C_{\Pi} \rho_{\text{вн}} A_{\Pi} h_{\Pi} K_e (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн5}}) K_{3,\Pi} = 0,28 * 1,17 * 39,6 * 3 * 1 * (19 + 23) * 0,7 = 1370$$

де 0,28 – коефіцієнт переводу з кДж/год у Вт;

$C_{\Pi} \approx 1$ кДж/(кг·°C) – питома теплоємність повітря;

$\rho_{\text{вн}}$ – густина внутрішнього повітря, кг/м³;

A_{Π} - площа підлоги приміщення, м²;

h_{Π} – висота приміщення, м;

$K_e = 1$ - кратність повітрообміну в приміщенні, год⁻¹;

$t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря приміщення, °C;

$t_{\text{зовн5}}$ – температура найхолоднішої п'ятиденки, °C;

$K_{3,\Pi}$ – коефіцієнт урахування впливу зустрічного теплового потоку в

конструкціях, який дорівнює 0,7 для приміщень з вікнами у

потрійних рамах, 0,8 – для вікон і балконних дверей з роздільними

рамами та 1 – для одинарних вікон і балконних дверей у спарених

рамах.

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | |

Густина внутрішнього повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$, слід визначати за формулою

$$\rho_{\text{вн}} = \frac{353}{273 + t_{\text{вн}}} = \frac{353}{273 + 27,2} = 1,17 \quad (3.4)$$

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

Втрати теплоти Q_6 на нагрівання зовнішнього повітря, що надходить у вхідні вестибюлі (холи) та сходові клітки будинків через зовнішні двері при їх відчиненні і відсутності повітряно-теплових завіс, слід розраховувати за формулою

$$Q_6 = 0,7B_6(H + 0,8p)(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн5}}) = 0,7 * 1(15 + 0,8 * 219)(27,2 + 23) = 92530, \quad (3.5)$$

де H – висота будинку (від рівня землі до оголовка витяжної шахти), м;

p – кількість людей, що знаходяться в будинку

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

3.3 Визначення стаціонарних теплових надходжень

Тепловий потік Q_m , Вт, що регулярно надходить в опалювані приміщення від освітлення, обладнання, людей тощо, слід ураховувати для кожного приміщення окремо.

Для житлових будинків та прирівняних до них величину побутових теплонадходжень обчислюють із розрахунку 10 Вт на 1 м² загальної площі,

$$Q_m = 10A_{з.п} \quad (3.6)$$

де $A_{з.п}$ - загальна площа приміщення, м².

3.3 Тепловий баланс приміщень Загальні теплонадходження в приміщення

Конференц зал

| Джерела теплонадходження | Теплонадходження в періоди року, Вт | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|-------|----------|--------|
| | Теплий | | Холодний | |
| | Явні | Повні | Явні | Повні |
| Люди | 728 | 882 | 1092 | 1540 |
| Сонячна радіація | 4298 | 4298 | - | - |
| Штучне освітлення | — | — | 611,65 | 611,65 |
| Всього | 5026 | 5180 | 1703 | 2151 |

Кабінет директора 2

| Джерела теплонадходження | Теплонадходження в періоді року, Вт | | | |
|-----------------------------|--|-------|----------|-------|
| | Теплий | | Холодний | |
| | Явні | Повні | Явні | Повні |
| Люди | 520 | 520 | 630 | 630 |
| Сонячна радіація | 3851 | 3851 | - | - |
| Штучне освітлення | - | - | 510 | 510 |
| Всього | 4401 | 4401 | 1140 | 1140 |

Офісне приміщення на 12 осіб

| Джерела теплонадходження | Теплонадходження в періоді року, Вт | | | |
|-----------------------------|--|-------|----------|-------|
| | Теплий | | Холодний | |
| | Явні | Повні | Явні | Повні |
| Люди | 624 | 624 | 756 | 756 |
| Сонячна радіація | 639 | 639 | - | - |
| Штучне освітлення | - | - | 390 | 390 |
| Всього | 1263 | 1263 | 1146 | 1146 |

Примітка. Теплонадходження від сонячної радіації враховується при температурі зовнішнього повітря 10°C і вище, тобто в теплий період року. При цьому теплонадходження від джерел освітлення не враховуються.

| | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | | |

ЧАСТИНА II. ОПАЛЕННЯ

Розділ 4

ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

4.1. Розрахунок теплової потужності системи опалення.

Розрахункова теплова потужність системи водяного опалення, визначається за формулою .

$$Q_{co} = \frac{\Sigma Q_1 b_1 b_2}{0,97} , \text{Вт} \quad (4.1)$$

де Q_1 – тепловий баланс приміщень будинку, Вт;

b_1 - коефіцієнт урахування додаткового теплового потоку прийнятих до установки опалювальних приладів, який виникає внаслідок округлення їх поверхні нагріву понад розрахункову величину;

$$b_1 = 1,08;$$

b_2 - коефіцієнт урахування додаткових втрат теплоти опалювальними приладами, розташованими у зовнішніх огорожень, $b_2 = 1,04$ для радіаторів при розташуванні їх у зовнішньої стіни;

0,97 – коефіцієнт, який враховує 3% непродуктивні тепловтрати трубопроводами, що прокладаються в неопалюваних приміщеннях.

Таким чином:

$$Q_{co} = \frac{(51970 \cdot 1,08 \cdot 1,04)}{0,97} = 60178, \text{Вт} \quad (4.2)$$

Величину розрахункового річного теплоспоживання системою палення будинку W , ГДж/рік [8], слід розраховувати за формулою:

$$W = \frac{3,6 Q_{co} 24 Z_{oc} Soc 10^{-6} abc}{(t_{вн} - t_{зовн,с})} , \text{ГДж/рік}, \quad (4.3)$$

де 3,6 - перевідний коефіцієнт;

Q_{co} - розрахункова теплова потужність системи опалення, Вт;

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | |

24 - кількість годин у добі;

Z_{oc} - тривалість опалювального сезону, днів;

t_{oc} - середня температура зовнішнього повітря опалювального сезону, °C;

S_{oc} - кількість градусо-днів опалювального сезону;

$t_{вн}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря;

$t_{зовн5}$ - середня температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки, °C;

$a=1$ - коефіцієнт, який необхідно враховувати, якщо система опалення обладнана приладами автоматичного зменшення теплової потужності у неробочий час;

$b = 0,9$ - коефіцієнт, котрий необхідно враховувати, якщо більше 75% опалювальних приладів обладнані автоматичними терморегуляторами;

$c = 1$ - коефіцієнт, який треба врахувати, якщо на абонентському ввіді (в ІТП) встановлені прилади автоматичного пофасадного регулювання.

$$W = \frac{3,6 \cdot 60178 \cdot 24 \cdot 3253 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1}{(19 - (-23))} = 724,8 \text{ ГДж/рік,}$$

Розрахункову витрату води в системі опалення G_{co} , кг/год, визначаємо за формулою:

$$G_{cc} = \frac{0,86 Q_{co}}{t_2 - t_0} \quad (4,4)$$

$$G_{co} = \frac{0,86 \cdot 60178}{90 - 70} = 2587 \text{ кг / год}$$

Розрахункова витрата води, кг/год, що надходить із теплової мережі в систему

опалення:

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | |

$$G_{co} = \frac{0,86Q_{co}}{T - t_o} \quad (4.5)$$

$$G_{co} = \frac{0,86 \cdot 60178}{150 - 70} = 646,9 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

4.2. Питомі показники роботи системи опалення.

Питома теплова потужності системи опалення.

Величину питомої теплової потужності, Вт/м², системи опалення визначають за формулою:

$$q = \frac{Q_{co}}{A_{к.п.}} \quad (4.6)$$

де $A_{к.п.}$ - корисна площа будівлі, м²

$$q = \frac{60178}{1597} = 37,6 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

величина q не перевищує нормативних контрольних значень [2] $q_k = 90 \text{ Вт} / \text{м}^2$.

Питоме річне теплоспоживання системою опалення.

Визначене розрахункове річне теплоспоживання системою опалення W , віднесене до 1 м² корисної площі, ГДж/(м² · рік), визначається за формулою:

$$W = \frac{W}{A_{кп}} \quad (4.7)$$

Визначена величина питомого річного теплоспоживання W системою опалення не повинна перевищувати нормативних контрольних значень W_k :

$$W = \frac{305,4}{1597} = 0,191 \text{ ГДж} / (\text{м}^2 \cdot \text{рік})$$

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Розділ 5

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ
КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ,
ОБЛАДНАННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ
СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

5.1. Архітектурно-планувальні особливості будівлі, призначення приміщень та конфігурація системи опалення

На основі аналізу кількох можливих варіантів системи опалення, було вирішено встановити двотрубну горизонтальну тупикову систему водяного опалення з нижньою розводкою головних трубопроводів. Теплоносій в системі опалення має параметри 90-70 °С. Підключення системи опалення до теплової мережі здійснюється за залежною схемою з використанням циркуляційних насосів. При проектуванні нового будівництва було віддано перевагу горизонтальній системі опалення. Горизонтальна система опалення забезпечує кращі санітарно-гігієнічні умови та має більш естетичний вигляд. Це досягається шляхом прокладання горизонтальних ділянок трубопроводу під підлогою або застосуванням плінтусного варіанту прокладання трубопроводів. Крім того, така система дозволяє регулювати кількість тепла, яке надходить до приміщення, за допомогою термостатичних клапанів.

Двотрубна горизонтальна система водяного опалення.

Переваги:

- економічні показники вигідно відрізняються від економічних показників інших систем опалення: менші затрати річної витрати теплоти (на 10...15% в порівнянні з однотрубними системами), в двотрубних системах опалення перепад температур води у кожному опалювальному приладі постійний; середня температура води в будь-якому приладі двотрубного стояка також однакова.
- технічні переваги: обмежене число проходів через перекриття; повне використання тепловіддачі трубопроводів, що зменшує об'ємність опалювальних приладів; в порівнянні з однотрубними СВО - більше число можливого встановлення опалювальних приладів; втрати тиску у однотрубній системі значно перевищують втрати в двотрубній системі; система опалення має достатньо спрощену схему гідравлічного розрахунку при запропонованому попутному русі теплоносія;

Недоліки:

більша металоємність системи при порівнянні з однотрубною, значне

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

використання часу на монтаж та введення в експлуатацію - мається на увазі проведення первинного регулювання тепловіддачі опалювальних приладів, що є характерним для двотрубної системи.

Отже можна зробити висновок, що використання двотрубної системи буде більш доцільне.

Техніко-економічні показники прийнятої схеми системи водяного опалення вигідно відрізняються від економічних показників інших систем опалення:

- за рахунок кращого теплового регулювання при встановлені радіаторних термостатів в двотрубній системі досягається найбільший ефект енергозбереження (до 25% в порівнянні з нерегульованими системами);
- перепад температур води у кожному опалювальному приладі постійний і при температурному перепаді 90-70°C забезпечує високий температурний напір та тепловий потік від опалювальних приладів;
- враховуючи те, що цокольний поверх є опалювальним - непродуктивні втрати теплоти магістральними трубопроводами майже зовсім відсутні, крім того зменшується потребуєма теплова потужність опалювальних приладів;
- конструктивно система має обмежене число проходів через перекриття;
- незначні втрати тиску;
- система опалення має достатньо спрощену схему гідравлічного розрахунку та теплотехнічного розрахунку опалювальних приладів;
- можливість відключення приладових віток при проведенні регламентних, ремонтних та експлікаційних робіт у відповідних приміщеннях;
- горизонтальна система опалення, при прокладанні приладових гілок у заливних підлогах має більш естетичний вигляд;
- дає можливість регулювання кількості теплоти, яка надходить до приміщення, за допомогою термостатичних клапанів та можливість контролю гнучкого регулювання при відсутності використання приміщення.

5.2. Призначення приміщень та опалювальні прилади

Для обраної системи опалення пропонується застосовувати опалювальні сталеві

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

панельні радіатори Vogel & Noot VONOVA 11KV, 21KV. Детальнішу інформацію дивіться далі. Отже, застосування такого типу радіаторів в умовах запроєктованої двотрубною горизонтальною системою водяного опалення є доцільним, як за технічними так і за економічними параметрами.

5.3. Запірна та регулювальна арматура

У даному курсовому проекті ми використовуємо надійну гарнітуру підключення до радіаторів під назвою HERZ – 3000. Ця гарнітура має невелику кількість компонентів, що дозволяє створювати різні комбінації для різних систем водяного опалення. Точний режим налаштування та оптимальна прохідність радіатора забезпечують зручність та комфорт у використанні.

Ми встановлюємо термостатичні приводи HERZ-TS на підводках до опалювальних приладів. Ці приводи реагують на найменші різниці температур, дотримуючись налаштованої температури з високою точністю. Вони також використовують різні теплові джерела, такі як освітлення, електричні прилади та сонячне випромінювання. Завдяки автоматичним термостатичним голівкам, витрата води економиться майже на 30%. Крім того, ці приводи мають привабливий зовнішній вигляд.

Для горизонтального прокладання трубопроводів ми передбачаємо видалення повітря з кожного опалювального приладу і в верхніх точках стояка. Це робиться для досягнення оптимальної ефективності системи.

Ми використовуємо балансувальну та запірно-регулюючу арматуру від компанії HERZ. Конструкція цих арматур добре продумана, що дозволяє забезпечити відмінне гідравлічне регулювання систем опалення та охолодження.

5.4. Трубопроводи системи опалення та їх прокладання

Для прокладки в квартирах ми вибираємо металопластикові трубопроводи від Herz-Нака, а для вертикальних та горизонтальних стояків ми використовуємо звичайні сталеві водогазопровідні труби (згідно з ГОСТ 3262-89*). Труби від Herz виготовлені з високоякісного металопластику, який має високу термічну

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | |

стійкість, не піддається корозії, не утворює відкладень, а їх термін експлуатації становить не менше 50 років. Крім того, вони легко монтуватися. Труби, які проходять у приладових вітках, ми прокладаємо в підлозі приміщень.

5.5. Вибір джерела теплової енергії.

Тепловий пункт розташовується у підвальному приміщенні. Він обладнаний автоматичними пристроями від Herz, які здійснюють погодне регулювання та підтримують задану температуру в обратному трубопроводі системи опалення відповідно до температурного графіка.

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Розділ 6

ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ
ОПАЛЕННЯ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

6. Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення.

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

$$\Delta P = SG^2 \quad (6.1)$$

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

$$S = A \cdot \xi_{\text{прив}} \quad (6.2)$$

де A - питомий динамічний тиск, Па/(кг/год)² в розрахунковій ділянці трубопроводу, що виникає при витраті води в ній $G=1$ кг/год;

$\xi_{\text{прив}}$ - приведений коефіцієнта опору розрахункової ділянки трубопроводу;

Величину приведенного коефіцієнта опору розрахункової ділянки трубопроводу розраховують за формулою

$$\xi_{\text{прив}} = \frac{\lambda}{d} l + \Sigma \xi, \quad (6.3)$$

де λ/d - приведений коефіцієнт тертя труби, м⁻¹;

d - внутрішній діаметр труби, м;

l - довжина розрахункова ділянки трубопроводу, м;

$\Sigma \xi$ - сумарний коефіцієнт місцевих опорів на розрахунковій ділянці трубопроводу.

Величини параметрів A , λ/d , G/v , для труб, що застосовуються в сучасних системах опалення, із середньою температурою води $t=60^0$ С, яка відповідає середній річній температурі за опалювальний період.

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

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | |

величину G/v .

Значення характеристики опору S може бути визначено для кожної ділянки окремо або частини мережі, що складається з послідовних і паралельних ділянок.

Характеристика опору S послідовно розташованих ділянок трубопроводів із постійною витратою води дорівнює сумі характеристик опору цих ділянок, тобто

$$S_{1-2} = S_1 + S_2, \quad (6.4)$$

де S_1 і S_2 - характеристики опору ділянок трубопроводу .

Витрата води G в розрахункових ділянках розподільчих і збірних магістральних трубопроводів визначають як суму витрат води в горизонтальних приладових вітках і стояках, які обслуговуються даними розрахунковими ділянками.

Витрату води G_{cmj} , кг/год, в будь якій i -тій ділянці стояка двотрубної системи опалення можна визначити також за формулою:

$$G_{cmj} = G_{co} \cdot \varphi_{ij}, \quad (6.5)$$

де φ_{ij} - частка загальної витрати води в системі опалення, яка припадає на j -ту ділянку стояка.

Величину φ_{ij} слід обчислювати за формулою,

$$\varphi_{ij} = \frac{\sum_1^m Q_{1,j}}{Q_1} \quad (6.6)$$

де $\sum_1^m Q_{1,j}$ - теплові втрати будинку, що припадають на j -ту ділянку стояка, Вт.

Витрату води $G_{o.n.j}$ -кг/год, в будь-якому опалювальному слід визначати за формулою:

$$G_{o.n.j} = G_{co} \cdot \Psi_j \quad (6.7)$$

де Ψ_j - слід обчислювати за формулою:

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | |

$$\psi_j = \frac{Q_{1,j}}{Q_1} \quad (6.8)$$

де $Q_{1,j}$ - тепловтрати приміщення, Вт.

Витрати води в розрахункових ділянках горизонтальних приладових віток визначають як суму витрат води в опалювальних приладах, які обслуговуються даними розрахунковими ділянками.

В опалювальних приладах приладової вітки визначаємо характеристики настройки клапанів на перетині прямих, що відповідають витратам води $G_{оп}$ в опалювальних приладах та перепадам тисків ΔP_k у цих клапанах. Останні знаходять, виходячи із умов ув'язки циркуляційних кілець, що проходять через опалювальні прилади у відношенні до основного циркуляційного кільця приладової вітки.

Втрати тиску води в циркуляційних кільцях приладової вітки знаходимо без урахування втрат тиску води в загальних ділянках системи опалення. Втрати тиску води $\Delta P_{о.к}$ в основному кільці приладової вітки:

$$\Delta P_{ок} = \sum \Delta P + \Delta P_{оп.ок} + \Delta P_{к.ок} \quad (6.9)$$

Перевіряємо обмеження щодо мінімальних втрат тиску води у підводках до опалювальних приладів, які повинні складати не менше 70% загальних втрат тиску в циркуляційних кільцях без урахування втрат тиску в загальних ділянках. Таку перевірку для кожної підводки до опалювального приладу здійснюється за нерівністю:

$$\frac{\Delta P_{к1} + \Delta P_{оп}}{\sum \Delta P} \geq \frac{30}{70} = 2,33 \quad (6.10)$$

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | |

Розділ 7

РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОПАЛЮВАЛЬНИХ
ПРИЛАДІВ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

7. Підбір опалювальних приладів.

Систем опалення двотрубна, на вході в кожний з опалюваних приладів температура води дорівнює $t_1 = 90^{\circ}\text{C}$, а на виході – $t_2 = 70^{\circ}\text{C}$.

В якості опалювальних приладів прийняті радіатори VONOVA 11KV, 21KV з розмірами $H=300$ мм та $H=500$ мм, які встановлюються вільно у стіни і оздоблюються декоративним екраном. Для видалення повітря із системи опалення у найвищих опалювальних приладах у верхній пробці встановлені ручні повітровипускні крани інж. Маєвського.

Для забезпечення гідравлічної та теплової сталості системи опалення на приладових вітках в місцях підключення до розподільчих колекторів встановлюється автоматичні регулятори тиску ф. Данфосс, які мають пробки для спуску води.

Метою теплового розрахунку є визначення довжини (або кількості секцій) кожного з опалювальних приладів таким чином, щоб фактична потужність опалювального приладу перевищувала розрахункову, значення якої встановлено в результаті складання теплового балансу для кожного з приміщень адміністративно-побутового корпусу.

Якщо в одному приміщенні запроектовано один або більше приладів, то їх теплова потужність визначається як частка від розрахункової потужності опалювальних приладів загалом у даному приміщенні.

Для автоматичного підтримання температур у приміщеннях та з метою енергозбереження на подаючій підводці всіх опалювальних приладів встановлюються автоматичні терморегулятори ф. Данфосс типу RTD-N. Завищення прийнятої довжини (або кількості секцій), а відповідно, і тепловіддачі опалювальних приладів покликане забезпечити розрахунковий температурний режим у приміщеннях адміністративного будинку при несприятливих параметрах зовнішнього повітря.

Розрахункова теплова потужність, Вт, опалювального приладу визначається за формулою:

$$Q_{o.l.}^{nomp} = (Q_1 + Q_{вн} - 0,9 \cdot Q_{т.р.} - Q_{з.н}) \cdot \epsilon_2 \cdot \epsilon_3 \quad (7.1)$$

де Q_1 - тепловтрати приміщення, Вт, визначаємо за даними таблиці

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

$Q_{\text{вн}}$ - тепловтрати, Вт, через внутрішні стіни, що відокремлюють приміщення, для якого розраховують теплову потужність опалювального приладу від суміжного приміщення;

$Q_{\text{тр}}$ – тепловий потік, Вт, від неізольованих трубопроводів системи опалення, що прокладаються в приміщеннях; при застосуванні пластмасових труб величиною $0,9 Q_{\text{тр}}$ можна знехтувати;

v_2 - коефіцієнт урахування додаткових втрат теплоти опалювальними приладами, розташованими у зовнішніх огорожень, згідно;

v_3 – коефіцієнт урахування додаткових втрат теплоти при способі установки опалювального приладу, при установці опалювальних приладів вільно біля стіни $v_3 = 1$;

$Q_{\text{з.п.}}$ – тепловий потік, що регулярно надходить в приміщення від електричних приладів, людей.

При наявності декількох опалювальних приладів в приміщенні потрібний тепловий потік рівномірно розподіляється на них.

Розходження між величинами фактичного та потрібного теплових потоків визначаємо за формулою

$$M = \frac{Q_{o.n}^{\phi} - Q_{o.n.}^{номр}}{Q_{o.n.}^{\phi}} \cdot 100 \quad (7.2)$$

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Розділ 8

ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

8. Підбір обладнання теплового пункту

Проектування теплового пункту здійснюється відповідно рекомендаціям. Тепловий пункт розміщений на цокольному поверсі в окремому приміщенні. Він призначений для обслуговування системи опалення, системи тепlopостачання калориферів з параметрами теплоносія 150 – 70 °С.

В тепловому пункті передбачається розміщення обладнання, арматури, приладів контролю та автоматизації які здійснюють:

- контроль параметрів теплоносія;
- облік теплових потоків та витрат теплоносія;
- захист систем від аварійного підвищення параметрів теплоносія;
- заповнення системи опалення.

Для очищення води від піску в тепловому пункті встановлені фільтри на подаючому та зворотному трубопроводах.

Фільтри підбираємо по діаметру трубопроводів і вибираємо для встановлення фільтри фірми “Herz”.

Для контролю за значеннями температури в подаючому та зворотному магістральних трубопроводах на них встановлені датчики температури фірми “ Herz” Pt1000.

Після фільтру на зворотній магістралі встановлений ультразвуковий теплотічильник Metronic M4 JS 15 який призначений для високоточного виміру теплової енергії в тепловому пункті.

Теплообчислювач уявляє собою мікропроцесорний блок, розроблений для надійної обробки даних по обліку теплоспоживання. Отримуючи сигнали від витратомірної ділянки та двох температурних датчиків, він веде постійний облік і зберігання даних, зв’язаних з подачею тепла та комерційним обліком.

На поточному трубопроводі системи опалення встановлений циркуляційний насос серії WILO Strator-D32M з серійним дисплеєм, однокнопочним ручним управлінням і використанням автоматичного нічного зниження продуктивності шляхом технології “неперервного регулювання”

Насос має декілька режимів регулювання $\Delta P - \text{const}$ та $\Delta P - \text{variable}$. При $\Delta P - \text{const}$ електроніка підтримує створений насосом напір в межах допустимої

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

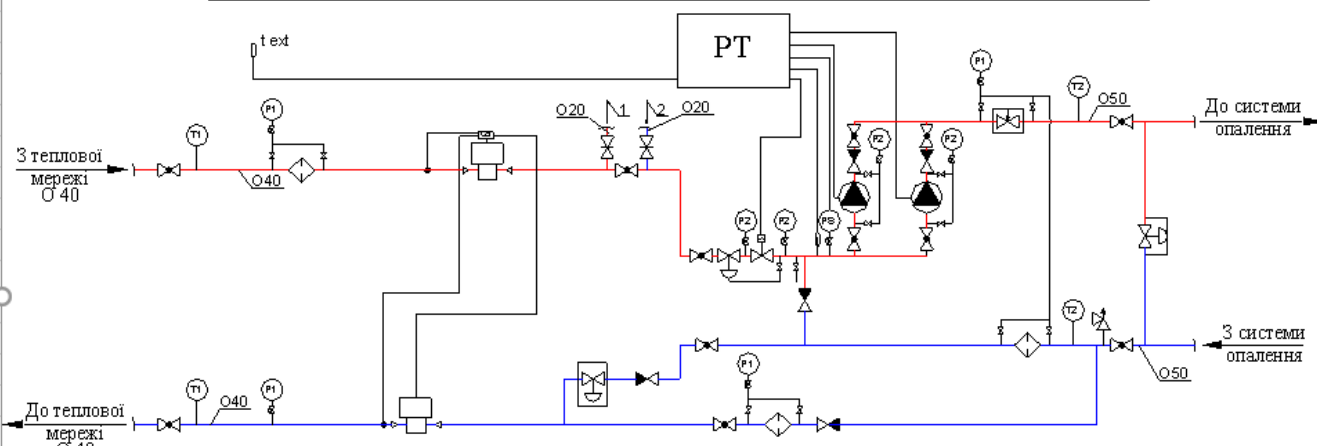
витрати на постійному рівні заданого значення напору. При ΔP – variable електроніка лінійно змінює номінальне значення напору, яке повинне підтримуватись насосом. Обидва способи регулювання дозволяють запобігти виникненню шумів від термостатичних вентилів.

Ручне регулювання насоса дозволяє встановити параметри базисних функцій:

- вмикання / вимикання;
- вид регулювання (ΔP – const ΔP – variable);
- задане значення напору;
- автоматичний перехід на мінімальну кількість обертів.

Всі режими роботи, а також повідомлення про неполадки і попередження (повідомлення про неполадки призводить до вимикання) виводяться безпосередньо на дисплей насоса.

СХЕМА ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ (ІТП)



Примітка: 1 - До ОП сходового і ліфтового холів Ø20
2 - Від ОП сходового і ліфтового холів Ø20

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

ЧАСТИНА ІІІ. ВЕНТИЛЯЦІЯ

Розділ 9

ПРИНЦИПОВІ РІШЕННЯ. РОЗРАХУНОК ПОВІТРООБМІНІВ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

9.1. Принципові рішення вентиляції.

В приміщеннях будинку, що проектується передбачена припливно-витяжна вентиляція природна та з механічним збудженням.

Припливна-витяжна система ПВ1 обслуговує приміщення: конференц зал.

Припливна-витяжна система ПВ2 обслуговує такі приміщення: кабінет директора , кабінет директора 2, кімната для переговорів, офісне приміщення на 9 осіб, офісне приміщення на 12 осіб, офісне приміщення на 8 осіб, офісне приміщення на 12 осіб.

Припливна система П1 обслуговує приміщення: хол.

Витяжна система система В1 обслуговує приміщення: санвузол.

Витяжна система система В2 обслуговує такі приміщення: приймальня, приймальня 2.

В цих припливно-витяжних системах в якості повітророзподільників прийняті припливні дифузори Systemair. В інші приміщення повітря подається за рахунок перетоку з суміжних приміщень.

Повітропроводи прокладаються у підвісній стелі. Вентиляційні решітки та плафони прийняті пластиковими.

Розрахункові повітрообміни у технічних приміщеннях і у адміністративних приміщеннях визначаються по нормативній кратності і наведені у таблиці розрахунку повітрообмінів.

Для забезпечення умов повітряного комфорту система вентиляції будинку запроектована за приточно-витяжною схемою із механічним та природним збудженням руху повітря.

Основними шкідливостями, які виділяються в процесі експлуатації приміщень, є тепло- та волого-надлишки і діоксиду вуглецю. Для забезпечення повітрообміну в приміщеннях будівлі було запроектовано 2 припливно-витяжних, 1 припливна та 2 витяжних механічних вентиляційних систем, а також необхідна кількість природних видаляючих систем вентиляції.

Обладнання систем ПВ1, ПВ2 розміщується в підвалі.

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

Витяжні системи видаляють повітря з верхньої зони приміщень. Цегельні вентканали виводяться на 0,5 м вище покрівлі будинку і накриваються зонтами.

В якості повітропроводів використовувалися повітропроводи виготовлені з оцинкованої сталі, гнучкі алюмінієві повітропроводи, а також цегельні вентиляційні канали в будівельних конструкціях. Усі повітропроводи прокладаються сховано за підшивною стелею.

9.2 Розрахунок надходжень шкідливостей.

Теплонадходження від людей (конференц зал).

Повна кількість теплоти:

$$Q_{лhf} = \sum_{i=1}^n q_{hfi} \cdot n_i, = 63 \times 14 = 882 \text{ Вт} \quad (9.1)$$

$$Q_{лhf} = \sum_{i=1}^n q_{hfi} \cdot n_i, = 72 \times 14 = 1008 \text{ Вт}$$

де:

q_{hfi} – питоме виділення повної теплоти однією людиною (береться залежно від ступеня важкості роботи та температури робочої зони), Вт/люд;

n_i – число людей у приміщенні з даною інтенсивністю навантаження, люд.

Явна кількість теплоти:

$$Q_{л,я} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot n_i, = 52 \times 14 = 728 \text{ Вт} \quad (9.2)$$

$$Q_{л,я} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot n_i, = 63 \times 14 = 882 \text{ Вт}$$

де:

q_i – питоме виділення явної теплоти однією людиною;

n_i – число людей у приміщенні з даною інтенсивністю навантаження, люд.

Теплонадходження від штучного освітлення (конференц зал).

Теплонадходження від джерел загального освітлення враховують в залежності від часу доби, умов експлуатації приміщень і наявності прорізів природнього освітлення.

$$Q_{осв} = A \cdot E \cdot q_{ос} \cdot \eta_{ос} = 74,14 \times 300 \times 0,05 \times 0,55 = 611,65 \text{ Вт} \quad (9.3)$$

де:

A – площа підлоги, м²

E – освітленість таб.4.2.[8] або Додаток Д, Лк

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

q_{oc} – питомі виділення теплоти, Вт/м² на 1 Лк освітленості
люмінесцентні лампи у межах 0,05 – 0,13
лампи розжарення 0,13 – 0,25

η_{oc} – коефіцієнт, який враховує надходження теплоти у робочу зону

Теплонадходження теплоти від сонячної радіації. (конференц зал)

Надходження теплоти, Q Вт, в приміщенні від сонячної радіації через засклені світлові прорізи і масивні огорожувальні конструкції будівель різного призначення для найбільш жаркого місяця року (липня) і заданої години доби, слід розраховувати за формулою:

$$Q = \sum_{i=1}^a Q_M + \sum_{i=1}^b Q_i = 4079,9 \text{ Вт} \quad (9.4)$$

де Q_i - тепловий потік, Вт, через і-й світловий отвір;

Q_M - тепловий потік, Вт, через і-у масивну огорожу

a - число світлових прорізів;

b - число масивних огорож .

Тепловий потік, Вт, сонячної радіації через світловий отвір розраховується за формулою:

ПнСх

$$Q_{oc_i} = (q_p K_1 + q_n K_2) K_3 \cdot K_4 \cdot A_{oc} \quad (9.5)$$

$$= (107 \times 1 + 348 \times 1) \times 0,5 \times 0,61 \times 29,4 = 4079,9 \text{ Вт}$$

для ПнСх $q_p=107$ Вт / кв.м $q_n=348$ Вт / кв.м (7-8; 15-16)

$K_1, K_2=1$;

$K_3=0,5$ – для жалюзів;

$K_4=0,61$ – подвійне скління в металевих розділених палітурках;

$A_{oc}=29,4$ площа світлового прорізу (скління), кв.м.

Висота вікна – 4,6 м; довжина – 6,4 м 1 вікно

Визначимо показник поглинання огороженнями та обладнанням теплового потоку прямої та розсіяної сонячної радіації, що передається повітрю в приміщенні конвективними потоками.

Конвективні потоки визначаються за залежністю від відношення

$\sum Y/\Delta$. Показник сумарного засвоєння теплоти огороження і обладнання

приміщення $\sum Y, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}$ визначається за формулою . (9.6)

$$\sum Y = Y_1 A_1 + Y_2 A_2 + \dots + Y_{oc} A_n + Y$$

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

Коефіцієнти теплозасвоєння для стін, вікон та підлоги [32]: $Y_{\text{стел}} = 9,13 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$,
 $Y_{\text{підл}} = 6,95 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$, $Y_{\text{вікно}} = 15,74 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$; $Y_{\text{ст}} = 2,2 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$.
 $A_{\text{стел}} = 74,1 \text{ м}$, $A_{\text{підл}} = 74,1 \text{ м}$, $A_{\text{вікн}} = 6,4 \text{ м}$, $A_{\text{ст}} = 72,2 \text{ м}$

$$\sum Y = 9,13 \cdot 74,1 + 6,95 \cdot 74,1 + 15,74 \cdot 6,4 + 2,2 \cdot 72,2 = 1451 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}$$

Показник інтенсивності конвективного теплообміну визначається за формулою
 $\Delta = 2.55(A_1 + A_2 + \dots + A_{oc} + A)$ (9.7)

$$\Delta = 2.55(74,1 + 74,1 + 6,4 + 72,2) = 578,34 \text{ м}^2.$$

$$\frac{\sum Y}{\Delta} = \frac{1451}{578,3} = 2,5$$

Вологонадходження від людей (конференц зал)

Вологонадходження від людей визначається за формулою

$$\text{ТП } W_{\text{вол}} = \sum_{i=1}^k w_{\text{лі}} \cdot n_i = 60 \times 14 = 840 \text{ г/год,}$$

(9.8)

$$\text{ХП } W_{\text{вол}} = \sum_{i=1}^k w_{\text{лі}} \cdot n_i = 44 \times 14 = 616 \text{ г/год,}$$

де:

$w_{\text{лі}}$ – питоме вологонадходження однією людиною (береться залежно від інтенсивності праці та температури робочої зони) табл. 4.1.[8] або Додаток В, г/год.

n_i – кількість людей у приміщенні з даною інтенсивністю навантаження, люд.

Теплонадходження від людей (кабінет директора 2).

$$Q_{\text{л,я}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot n_i, = 52 \times 10 = 520 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{л,я}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot n_i, = 63 \times 10 = 630 \text{ Вт}$$

Теплонадходження від штучного освітлення (кабінет директора 2).

$$Q_{\text{осв}} = A \cdot E \cdot q_{\text{ос}} \cdot \eta_{\text{ос}} = 61,82 \times 300 \times 0,05 \times 0,55 = 510,05 \text{ Вт}$$

| | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | | Лист |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | | |

Теплонадходження теплоти від сонячної радіації.(кабінет директора 2)

Надходження теплоти, Q Вт, в приміщенні від сонячної радіації через засклені світлові прорізи і масивні огорожувальні конструкції будівель різного призначення для найбільш жаркого місяця року (липня) і заданої години доби, слід розраховувати за формулою:

$$Q = \sum_{i=1}^a Q_m + \sum_{i=1}^b Q_i = 3744,9 \text{ Вт}$$

де Q_i - тепловий потік, Вт, через i -й світловий отвір;

Q_m - тепловий потік, Вт, через i -у масивну огорожу;

a - число світлових прорізів;

b - число масивних огорож .

Тепловий потік, Вт, сонячної радіації через світловий отвір розраховується за формулою:

ПДСх

$$Q_{oc_i} = (q_p K_1 + q_n K_2) K_3 \cdot K_4 \cdot A_{oc}$$
$$= (98 \times 1 + 391 \times 1) \times 0,5 \times 0,61 \times 28,5 = 3744,9 \text{ Вт}$$

для ПНСх $q_p=110$ Вт / кв.м $q_n=328$ Вт / кв.м (6-7; 17-18)

$K_1, K_2=1$;

$K_3=0,5$ – для жалюзів;

$K_4=0,61$ – подвійне скління в металевих розділених палітурках;

$A_{oc}=28,5$ площа світлового прорізу (скління), кв.м.

Висота вікна – 3 м; довжина – 6,5 м

1 вікно

Визначимо показник поглинання огороженнями та обладнанням теплового потоку прямої та розсіяної сонячної радіації, що передається повітрю в приміщенні конвективними потоками.

Конвективні потоки визначаються за табл.5 [32] за залежністю від відношення $\sum Y/\Delta$. Показник сумарного засвоєння теплоти огороження і обладнання приміщення $\sum Y, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}$ визначається за формулою .

$$\sum Y = Y_1 A_1 + Y_2 A_2 + \dots + Y_{oc} A_n + Y$$

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

Коефіцієнти теплозасвоєння для стін, вікон та підлоги [32]: $Y_{\text{стел}} = 9,13 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$,

$Y_{\text{підл}} = 6,95 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$; $Y_{\text{вікно}} = 15,74 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$; $Y_{\text{ст}} = 2,2 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$.

$A_{\text{стел}} = 61.8 \text{ м}$, $A_{\text{підл}} = 61.8 \text{ м}$. $A_{\text{вікн}} = 6,5 \text{ м}$, $A_{\text{ст}} = 59.3 \text{ м}$

$$\sum Y = 9,13 \cdot 61.8 + 6,95 \cdot 61.8 + 15,74 \cdot 6,5 + 2,2 \cdot 59.3 = 1284.24 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}$$

Показник інтенсивності конвективного теплообміну визначається за формулою:

$$\Delta = 2.55(A_1 + A_2 + \dots + A_{oc} + A)$$

$$\Delta = 2.55(61.8 + 61.8 + 9.5 + 59.3) = 490.62 \text{ м}^2.$$

$$\frac{\sum Y}{\Delta} = \frac{1284.24}{490.62} = 2,6$$

Вологонадходження від людей (кабінет директора 2)

$$\text{ТП } W_{\text{вол}} = \sum_{i=1}^k w_{\text{лі}} \cdot n_i = 60 \times 10 = 600 \text{ г/год},$$

$$\text{ХП } W_{\text{вол}} = \sum_{i=1}^k w_{\text{лі}} \cdot n_i = 44 \times 10 = 440 \text{ г/год},$$

Теплонадходження від людей (офісне приміщення на 12 осіб).

$$\text{ТП } W_{\text{вол}} = \sum_{i=1}^k w_{\text{лі}} \cdot n_i = 60 \times 12 = 720 \text{ г/год},$$

$$\text{ХП } W_{\text{вол}} = \sum_{i=1}^k w_{\text{лі}} \cdot n_i = 44 \times 12 = 528 \text{ г/год},$$

де:

$w_{\text{лі}}$ – питоме вологонадходження однією людиною (береться залежно від інтенсивності праці та температури робочої зони), г/год.

n_i – кількість людей у приміщенні з даною інтенсивністю навантаження, люд.

Теплонадходження від штучного освітлення (офісне приміщення на 12 осіб).

$$Q_{\text{осв}} = A \cdot E \cdot q_{\text{ос}} \cdot \eta_{\text{ос}} = 47,39 \times 300 \times 0,05 \times 0,55 = 390,96 \text{ Вт}$$

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

| | | | | |
|-------------------|------|------|-----|-----|
| Штучне освітлення | — | — | 390 | 390 |
| Всього | 1277 | 1277 | 918 | 918 |

9.3 Розрахунок повітрообмінів.

Розрахунок повітрообміну на видалення надлишків теплоти і вологи.

1. Необхідний повітрообмін за надлишками повної теплоти, кг/год:
(конференц зал)

$$G_{hf} = \frac{\Delta Q_{hf \text{ тп}}}{I_l - I_{ext}} = \frac{5026}{63,5 - 56,5} = 718 \quad (3.1)$$

де $\Delta Q_{hf \text{ тп}}$ – надлишки повної теплоти з табл. 5 для теплого періоду;

I_l – ентальпія видаляемого повітря, кДж/кг

I_{ext} – ентальпія припливного повітря, кДж/кг;

(кабінет директора 2)

$$G_{hf} = \frac{\Delta Q_{hf \text{ тп}}}{I_l - I_{ext}} = \frac{4401,2}{60,5 - 48,5} = 366,7 \quad (3.1)$$

де $\Delta Q_{hf \text{ тп}}$ – надлишки повної теплоти з табл. 5 для теплого періоду;

I_l – ентальпія видаляемого повітря, кДж/кг

I_{ext} – ентальпія припливного повітря, кДж/кг;

(Офісне приміщення на 12 осіб) (3.1)

$$G_{hf} = \frac{\Delta Q_{hf \text{ тп}}}{I_l - I_{ext}} = \frac{1263,4}{60,5 - 48,5} = 105,28$$

де $\Delta Q_{hf \text{ тп}}$ – надлишки повної теплоти з табл. 5 для теплого періоду;

I_l – ентальпія видаляемого повітря, кДж/кг

I_{ext} – ентальпія припливного повітря, кДж/кг;

2. Необхідний повітрообмін за надлишками явної теплоти, кг/год:
(конференц зал)

$$G_h = \frac{\Delta Q_h \text{ тп}}{c_p(t_l - t_{ext})} = \frac{5180}{1.005 \times (28 - 23)} = 1030 \quad (3.2)$$

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | |

де $\Delta Q_{h_{\text{ТП}}}$ – надлишки явної теплоти з табл. 5 для теплого періоду;

c_p – теплоємність повітря, кДж/(кг·°С)

t_l – температура видаляемого повітря, кДж/кг

t_{ext} – температура припливного повітря, кДж/кг;

(кабінет директора 2)

$$G_h = \frac{\Delta Q_{h_{\text{ТП}}}}{c_p(t_l - t_{\text{ext}})} = \frac{4401,2}{1,005 \times (28 - 23)} = 875,8 \quad (3.2)$$

де $\Delta Q_{h_{\text{ТП}}}$ – надлишки явної теплоти з табл. 5 для теплого періоду;

c_p – теплоємність повітря, кДж/(кг·°С)

t_l – температура видаляемого повітря, кДж/кг

t_{ext} – температура припливного повітря, кДж/кг;

(Офісне приміщення на 12 осіб)

$$G_h = \frac{\Delta Q_{h_{\text{ТП}}}}{c_p(t_l - t_{\text{ext}})} = \frac{1263,4}{1,005 \times (28 - 23)} = 251,4 \quad (3.2)$$

де $\Delta Q_{h_{\text{ТП}}}$ – надлишки явної теплоти з табл. 5 для теплого періоду;

c_p – теплоємність повітря, кДж/(кг·°С)

t_l – температура видаляемого повітря, кДж/кг

t_{ext} – температура припливного повітря, кДж/кг;

3. Необхідний повітрообмін за надлишками вологи, кг/год:

(конференц зал)

$$G_w = \frac{W_{\text{ВОЛ}_{\text{ТП}}}}{d_l - d_{\text{ext}}} = \frac{840}{13,5 - 10,8} = 311,1 \quad (3.3)$$

де $W_{\text{ВОЛ}_{\text{ТП}}}$ – надлишки вологи за формулою 4.6 для теплого періоду;

d_l – вологовміст видаляемого повітря, кДж/кг

d_{ext} – вологовміст припливного повітря, кДж/кг;

(кабінет директора 2)

$$G_w = \frac{W_{\text{ВОЛ}_{\text{ТП}}}}{d_l - d_{\text{ext}}} = \frac{600}{13,5 - 10,8} = 222,2 \quad (3.3)$$

де $W_{\text{ВОЛ}_{\text{ТП}}}$ – надлишки вологи за формулою 4.6 для теплого періоду;

d_l – вологовміст видаляемого повітря, кДж/кг

d_{ext} – вологовміст припливного повітря, кДж/кг;

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | |

(Офісне приміщення на 12 осіб)

$$G_w = \frac{W_{\text{вол тп}}}{d_l - d_{\text{ext}}} = \frac{720}{13,5 - 10,8} = 266,6 \quad (3.3)$$

де $W_{\text{вол тп}}$ – надлишки вологи за формулою 4.6 для теплого періоду;

d_l – вологовміст видаляемого повітря, кДж/кг

d_{ext} – вологовміст припливного повітря, кДж/кг;

4.Розрахунок повітрообміну на розбавлення концентрації CO_2 .

(конференц зал)

Повітрообмін на розбавлення концентрації CO_2 , м³/год.

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot 1000}{1,83 \cdot \Delta C_{\text{CO}_2}} = \frac{630 \cdot 1000}{1,83 \cdot 800} = 430,3 \text{ кг/год} \quad (3.4)$$

M_{CO_2} – кількість CO_2 в приміщенні, г/год.;

ΔC_{CO_2} – Рівень концентрації CO_2 у приміщенні понад рівень у зовнішньому повітрі

(кабінет директора 2)

Повітрообмін на розбавлення концентрації CO_2 , м³/год.

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot 1000}{1,83 \cdot \Delta C_{\text{CO}_2}} = \frac{450 \cdot 1000}{1,83 \cdot 800} = 307,3 \text{ кг/год} \quad (3.4)$$

M_{CO_2} – кількість CO_2 в приміщенні, г/год.;

ΔC_{CO_2} – Рівень концентрації CO_2 у приміщенні понад рівень у зовнішньому повітрі.

(Офісне приміщення на 12 осіб)

Повітрообмін на розбавлення концентрації CO_2 , м³/год.

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot 1000}{1,83 \cdot \Delta C_{\text{CO}_2}} = \frac{540 \cdot 1000}{1,83 \cdot 800} = 368,8 \text{ кг/год} \quad (3.4)$$

M_{CO_2} – кількість CO_2 в приміщенні, г/год.;

ΔC_{CO_2} – Рівень концентрації CO_2 у приміщенні понад рівень у зовнішньому повітрі.

5.Розрахунок мінімальної витрати зовнішнього повітря.

Загальна мінімальна витрата зовнішнього повітря L_{min} м³/год., за певної кількості людей і площі приміщення визначається відповідно до [1] за формулою.

(конференц зал)

$$L_{\text{min}} = 3,6 \cdot (n \cdot q_p + S \cdot q_v) = 3,6 \cdot (14 \cdot 7 + 74,14 \cdot 0,7) = 894,6 \cdot 1,2 = 539,63 \quad (3.5)$$

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

м³/год

(кабінет директора 2)

$$L_{min} = 3,6 \cdot (n \cdot q_p + S \cdot q_v) = 3,6 \cdot (10 \cdot 7 + 61,82 \cdot 0,7) = 407,78 \quad (3.5)$$

м³/год

(Офісне приміщення на 12 осіб)

$$L_{min} = 3,6 \cdot (n \cdot q_p + S \cdot q_v) = 3,6 \cdot (12 \cdot 7 + 47,39 \cdot 0,7) = 421,82 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.5)$$

n – проектна кількість людей у приміщенні;

q_p – питома витрата зовнішнього повітря на одну людину, дм³/(с·людину);

S – загальна площа приміщення, м²;

q_v – питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень (зменшення концентрації забруднюючих речовин, що виділяються від будівельних матеріалів), дм³/(с·м²).

ВЕНТИЛЯЦІЙНИЙ БАЛАНС У БУДІВЛІ

Значення повітрообміну в кожному приміщенні зводиться в таблицю 9.1 окремо на приплив та на видалення. Різниця між ними – дисбаланс (приплив, витяжки) подається, або видаляється в допоміжні приміщення.

| Номер приміщення | Приміщення | Об'єм приміщення V, м ³ /год | Приплив | | Витяжка | | Примітка |
|------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|----------|
| | | | к _p , год ⁻¹ | L, м ³ /год | к _p , год ⁻¹ | L, м ³ /год | |
| 1 | Конференц зал | 341,04 | 1,1 | 375 | 1,1 | 375 | |
| 2 | Кабінет директора | 123,93 | 1,1 | 135 | 1,1 | 135 | |
| 3 | Приймальна | 72,00 | 2 | 145 | - | - | |
| 4 | Кабінет директора 2 | 166,86 | 1,1 | 180 | 1,1 | 180 | |
| 5 | Кімната для переговорів | 72,9 | 1,1 | 80 | 1,1 | 80 | |
| 6 | Офісне приміщення на 9 осіб | 127,71 | 1,1 | 140 | 1,1 | 140 | |

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

Розділ 10

АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМ
ВЕНТИЛЯЦІЇ .ВИБІР ОБЛАДАННЯ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

10.1. Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції.

Дійсну швидкість руху повітря в повітропроводі визначимо за формулою:

$$V = L/3600F \quad (10.1)$$

L - повітря, м³/год;

F - площа поперечного перерізу повітропровода, м².

Дійсна швидкість повинна бути в межах 5-8 м/с.

Втрати тиску в місцевих опорах визначимо за формулою:

$$\Delta P_{\text{м.о.}} = \sum \xi (\rho V^2 / 2) \quad (10.2)$$

$\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів на розрахунковій ділянці, визначимо за таблицями ;

ρ - густина повітря, кг/м³ ;

V - швидкість руху повітря на ділянці, м/с.

Нев'язка втрат тиску у відгалудженнях $\Delta P_{\text{в}}$ з сумарними втратами тиску $\sum \Delta P_{\text{мг}}$ від початку магістралі до точки приєднання відповідного відгалудження за формулою:

$$\eta = (\sum \Delta P_{\text{мг}} - \Delta P_{\text{в}} / \sum \Delta P_{\text{мг}}) \cdot 100\% \quad (10.3)$$

Нев'язка повинна бути в межах - 0% ≤ η ≤ 10% . При невиконанні цієї умови необхідно змінювати діаметр повітропроводу або виконувати регулювання за допомогою шиберів або дросель-клапанів.

Результати аеродинамічного розрахунку повітропроводів наведені в таблицях

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

10.2 Розрахунок та підбір обладнання для систем вентиляції.

Повітропроводи для систем вентиляції вибрані з тонколистової оцинкованої сталі та гнучкі алюмінієві. В системах вентиляції прийняті повітропроводи як круглого так і прямокутного перерізу.

Вентиляційні решітки та дифузори прийняті по рекомендованим швидкостям в:

- повітрозабірні жалюзі 2-4 м/с;
- припливні решітки 1-3 м/с;
- витяжні решітки 1,5-3 м/с;
- витяжні решітки (природна вентиляція) 0,5 - 1 м/с.

Система ПВ-1

Початкові дані:

- кількість підігріваємого повітря $G = 750 \text{ м}^3/\text{год}$;
- внутрішня температура в приміщенні $t_{in} = 19^\circ\text{C}$;
- розрахункова температура зовнішнього повітря $t_{ext} = -23^\circ\text{C}$;

Визначимо витрату тепла на нагрівання повітря за формулою:

$$Q = 0,278 \cdot c \cdot p \cdot L (t_{in} - t_{ext}); \quad (10.14)$$

де c - теплова теплоємність повітря, $c = 1,005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

p - густина повітря, $p = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$.

$$Q = 0,278 \cdot 1,005 \cdot 1,2 \cdot 750 (19 - (-23)) = 10560 \text{ Вт}$$

Підбираємо припливно-витяжну установку ВЕНТС ВУТ 600 ПВ ЕС з автоматикою.

Також підбираємо шумоглушник Systemair LDR 40-20 та водяний повітроохолоджувач Systemair PGK 40-20, який по характеристикам знижує температуру припливного повітря від 30°C до $20,8^\circ\text{C}$.

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

Система ПВ-2

Початкові дані:

- кількість підігріваємого повітря $G = 2150 \text{ м}^3/\text{год}$;
- внутрішня температура в приміщенні $t_{\text{in}} = 19^\circ\text{C}$;
- розрахункова температура зовнішнього повітря $t_{\text{ext}} = -23^\circ\text{C}$;

Визначимо витрату тепла на нагрівання повітря за формулою:

$$Q = 0,278 \cdot 1,005 \cdot 1,2 \cdot 2150 (19 - (-23)) = 30274 \text{ Вт}$$

Підбираємо припливно-витяжну установку ВЕНТС ВУТ 2000 ПВ ЕС з автоматикою.

Також підбираємо шумоглушник Systemair LDR 40-20 та водяний повітроохолоджувач Systemair PGK 40-20, який по характеристикам знижує температуру припливного повітря від 30°C до $20,2^\circ\text{C}$.

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

Розділ 11

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ
МОНТАЖНИХ РОБІТ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Встановивши календарний план будівельно – монтажних робіт, встановлюють техніко – економічні показники на об’єкті, які відображають цілеспрямованість і економічність прийнятих рішень.

У розрахунку необхідно враховувати наступні пункти:

- коефіцієнт нерівномірності руху робочої сили K . Його значення визначається з графіка руху робочої сили і відображає собою співвідношення між максимальної кількості працівників до середньої кількості працівників за весь час будівництва:

$$K = n_{\max}/n_{\text{сер}}, \quad n_{\text{сер}} = F/n_{\text{днів}}.$$

Кроки розробки календарного плану включають наступне:

- визначають номенклатуру та об’єм робіт, а також методів виконання кожного виду робіт;
- розрахунок тривалості робіт в людино-днях;
- встановлення технологічної послідовності та тривалість кожної з робіт;
- визначення складу бригади та персоналу;
- встановлення відсотку перевиконання робіт;
- корегування календарний план відповідно по термінам.

Після складання календарного плану, ми проведемо аналіз техніко-економічних показників для об’єкту. Один з таких показників - це коефіцієнт нерівномірності руху робочої сили, який визначається на основі графіка руху робочої сили. Цей коефіцієнт відображає співвідношення максимальної кількості робочих, які працюють відповідно до графіка, до середньої кількості робочих протягом усього періоду будівництва.

$$k = \frac{n_{\max}}{n_{\text{сер}}} \leq 1,3.$$

На сітьовому графіку між вихідною та кінцевою подією існують декілька шляхів. Шлях з максимальним терміном називається критичним.

Роботи та події ,що належать критичному шляху, називаються критичними. Між

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

двома подіями може бути лише одна робота; форма графіка повинна бути простою, він не повинен мати зайвих перетинів; події нумерують після побудови графіка зліва направо; в мережі не повинно бути "тупіків" тобто подій, з яких не виходить ні в дні робота і в які не входить ні одна робота; в сіті не повинно бути замкнених контурів, подій або робіт, що мають однакові номери або шифри.

Для кожної роботи сітьової моделі визначимо:

- ранній термін початку (закінчення) - мінімальний з можливих моментів
- спочатку (закінчення) даної роботи при заданих термінах робіт та заданому "початковому моменті";

Пізній термін початку (закінчення) - це найпізніший можливий момент, коли може бути розпочата (завершена) певна робота, таким чином, що всі наступні роботи можуть бути виконані відповідно до заданого директивного терміну останньої події.

Повний резерв часу - це максимальний час, на який можна відкласти початок або збільшити тривалість роботи, не змінюючи директивний термін завершення всього комплексу робіт.

Вільний резерв часу - це максимальний час, який залишається вільним, після урахування тривалості всіх робіт, включених в графік.

На який можна відстрочити початок або збільшити тривалість роботи, при умові, що ранні терміни початку наступних робіт не змінюються.

Коли сітьовий графік розрахований, його необхідно побудувати в масштабі часу.

Масштабний сітьовий графік більш зручний для контролю за виконанням робіт. Такий графік дозволяє швидко знаходити роботи, які виконуються в певний період, встановлювати їх випередження або відставання при необхідності перерозподілу ресурсів.

Побудову сітьового графіка в масштабі часу виконують по раннім початкам або пізнім закінченням робіт.

Порядок побудови:

- викреслюють горизонтальну масштабну лінійку, по якій вказують календарні та робочі дні;

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

- приєднання фланців з затяжкою болтів.

Повітропроводи починають збирати від вентилятора. Першу фарбовку повітропроводів виконують при їх виготовленні. Змонтовані повітропроводи теж покривають масляною краскою, а в необхідних випадках – вогнетривкими або кислотостійкими розчинами. Викрашені поверхні сушать на протязі 2-х годин, при температурі не нижче 15°C.

Технологія будівельно-монтажних робіт.

Бригада монтажників до початку монтажних робіт повинна мати всі необхідні креслення будинку, в якому необхідно змонтувати системи вентиляції. На цих кресленнях повинні бути вказані всі розміри та форми повітропроводів, засоби їх кріплення, нанесені розташовані приточних та витяжних камер та іншого вентиляційного обладнання, прив'язки вентиляційних систем до будівельних конструкцій, приведенні по поверхові плани будинку, найбільш характерні розміри.

Для виробництва вентиляційних деталей розробляють монтажні креслення вентиляційних систем. Ці креслення використовуються для монтування вентиляційних систем.

Монтажні креслення розроблюють монтажні організації за їх дорученням з врахуванням умов монтажу.

Монтажні креслення виконують на основі робочих креслень з виконанням діючих нормативних документів та на основі розмірів з натури після виконання головних будівельних робіт.

Монтажне креслення системи вентиляції мають зміст:

- монтажну (аксонометричну) схему вентиляційної системи;
- ескізи ненормалізованих деталей;
- комплектуючі відомості вентиляційних деталей;
- специфікацію головних та допоміжних матеріалів;
- об'єми робіт;
- головні вимоги до виготовленню системи;
- вказівки по сборці деталей в транспортабельні блоки;
- інші вимоги до монтажу систем.

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Монтажна (аксонометрична) схема вентиляційної системи виконується без масштабу в одну лінію використанням умовних позначок, та позначенням діаметрів або розмірів перетину повітроводів, порядковий номер деталей, місць установки вентиляційного обладнання прив'язки мережі до будівельних конструкцій, відмітки повітроводів по висоті приміщення.

Найбільш складні в виготовленні та монтажу вузли і деталі, а також ненормалізовані деталі повітроводів на монтажних кресленнях показуються в більшому масштабі з більш детальною деталізацією.

В комплектівчій відомості вказують кількість, розміри, площини поверхонь повітроводів та їх порядкові номери, кількість та розміри приєднання та кріплення деталей, кількість та типи регулюючих пристроїв, повітрярозподільчих та місцевих відсмоктувачив, які входять до вентиляційної системи.

Після складання монтажної схеми та комплектувальних відомостей вентиляційних деталей складають специфікацію матеріалів які необхідні для виготовлення та монтажу.

В цій відомості повинні бути вказані кількість листової, стрічкової, углової, пруткової сталі з урахуванням припусків та надбавок на відходи, відбортовку, фланцеві та бандажні приєднання а також матеріали для виготовлення средств для кріплення та з'єднання повітроводів.

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Розділ 12
АВТОМАТИЗАЦІЯ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Вимоги до систем автоматизації.

Теплопостачальні системи є складними комплексами, тому вони вимагають автоматизованого управління. Ручне управління такими системами є дуже складне і воно потребує значної кількості персоналу .

Використання автоматики в системах теплопостачання дозволяє зменшити кількість персоналу, покращити теплові процеси ,підвищити їх економічність та коефіцієнт корисної дії ,добитися стабільної і ритмічної роботи системи. Прилади і засоби автоматизації необхідні для санітарної техніки повинні бути прості, високо надійні, мати малі розміри і вагу, бути простими у обслуговуванні.

В даному проекті використовуються прилади, регулятори та прилади, які виготовляються серійно промисловістю. Особливу увагу приділити необхідно підвищенню ефективності теплопостачання за рахунок розробки нових удосконалених конструкцій обладнання їх засобами автоматики, комерційного обліку теплової енергії та води.

Необхідність загальної автоматизації енергосистеми підтверджується перш за все тим, що це дозволяє досягти зменшення витрати енергії на рівні від 10% до 20%.

Крім того, важною метою автоматизації є забезпечення охорони праці, що досягається шляхом впровадження автоматичного обслуговування. Це особливо важливо, коли людина не може вжити необхідні заходи для запобігання аваріям та нещасним випадкам.

В теперішній час перед автоматизацією стоїть задачі, зв'язані з охороною навколишнього середовища. Для цих цілей утворюються автоматичні системи, керуючі очищувальними спорудами та фільтрами.

Таким чином автоматизація промислових процесів, дозволяє заощаджувати сировину та електроенергію, підвищує продуктивність праці, захищає обладнання від пошкодження при виникненні аварійних ситуацій ; підвищує якість продукції та промислових робіт; оптимізує хід процесу.

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Комfort 2000. Крім того, на ECL надходить сигнал від датчиків температури внутрішнього та зовнішнього повітря ESM - 1.

На подавальному трубопроводі з теплової мережі встановлений регулятор прямої дії для підтримання постійного перепаду тисків. У разі збільшення перепаду тисків регулятор AVP автоматично закривається.

Електропривод забезпечує надійну та безперебійну роботу регулюючого клапану. Він також має пристрій захисту, який використовує зворотню пружину і може закрити регулюючий клапан при відсутності струму в системі регулювання.

Крім основних функцій, таких як ручне управління та відображення положення, електропривод має кінцеві вимикачі, які переривають його роботу у разі перевантаження.

Ультразвуковий теплотічильник SONOMETER 2000 розташований на зворотньому трубопроводі теплової мережі і забезпечує надійне та точне вимірювання витрати теплоносія. Теплообчислювач, який входить до складу теплотічильника, випускає сигнали в широкому діапазоні.

На байпасній лінії теплового пункту встановлено лічильник, який служить для обліку витрати води під час заповнення системи опалення.

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Розділ 13
ОХОРОНА ПРАЦІ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

| | | | | |
|-----|------------------|-------------|--|------------------|
| 9. | Термічний фактор | Зварювальні | $t_{\text{зварки}} = 1200 \text{ } ^\circ\text{C}$ | СНиП III-4-80* |
| 10. | Пожежна безпека | Зварювальні | Категорія пожежонебезпечності – В | НАПБ А.01.001-95 |

Застосування профілактичних заходів для виявлення факторів, які описані в інших розділах дипломного проекту.

Запобігання падінням людей з висоти

Організація робочого місця має забезпечувати безпеку праці та зручний та безпечний доступ до нього. Одним з ключових вимог безпеки праці для монтажників є застосування захисних пристроїв на місцях, де проводяться монтажні роботи.

Для забезпечення безпеки працівників, які працюють на висоті під час приймання, встановлення та закріплення конструкцій, використовуються засоби колективного захисту. Зазвичай застосовуються приставні сходи з робочими майданчиками, металеві платформи, підмости під підкрановими балками та площадки для з'єднання стиків збірних залізобетонних колон у багатоповерхових будівлях.

Поміж засобів колективного захисту на сьогоднішній день використовуються захисні сітки з синтетичних матеріалів, такі як капронові та лавсанові.

Проходи у стінах та перегородках, розташовані на висоті 0,7 метра і вище від рівня перекриття, повинні бути обладнані огорожами висотою не менше 1,1 метра та бортовими дошками висотою не менше 0,15 метра. Стійкі огорожі встановлюються з кроком не більше 2 метрів і з'єднуються двома горизонтальними зв'язками.

Проходи в перекриттях можуть бути закриті цілими настилами або огорожені захисними огорожами.

Під час роботи на висоті монтажники та інші робітники повинні бути оснащені поясами та спеціальними пристроями.

Випадання предметів та конструкцій з висоти

У процесі монтажу падіння предметів з висоти є одним з найважливіших факторів, що впливають на запобігання виробничим травмам.

У практиці монтажу будівельних конструкцій виникали випадки втрати міцності та стійкості конструкцій через недостатнє врахування монтажних навантажень з

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

організаційних та технічних причин.

При проектуванні будівельних конструкцій передбачається забезпечення їх міцності та стійкості під час монтажу. У проектах будівельних конструкцій зазначаються місця стропування, які визначаються залежно від потреб. Розміщення зв'язків, що забезпечують стійкість закріплених конструкцій, вирішується в проекті виробництва робіт.

Забороняється монтаж елементів без монтажних петель.

Стропування елементів систем вентиляції проводиться згідно розроблених схем. Способи стропування елементів конструкцій та обладнання повинні забезпечувати їх доставку до місця встановлення у положенні, близькому до проектного.

Під час перерв у роботі заборонено залишати елементи конструкцій та обладнання незакріпленими.

Електричний струм

Основними ізоляційними електрозахисними засобами, які можуть витримувати робочу напругу на тривалий час та забезпечують безпечний доступ до елементів електроустановки під напругою (до 1000 В), є діелектричні гумові рукавиці, інструменти з ізольованими рукоятками, струмошукачі. Для електроустановок з напругою понад 1000 В також використовують ізолюючі штанги, ізолюючі та струмопровідні клещі.

При розміщенні електричних мереж на будівельному майданчику необхідно передбачити можливість відключення всіх електроустановок на окремих об'єктах та робочих ділянках.

Струмопровідні частини електроустановок повинні бути ізольовані, огорожені або розташовані в недоступних місцях для запобігання контакту з ними.

Підключення електрозварювальної установки до джерела живлення повинно здійснюватися через рубильник та захисні пристрої, такі як запобіжники або автоматичний вимикач.

Вібрація

Застосування заходів для захисту робочих місць від вібрації має бути початковою фазою в процесі проектування технологічних процесів та машин, розробки плану виробничого приміщення та схеми організації робіт. Існують дві основні групи методів для зменшення шкідливих вібрацій від працюючого обладнання: 1) методи, що базуються на зменшенні інтенсивності збуджуючих сил у джерелі їх виникнення; 2) методи послаблення вібрації на шляху їх передачі через опорні зв'язки від джерела до інших машин та будівельних конструкцій.

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | |

Технологічні засоби для боротьби зі шкідливими вібраціями включають вибір таких технологічних процесів, де використовуються машини, які створюють мінімальні динамічні навантаження.

Ефективним способом протидії шкідливій вібрації є використання пасивної віброізоляції з використанням віброгасячих основ.

Виробничий шум

До технологічних заходів, спрямованих на боротьбу з шумом, входить вибір таких технологічних процесів, де використовуються механізми та машини, що мінімізують динамічні навантаження.

Для захисту працівників в приміщеннях з шумним обладнанням застосовуються наступні заходи: звукоізоляція допоміжних приміщень, що межують з шумовою виробничою зоною; кабіни для нагляду та дистанційного управління; акустичні екрани та звукоізоляційні кожухи; обробка стін та стелі звукопоглинаючими матеріалами або застосування штучних поглиначів.

Для забезпечення нормальних умов праці необхідно дотримуватись рівня шуму, що не перевищує максимально допустимого значення 85 дБ.

У випадках, коли це необхідно, засоби колективного захисту доповнюються індивідуальними засобами захисту від шуму, такими як навушники, вкладиші або шоломи.

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

Освітлення робочих місць

Освітленість на робочих місцях повинна відповідати типу виконуваної зорової роботи. Збільшення рівня освітленості на робочих поверхнях покращує продуктивність праці. Проте існує певна межа, при якій додаткове збільшення освітленості не має багато користі і стає нерентабельним з економічної точки зору.

Важливе рівномірне розподілення яскравості на робочій поверхні. Нерівномірність яскравості примушує очі постійно адаптуватися, що веде до втоми зору.

Важливо уникати різких тіней на робочих поверхнях. Різкі тіні в полі зору людини призводять до спотворення розмірів і форм об'єктів, що спричиняє втомлюваність зору, а рухомі тіні можуть створювати небезпеку травмування.

Ключовим фактором є сталість освітленості протягом робочого часу. Зміни рівня освітленості вимагають постійної адаптації очей та призводять до значної

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

втоми. Для ділянок, де встановлюється система вентиляції та опалення, передбачається однаковий рівень освітленості, який не менше 30 люксів.

У випадках, коли природного освітлення недостатньо або його зовсім немає, передбачається використання штучного електричного освітлення. Це стосується недостатнього природного освітлення та періоду, коли природного світла недостатньо.

Освітлення робочих ділянок здійснюється за допомогою ламп накаливання.

Шкідливі речовини

Під час виконання ізоляційних робіт з використанням матеріалів, таких як волокнистий азбест, мінераловата і шлаковата, у повітря потрапляє пил. При роботі з цими ізоляційними матеріалами необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту для дихання та очей, такі як респіратори і окуляри. Робітники, які займаються ізоляцією, повинні мати бавовняні комбінезони, шкіряне взуття та брезентові або гумові рукавиці.

Шлаковату, мінераловату або волокнистий азбест, що використовується під час ізоляційних робіт, слід підіймати на висоту у спеціальних контейнерах, уникати кидання та обережно складати.

Атмосферна електрика

Для забезпечення захисту адміністративної будівлі від небезпеки удару блискавки на її покрівлі встановлюється система блискавко-захисту. Ця система включає в себе блискавко-приймальну сітку з метою перехоплення блискавкових розрядів. Розміщення контурів блискавко-приймальної сітки здійснюється з кроком 3 на 3 метри та використовується дріт діаметром 25 мм. Ця сітка пов'язується з заземлювальною системою за допомогою токовідводів, які виготовлені з круглого сталевого дроту діаметром 8 мм.

Протипожежна безпека

На будівельному майданчику та на робочих ділянках необхідно дотримуватись вимог "Правил пожежної безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт" для забезпечення безпеки від пожежі. Забороняється використовувати відкрите вогнище на відстані 50 метрів від місць зберігання легкозаймистих матеріалів.

Матеріали, що містять шкідливі або вибухонебезпечні речовини, повинні бути зберігатись у герметично закритій зоні.

У приміщеннях забороняється використовувати відкрите вогнище для підігріву бітумних складів.

Термічний фактор

При здійсненні ізоляційних робіт, таких як гідроізоляція, теплоізоляція та антикорозійний захист, з використанням вогненебезпечних матеріалів та шкідливих речовин, необхідно забезпечити захист працівників від шкідливих

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | | | | |

речовин, а також від термічних і хімічних опіків.

Для доставки бітумної мастики до робочих місць, зазвичай використовуються битумопроводи або вантажні машини. У випадку потреби у ручному переміщенні гарячого бітуму на робочих місцях, слід використовувати металеві бачки, які мають форму усіченого конуса зі широкою частиною вниз, із щільно закриваються кришками та запірними пристроями.

Забороняється використовувати бітумні мастики з температурою вище 180 градусів Цельсія. Казани для нагрівання та розігріву бітумної мастики повинні бути обладнані приладами для вимірювання її температури та щільно закриватися кришками. Наповнювач, що завантажується в казан, має бути сухим, і не допускається потрапляння льоду або снігу. Біля варильного казана повинні бути засоби пожежогасіння.

При здійсненні ізоляційних робіт у закритих приміщеннях або апаратах, необхідно забезпечити їх вентиляцію та місцеве електроосвітлення з напругою не більше 12 В та обладнанням у вибухобезпечному виконанні.

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

12. Будівельна кліматологія: ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010

13. Системи опалення будівель. Метод визначення проектного теплового навантаження: ДСТУ Б EN 12831:2008

14. Вентиляція громадських будівель. Вимоги до виконання систем вентиляції: ДСТУ Б EN 13779-2011

15. Культурно-видовищні та дозвілєві заклади: ДБН В.2.2-16-2005

16. Будинки адміністративного та побутового призначення: ДБН В.2.2-28:2010.

17. Будинки та споруди навчальних закладів: ДБН В.2.2-3-97

18. Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник. Зінич П.Л.

| | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА | Лист |
| | | | | | | | |
| Зам. | Кільк. | Лист | № док. | Підпис | Дата | | |

Київський національний університет будівництва і архітектури

**ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ДЕРЖАВНОЇ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ № _____
ЩОДО ЗАХИСТУ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

Направляється студент _____ до захисту дипломного проекту
(прізвище та ініціали)
за спеціальністю _____
(шифр і назва спеціальності)
на тему: _____
(назва теми)

Дипломний проект і рецензія додаються.

Декан факультету _____
(підпис)

Довідка про успішність

_____ за період навчання на факультеті
(прізвище та ініціали студента)
_____ з 20__ року до 20__ року повністю виконав
навчальний план за напрямом підготовки, спеціальністю з таким розподілом оцінок за:
національною шкалою: відмінно __%, добре __%, задовільно __%;
шкалою ECTS: А __%; В __%; С __%; D __%; E __%.

Середній бал за 10-ти бальною шкалою (ціле число): _____

Методист _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зворотній бік аркушу А5

Висновок керівника дипломного проекту

Студент (ка) _____

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис) (прізвище та ініціали)
“ ” _____ 20__ року

Висновок кафедри про дипломний проект

Дипломний проект розглянуто. Студент (ка) _____
(прізвище та ініціали)

допускається до захисту даного проекту в Державній екзаменаційній комісії.

Сума балів до захисту складає: _____ балів (з 50 балів).

Сума балів складається з оцінювання випускаючої кафедри (макс 30) + рецензія (макс 10) + середній бал за навчання (макс 10).

Завідувач кафедри _____
(назва)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)
“ ” _____ 20__ року

Таблиця 6

Гідралічний розрахунок магістральних трубопроводів двохтрубної поквартирної системи опалення

| Номер розрахункової ділянки | Теплове навантаження ділянки | Коефіцієнт проходу тепловоо та гідраліческого потоків | Витрата води на ділянці | Довжина ділянки | Діаметр трубопроводу | Приведений коефіцієнт тертя | Питома витрата води | Питомий динамічний тиск | Швидкість води на ділянці | Сумма коефіцієнтів місцевих опорів | Приведений коефіцієнт місцевих опорів | Характеристика опору ділянки | Втрати тиску на ділянці | Загальні втрати тиску |
|-----------------------------|------------------------------|---|-------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|---|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| № діл. | $Q_{д\text{іл}}$, Вт | ϕ | G , кг/год | l , м | d , мм | λ/d , м ⁻¹ | G/v , (кг/год)/ (м/с) | $A \cdot 10^{-4}$, Па/ (кг/год) ² | V , м/с | $\Sigma \xi$ | $\xi_{\text{пр}}$ | S , Па/ (кг/год) ² | $\Delta P_{\text{д\text{іл}}}$, Па | $\Sigma \Delta P$, Па |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| ІТП-1 | 51970 | 1,0000 | 2235 | 7,5 | 50 | 0,54 | 7810 | 0,000081 | 0,286 | 1,2 | 5,25 | 0,000043 | 212 | 212 |
| ІТП"-1" | 51970 | 1,0000 | 2235 | 8,7 | 50 | 0,54 | 7810 | 0,000081 | 0,286 | 1,2 | 5,898 | 0,000048 | 239 | 451 |
| 1-2 | 33711 | 0,6487 | 1450 | 3,30 | 50 | 0,54 | 7810 | 0,000081 | 0,186 | 1 | 2,782 | 0,000023 | 47 | 498 |
| 1"-2" | 33711 | 0,6487 | 1450 | 3,30 | 50 | 0,54 | 7810 | 0,000081 | 0,186 | 1 | 2,782 | 0,000023 | 47 | 546 |
| 2-3 | 15451 | 0,2973 | 664 | 3,30 | 50 | 0,54 | 7810 | 0,000081 | 0,085 | 1,5 | 3,282 | 0,000027 | 12 | 557 |
| 2"-3" | 15451 | 0,2973 | 664 | 3,30 | 50 | 0,54 | 7810 | 0,000081 | 0,085 | 2 | 3,782 | 0,000031 | 14 | 571 |
| | | | | | | | | | | | | | | |

 $Q_{14} = 15439 \text{ Вт}$
 $N = 0,08\%$

Таблиця 7

Результати розрахунку радіаторів

| № опал. приміщ. | Необхідна розрахункова теплова потужність | Витрата води у ОП | Температура води на вході у ОП | Перепад тем-ператури води в опал. приладі | Розрахункова температура <small>позначення</small> | Температурний напір ОП | Тепловіддача відкрито прокла-дених труб | Розрахункова теплова потужн. опал.приладу | Поправ.коэф. на витрату води в ОП | Поправ.коэф. на температурний напір ОП | Потрібний тепловий потік опал. приладу | Довжина опал.приладу | Фактичний тепловий потік опал. приладу | Нев'язка | Тип радіатора |
|-----------------|---|--------------------|--------------------------------|---|--|------------------------|---|---|-----------------------------------|--|--|----------------------|--|--------------|---------------|
| № прим. | Q_1 , Вт | $G_{оп.}$, кг/год | $t_{вх.}$, °C | $\Delta t_{о.п.}$, °C | $t_{вн.}$, °C | Δt_r , °C | $Q_{тр.}$, Вт | $Q_{оп.}$, Вт | φ_1 | φ_2 | $Q_{н.}^{потр.}$, Вт | мм | $Q_{н.}^{\phi}$, Вт | M, % | H=500мм |
| 201 | 1999 | 86 | 90 | 20 | 22 | 58 | 0 | 2019 | 0,78 | 0,97 | 2580 | 1000 | 2940 | 13,95 | 22VK |
| 202 | 2330 | 100 | 90 | 20 | 20 | 60 | 0 | 2353 | 0,82 | 0,97 | 2868 | 900 | 3228 | 12,55 | 21VK |
| 203 | 1050 | 45 | 90 | 20 | 20 | 60 | 0 | 1061 | 0,82 | 0,96 | 1313 | 1200 | 1673 | 27,41 | 20VK |
| 204 | 1050 | 45 | 90 | 20 | 20 | 60 | 0 | 1061 | 0,82 | 0,96 | 1313 | 1200 | 1673 | 27,41 | 20VK |
| 205 | 2330 | 100 | 90 | 20 | 20 | 60 | 0 | 2353 | 0,82 | 0,97 | 2868 | 900 | 3228 | 12,55 | 21VK |
| 206 | 1230 | 53 | 90 | 20 | 22 | 58 | 0 | 1242 | 0,78 | 0,96 | 1603 | 1000 | 1963 | 22,46 | 22VK |
| 207 | 1610 | 69 | 90 | 20 | 22 | 58 | 0 | 1626 | 0,78 | 0,97 | 2086 | 1000 | 2446 | 17,25 | 22VK |
| 208 | 1610 | 69 | 90 | 20 | 20 | 60 | 0 | 1626 | 0,82 | 0,97 | 1996 | 1400 | 2356 | 18,03 | 20VK |
| 209 | 1170 | 50 | 90 | 20 | 20 | 60 | 0 | 1182 | 0,82 | 0,96 | 1460 | 1400 | 1820 | 24,66 | 20VK |
| 210 | 1540 | 66 | 90 | 20 | 20 | 60 | 0 | 1555 | 0,82 | 0,97 | 1911 | 900 | 2271 | 18,84 | 22VK |
| 211 | 1170 | 50 | 90 | 20 | 20 | 60 | 0 | 1182 | 0,82 | 0,96 | 1460 | 900 | 1820 | 24,66 | 22VK |
| 212 | 1170 | 50 | 90 | 20 | 20 | 60 | 0 | 1182 | 0,82 | 0,96 | 1460 | 1400 | 1820 | 24,66 | 20VK |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 22919 | | 27239 | 18,85 | |

Таблиця 10.1

Аеродинамічний розрахунок системи ПВ-1

| № ділянки | Витрата L м³/год | Довжина ділянки l, м | Розміри поперечного перерізу | Еквівалентний діаметр de, мм | Площа поперечного перерізу | Дійсна швидкість vд, м/с | Коефіцієнт шорсткості | Коефіцієнт K1 | Питома втрага тиску на тваря | Втрага тиску на тваря на всій | Динамічний тиск на ділянці | Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці | Коефіцієнт K2 | Втрага тиску на подолання | Загальні втраги тиску на ділянці | Сума втраги тиску від початку мережі | | Нев'язка | Коефіцієнт опру дросьельклапана |
|------------|------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--|---------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|----------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | | 18 | 19 |
| П1-В1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МАГІСТРАЛЬ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Приплив | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| П1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-2 | 125 | 3,3 | 150 | - | 0,01767 | 1,964 | 0,946 | 1 | 1,5 | 4,6 | 2,123 | 2,88 | 1,00 | 6,12 | 10,8 | 10,80 | - | - | - |
| 2-3 | 250 | 3,3 | 180 | - | 0,0254 | 2,728 | 0,939 | 1 | 1,6 | 4,95 | 4,096 | 0,33 | 1,00 | 1,35 | 6,31 | 17,11 | - | - | - |
| 3-4 | 375 | 9,5 | 200 | - | 0,0314 | 3,315 | 0,937 | 1 | 1,3 | 11,5 | 6,046 | 0,275 | 1,00 | 1,66 | 13,2 | 30,34 | - | - | - |
| Витяжка | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| В1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1'-2' | 125 | 3,3 | 150 | - | 0,01767 | 1,964 | 0,936 | 1 | 1,5 | 4,63 | 1,930 | 2,55 | 1,00 | 4,92 | 9,56 | 9,56 | - | - | - |
| 2'-3' | 250 | 3,3 | 180 | - | 0,0254 | 2,728 | 0,939 | 1 | 1,6 | 4,95 | 3,723 | 0,28 | 1,00 | 1,04 | 6,00 | 15,56 | - | - | - |
| 3'-4' | 375 | 9,5 | 200 | - | 0,03141 | 3,315 | 0,937 | 1 | 1,3 | 11,5 | 5,497 | 0,15 | 1,00 | 0,82 | 12,4 | 27,95 | - | - | - |

Таблиця 10.2

Аеродинамічний розрахунок системи В-1,В-2,П-1

| № ділянки | Витрата L, м³/год | Довжина ділянки L, м | Розміри поперечного еквівалентний діаметр | Площа поперечного перерізу | Дійсна швидкість vд, м/с | Коефіцієнт шорсткості | Коефіцієнт K1 | Питома втрага тиску на | Втрага тиску на тертя на всій ділянці | Швидкісний тиск на ділянці | Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці | Коефіцієнт K2 | Втрага тиску на подолання місцевих | Загальні втрати тиску на ділянці | Сума втрати тиску від початку мережі | Нев'язка | Коефіцієнт опру дросельклапана | |
|---------------------|-------------------|----------------------|---|----------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--|---------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------|--------------------------------|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| В1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МАГІСТРАЛЬ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-2 | 50 | 3,3 | 100 | - | 0,00785 | 1,76 | 0,991 | 1 | 2 | 6,54 | 1,563 | 1,7 | 1,00 | 2,66 | 9,20 | 9,20 | - | - |
| 2-3 | 100 | 1,14 | 125 | - | 0,01227 | 2,26 | 0,943 | 1 | 2,4 | 2,58 | 2,561 | 1,7 | 1,00 | 4,36 | 6,94 | 16,1 | - | - |
| 3-4 | 150 | 1,14 | 150 | - | 0,0176 | 2,35 | 0,919 | 1 | 3,2 | 3,35 | 2,779 | 2 | 1,00 | 5,56 | 8,91 | 25,0 | - | - |
| 4-5 | 200 | 10,6 | 180 | | 0,0254 | 2,18 | 0,919 | 1 | 3,2 | 31,1 | 2,383 | 2 | 1,00 | 4,77 | 35,9 | 60,9 | | |
| В2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МАГІСТРАЛЬ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-2 | 50 | 2,8 | 100 | - | 0,00785 | 1,76 | 0,991 | 1 | 2 | 5,54 | 1,563 | 1,7 | 1,00 | 2,66 | 8,21 | 8,21 | - | - |
| 2-3 | 100 | 3 | 125 | - | 0,01227 | 2,26 | 0,943 | 1 | 2,4 | 6,78 | 2,561 | 1,7 | 1,00 | 4,36 | 11,1 | 19,3 | - | - |
| 3-4 | 150 | 16,0 | 150 | - | 0,01767 | 2,35 | 0,919 | 1 | 3,2 | 47,1 | 2,779 | 4 | 1,00 | 11,1 | 58,2 | 77,5 | - | - |
| 4-5 | 200 | 2,2 | 180 | | 0,02544 | 2,18 | 0,919 | 1 | 3,2 | 6,4 | 2,383 | 6,3 | 1,00 | 15,0 | 21,4 | 99, | | |
| Відгалуження | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6-7 | 50 | 3,5 | 100 | - | 0,00785 | 1,76 | 0,991 | 1 | 2 | 6,93 | 1,563 | 1,7 | 1,00 | 2,66 | 9,60 | 9,60 | - | - |
| 7-8 | 100 | 3,5 | 125 | - | 0,01227 | 2,26 | 0,991 | 1 | 2 | 6,93 | 2,561 | 1,7 | 1,00 | 4,36 | 11,2 | 11,2 | - | - |
| П1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МАГІСТРАЛЬ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-2 | 50 | 7,8 | 100 | - | 0,00785 | 1,76 | 0,991 | 1 | 2 | 15,4 | 1,563 | 1,7 | 1,00 | 2,66 | 18,1 | 18,1 | - | - |
| 2-3 | 110 | 14,7 | 125 | - | 0,01227 | 2,48 | 0,943 | 1 | 2,4 | 33, | 3,099 | 1,7 | 1,00 | 5,27 | 38,5 | 56,6 | - | - |

Таблиця 10.3 Аеродинамічний розрахунок системи ПВ-2

| № ділянки | Витрата L м³/год | Довжина ділянки L, м | Розміри поперечного Еквівалентний | Площа поперечного перерізу | Дійсна швидкість vд, м/с | Коефіцієнт шорткості | Коефіцієнт K1 | Питома витрата тиску на тертя | Втрата тиску на всій ділянці | Швидкісний тиск на ділянці | Сума коефіцієнтів | Коефіцієнт K2 | Втрага тиску на подолання | Загальні втрати тиску на ділянці | Сума втрати тиску від початку мережі | Нев'язка | Коефіцієнт опру | |
|------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------|-----------------|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| П2-В2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МАГІСТРАЛЬ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| П2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-2 | 50 | 3 | 100 | - | 0,0078 | 1,768 | 0,98 | 1 | 0,7 | 2,0622 | 1,563 | 1,7 | 1,00 | 2,66 | 4,72 | 4,72 | - | - |
| 2-3 | 100 | 3,3 | 125 | - | 0,0122 | 2,263 | 0,96 | 1 | 1,1 | 3,49932 | 2,561 | 1,6 | 1,00 | 4,10 | 7,60 | 12,31 | - | - |
| 3-4 | 150,0 | 10 | 150 | - | 0,0176 | 2,357 | 0,94 | 1 | 2,5 | 23,625 | 2,779 | 0,45 | 1,00 | 1,25 | 24,88 | 37,194 | - | - |
| 4-5 | 300,0 | 14,2 | 180 | - | 0,025 | 3,274 | 0,93 | 1 | 2,45 | 32,59823 | 5,362 | 0,25 | 1,00 | 1,34 | 33,94 | 71,133 | - | - |
| 5-6 | 570,0 | 1,3 | 200 | - | 0,0314 | 5,039 | 0,93 | 1 | 2,8 | 3,39248 | 12,700 | 0,25 | 1,00 | 3,18 | 6,57 | 77,700 | - | - |
| 6-7 | 770 | 2,1 | 200 | - | 0,0314 | 6,808 | 0,92 | 1 | 2,6 | 5,07234 | 23,176 | 0,25 | 1,00 | 5,79 | 10,87 | 88,567 | - | - |
| 7-8 | 920 | 2,8 | 315 | - | 0,0779 | 3,279 | 0,92 | 1 | 3,1 | 8,06372 | 5,3767 | 0,25 | 1,00 | 1,34 | 9,41 | 97,98 | - | - |

| В2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|-------|-----|---|--------|-------|-------|---|------|--------|--------|------|------|------|-------|-------|---|---|
| 1'-2' | 50 | 3 | 100 | - | 0,0078 | 1,768 | 0,94 | 1 | 2,25 | 6,345 | 1,563 | 1,68 | 1,00 | 2,63 | 8,97 | 8,97 | - | - |
| 2'-3' | 100 | 2,6 | 125 | - | 0,0122 | 2,263 | 0,934 | 1 | 2 | 4,856 | 2,561 | 0,28 | 1,00 | 0,72 | 5,57 | 14,54 | - | - |
| 3'-4' | 150 | 4,2 | 150 | - | 0,0176 | 2,357 | 0,932 | 1 | 1,5 | 5,871 | 2,779 | 0,2 | 1,00 | 0,56 | 6,43 | 20,97 | - | - |
| 4'-5' | 300 | 14,3 | 150 | - | 0,0176 | 4,7 | 0,921 | 1 | 2,25 | 29,633 | 11,118 | 0,2 | 1,00 | 2,22 | 31,86 | 52,83 | - | - |
| 5'-6' | 570 | 1,5 | 200 | - | 0,0314 | 5,0 | 0,921 | 1 | 1,9 | 2,624 | 12,700 | 0,2 | 1,00 | 2,54 | 5,16 | 57,99 | - | - |
| 6'-7' | 770 | 3 | 300 | - | 0,0706 | 3,025 | 0,918 | 1 | 1,9 | 5,2326 | 4,578 | 0,2 | 1,00 | 0,92 | 6,15 | 64,14 | - | - |
| 7'-8' | 920 | 0,982 | 315 | - | 0,0779 | 3,279 | 0,917 | 1 | 1,9 | 1,710 | 5,376 | 1,1 | 1,00 | 5,91 | 7,63 | 71,76 | - | - |

Таблиця 10.3 Аеродинамічний розрахунок системи ПВ-2

| № ділянки | Витрата L м³/год | Довжина ділянки L, м | Розміри поперечного | | Площа поперечного | Дійсна швидкість vд, м/с | Коефіцієнт шорткості | Коефіцієнт K1 | Питома втрата тиску на тертя | Втрата тиску на тертя на всій ділянці | Швидкісний тиск на ділянці | Сума коефіцієнтів місцевих опорів на | Коефіцієнт K2 | Втрата тиску на подолання місцевих опорів | Загальні втрати тиску на ділянці | Сума втрати тиску від початку мережі | Нев'язка | Коефіцієнт опру |
|--------------|------------------|----------------------|---------------------|---|-------------------|--------------------------|----------------------|---------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|----------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| Відгалуження | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| П2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9-10 | 50 | 3,5 | 100 | - | 0,007 | 1,768 | 0,982 | 1 | 0,7 | 2,405 | 1,563 | 3,3 | 1,0 0 | 5,16 | 7,57 | 7,57 | 0,385 | - |
| 10-11 | 100 | 3,5 | 125 | - | 0,012 | 2,263 | 0,982 | 1 | 0,7 | 2,405 | 2,561 | 1,6 | 1,0 0 | 4,10 | 6,50 | 6,50 | 0,782 | - |
| 11-4 | 150 | 10,1 | 150 | - | 0,017 | 2,357 | 0,982 | 1 | 0,7 | 6,942 | 2,779 | 3,3 | 1 | 9,17 | 16,1 | 16,1 | 0,460 | - |
| 12-13 | 50 | 3,3 | 100 | - | 0,007 | 1,768 | 0,965 | 1 | 1,1 | 3,502 | 1,563 | 2,4 | 1 | 3,75 | 7,26 | 29,8 | 0,196 | - |
| 13-14 | 100 | 13 | 125 | - | 0,012 | 2,263 | 0,966 | 1 | 0,9 | 11,302 | 2,561 | 1,6 | 1 | 4,10 | 15,4 | 15,4 | 0,355 | - |
| 15-16 | 100 | 5,7 | 125 | - | 0,012 | 2,263 | 0,939 | 1 | 3,75 | 20,071 | 2,561 | 1,5 | 1 | 3,84 | 23,9 | 23,9 | 0,711 | - |
| 16-14 | 150 | 3,5 | 150 | - | 0,017 | 2,357 | 0,938 | 1 | 3,5 | 11,490 | 2,779 | 1,6 | 1 | 4,59 | 16,0 | 82,9 | 0,165 | - |
| 14-6 | 200 | 16,3 | 180 | - | 0,025 | 2,183 | 0,966 | 1 | 0,9 | 14,171 | 2,383 | 3,3 | 1 | 7,86 | 22,0 | 22,0 | 0,078 | - |
| 17-18 | 60 | 3,6 | 100 | - | 0,007 | 2,122 | 0,984 | 1 | 0,6 | 2,125 | 2,251 | 1,5 | 1 | 3,38 | 5,50 | 5,50 | 0,933 | - |
| 18-19 | 120 | 4,6 | 125 | - | 0,012 | 2,716 | 0,982 | 1 | 0,7 | 3,162 | 3,688 | 1,6 | 1 | 5,90 | 9,06 | 9,06 | 0,687 | - |
| 19-20 | 170 | 3,6 | 150 | - | 0,017 | 2,672 | 0,965 | 1 | 1,1 | 3,8214 | 3,570 | 2,5 | 1 | 8,93 | 12,7 | 29,0 | 0,626 | - |
| 20-21 | 220 | 3,8 | 180 | - | 0,025 | 2,401 | 0,982 | 1 | 0,7 | 2,6121 | 2,883 | 1,6 | 1 | 4,61 | 7,23 | 7,23 | 0,751 | -- |
| 21-5 | 270 | 21,5 | 200 | - | 0,031 | 2,387 | 0,982 | 1 | 0,7 | 14,779 | 2,849 | 1,6 | 1 | 4,56 | 19,3 | 19,3 | -0,459 | - |
| 22-23 | 50 | 3 | 100 | - | 0,007 | 1,768 | 0,965 | 1 | 1,1 | 3,1845 | 1,563 | 2,5 | 1 | 3,91 | 7,09 | 13,2 | 0,850 | - |
| 23-24 | 100 | 3 | 125 | - | 0,012 | 2,263 | 0,982 | 1 | 0,7 | 2,0622 | 2,561 | 1,6 | 1 | 4,10 | 6,16 | 6,16 | 0,535 | - |
| 24-7 | 135 | 19,8 | 150 | - | 0,017 | 2,122 | 0,974 | 1 | 0,8 | 15,428 | 2,251 | 1,6 | 1 | 3,60 | 19,0 3 | 19,0 | -2,088 | - |

Таблиця 10.3 Аеродинамічний розрахунок системи ПВ-2

| № ділянки | Витрата L м³/год | Довжина ділянки L, м | Розміри поперечного | Еквівалентний | Площа поперечного перерізу повітропроводу | Дійсна швидкість vД, м/с | Коефіцієнт шорткості | Коефіцієнт K1 | Питома витрата тиску на тептя | Втрата тиску на тертя на всій ділянці | Швидкісний тиск на ділянці | Сума коефіцієнтів місцевих опорів на | Коефіцієнт K2 | Втрата тиску на полопаня | Загальні втрати тиску на ділянці | Сума втрати тиску від початку мережі | Нев'язка | Коефіцієнт опру |
|--------------|------------------|----------------------|---------------------|---------------|---|--------------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| Відгалуження | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9-10 | 50 | 3,5 | 100 | - | 0,007 | 1,768 | 0,9 | 1 | 0,7 | 2,405 | 1,563 | 3,3 | 1,0 | 5,1 | 7,57 | 7,57 | 0,163 | - |
| 10-11 | 100 | 3,5 | 125 | - | 0,012 | 2,263 | 0,98 | 1 | 0,7 | 2,405 | 2,561 7 | 1,6 | 1,0 | 4,1 | 6,50 | 6,50 | 0,715 | - |
| 11-4 | 150 | 1,7 | 150 | - | 0,017 | 2,357 | 0,98 | 1 | 0,7 | 1,168 | 2,779 | 3,3 | 1 | 9,1 | 10,3 | 10,3 | 0,546 | - |
| 12-13 | 50 | 3,3 | 100 | - | 0,007 | 1,768 | 0,96 | 1 | 0,7 | 2,229 | 1,563 | 2,4 | 1 | 3,7 | 5,98 | 22, | 0,416 | - |
| 13-14 | 100 | 3,8 | 125 | - | 0,012 | 2,263 | 0,96 | 1 | 0,9 | 3,303 | 2,561 | 1,6 | 1 | 4,1 | 7,40 | 7,40 | 0,687 | - |
| 14-15 | 100 | 6,2 | 150 | - | 0,017 | 1,571 | 0,93 | 1 | 3,7 | 21,83 | 1,235 | 1,5 | 1 | 1, | 23,6 | 23,6 | 3,229 | - |
| 15-6 | 150 | 16 | 180 | - | 0,025 | 1,637 | 0,93 | 1 | 3,5 | 52,85 | 1,340 | 1,6 | 1 | 2,2 | 55,0 | 5,60 | 0,017 | - |
| 16-17 | 60 | 3,6 | 100 | - | 0,007 | 2,122 | 0,98 | 1 | 0,6 | 2,125 | 2,251 | 1,5 | 1 | 3,3 | 5,50 | 5,50 | 0,392 | - |
| 17-18 | 120 | 4,6 | 125 | - | 0,012 | 2,71 | 0,98 | 1 | 0,7 | 3,162 | 3,688 | 1,6 | 1 | 5,9 | 9,06 | 9,06 | 0,686 | - |
| 18-19 | 170 | 3,6 | 150 | - | 0,017 | 2,672 | 0,96 | 1 | 1,1 | 3,821 | 3,570 | 2,5 | 1 | 8,9 | 12,7 | 28,9 | 0,876 | - |
| 19-20 | 220 | 3,6 | 180 | - | 0,025 | 2,401 | 0,98 2 | 1 | 0,7 | 2,47464 | 2,883 | 1,6 | 1 | 4,6 1 | 7,09 | 7,09 | 0,754 | -- |
| 20-5 | 270 | 16, 7 | 200 | - | 0,031 | 2,387 | 0,9 | 1 | 0,7 | 11,47 | 2,849 | 1,6 | 1 | 4,5 | 16,0 | 16,0 | 0,210 | - |
| 21-22 | 50 | 3 | 100 | - | 0,007 | 1,768 | 0,96 | 1 | 1,1 | 3,184 | 1,563 | 2,5 | 1 | 3,9 | 7,09 | 13,2 | 0,445 | - |
| 22-23 | 100 | 3 | 125 | - | 0,012 | 2,263 | 0,98 | 1 | 0,7 | 2,062 | 2,561 | 1,6 | 1 | 4,1 | 6,16 | 6,16 | 0,535 | - |
| 23-7 | 135 | 13, 3 | 150 | - | 0,017 | 2,1220659 08 | 0,97 | 1 | 0,8 | 10,3633 | 2,251 | 1,6 | 1 | 3,6 | 13,9 | 13,9 | -1,266 | - |