

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

«До захисту допущено»

Завідуюча кафедри

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

(підпис)

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ” 2024 р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: Система вентиляції загальноосвітньої школи в м. Одеса

Виконав: студент IV курсу, групи ТП-01

(шифр групи)

Стариков Даніїл Сергійович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

(підпис)

Керівник к.т.н., доцент, Володимир СЕРЕДА

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант з охорони праці доцент, к.т.н. Сергій Каштанов

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Керівник

(підпис)

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут**  
**імені Ігоря Сікорського»**

Інститут Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики  
Кафедра Теплової та альтернативної енергетики  
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

(підпис)

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“       ”       2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Старикову Даніїлу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Система вентиляції загальноосвітньої школи в м.Одеса

керівник проекту Середа Володимир Володимирович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом по університету від « 30 » 05. 2024 р. № 2197/с.

2. Термін подання студентом проекту 12.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту:

1) Географічне розташування – м. Одеса;

2) Кількість поверхів – 3 поверхи навчальних класів та приміщень; висота кожного поверху – 3 м.

3) Витяжка повітря з приміщень здійснюється системами В1-В3, які розташовані в підшивній стелі будівлі.

4) Загальні витрати повітря в припливній вентиляції системи: № П1 – 7500 м<sup>3</sup>/год, № П2 – 8400 м<sup>3</sup>/год, П3 – 9100 м<sup>3</sup>/год;

5) Загальні витрати повітря в витяжній вентиляції системи: № В1 – 7500 м<sup>3</sup>/год, № В2 – 8400 м<sup>3</sup>/год, В3 – 9100 м<sup>3</sup>/год;

4. Зміст пояснювальної записки:

1) Розрахунок повітрообміну приміщень.

- 2) Надходження теплоти та вологи в приміщення школи.
- 3) Аеродинамічний розрахунок повітроводів.
- 4) Підбір механічного обладнання системи.
- 5) Охорона праці.
5. Перелік графічного матеріалу:
  - 1) Компоновка обладнання. План першого поверху.- 1 арк.ф.А1.
  - 2) Компоновка обладнання. План другого поверху .- 1 арк.ф.А1.
  - 3) Компоновка обладнання. План третього поверху.- 1 арк.ф.А1.
6. Консультанти розділів проекту\*

| Розділ        | Ім'я, прізвище та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------|---------------------------------------|----------------|------------------|
|               |                                       | завдання видав | завдання прийняв |
| охорона праці | Сергій КАШТАНОВ, доцент               |                |                  |

7 . Дата видачі завдання: 20.05.2024 р.

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту    | Термін виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|----------------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1     | Розрахунок повітрообміну приміщення          | 21.05.2024 р.                   |          |
| 2     | Надходження теплоти та вологи в приміщення   | 24.05.2024 р.                   |          |
| 3     | Аеродинамічний розрахунок повітропроводів    | 27.05.2024 р.                   |          |
| 4     | Підбір механічного обладнання системи        | 29.05.2024 р.                   |          |
| 5     | Охорона праці                                | 31.05.2024 р.                   |          |
| 6     | Графічна частина:                            |                                 |          |
|       | Компоновка обладнання. План першого поверху  | 03.06.2024 р.                   |          |
|       | Компоновка обладнання. План другого поверху  | 04.06.2024 р.                   |          |
|       | Компоновка обладнання. План третього поверху | 05.06.2024 р.                   |          |
| 7     | Оформлення пояснювальної записки             | 06.06.2024 р.                   |          |

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Даніїл СТАРИКОВ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Володимир СЕРЕДА

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

\*Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: Система вентиляції загальноосвітньої школи в м. Одеса

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проект першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на тему: «Система вентиляції загальноосвітньої школи в м. Одеса».

Дипломний проект містить пояснювальну записку на 77 ст., 18 рис., 21 таб., 12 бібліографічних найменувань, та 7 додатків; креслень – 3 арк. ф. А1.

Мета проекту – проектування системи вентиляції загальноосвітньої школи в м. Одеса.

Для механічного та технічного обладнання використовують гідравлічні та теплові схеми та методи розрахунку. Зроблені розрахунки надходження теплоти та вологи до приміщень школи.

За результатами розрахунку було обране обладнання системи вентиляції. Вибір фанкойлів, повітроводів, допоміжного обладнання та фітінгів. На кресленнях показано компоновка системи вентиляції, розташування обладнання системи, схема підключення повітроводів. Системи вентиляції проектуються та розраховуються на основі програм та каталогів затверджених відповідними виробниками обладнання та нормативних документів.

Описано основні інструменти та заходи організаційно – технічного забезпечення охорони праці.

Ключові слова: вентиляція, надходження теплоти та вологи, повітрообмін, повітроводи, охорона праці.

## **SUMMARY**

Diploma project of the first (bachelor) level of higher education on the topic: "Ventilation system of the comprehensive school in Odessa".

The diploma project contains an explanatory note on 77 art., 18 fig., 21 tab., 12 bibliographic names, and 5 appendices; drawings - 3 sheets. f. A1 or A2.

The purpose of the project is to design the ventilation system of a secondary school in Odessa.

Hydraulic and thermal schemes and calculation methods are used for mechanical and technical equipment. Calculations of heat and moisture inflow to school premises have been made.

According to the results of the calculation, the equipment of the ventilation system was selected. Selection of fan coils, ducts, auxiliary equipment and circulation pumps. The drawings show the layout of the ventilation system, the location of the system equipment, the air duct connection diagram. Ventilation systems are designed and calculated on the basis of programs and catalogs approved by relevant equipment manufacturers and regulatory documents.

The main tools and measures of organizational and technical support of labor protection are described.

Key words: ventilation, inflow of heat and moisture, air exchange, air ducts, labor protection.

## ЗМІСТ

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....                                                   | 9  |
| ВСТУП.....                                                                                            | 11 |
| 1 РОЗРАХУНОК ПОВІТРООБМІНУ ПРИМІЩЕНЬ.....                                                             | 13 |
| 2 НАДХОДЖЕННЯ ТЕПЛОТИ ТА ВОЛОГИ ДО ПРИМІЩЕНЬ ШКОЛИ.....                                               | 16 |
| 2.1 Вихідні дані.....                                                                                 | 16 |
| 2.2 Теплота, яка надходить від людей.....                                                             | 16 |
| 2.3 Надходження теплоти від сонячної радіації.....                                                    | 17 |
| 2.4 Теплота, яка виділяється від обладнання.....                                                      | 20 |
| 2.5 Розрахунок вологи, що надходить до приміщення.....                                                | 21 |
| 3 АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПОВІТРОПРОВІДІВ.....                                                      | 23 |
| 4 ПІДБІР МЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ.....                                                          | 30 |
| 4.1 Характеристика припливно-витяжної установки та її опис.....                                       | 30 |
| 4.2 Вибір фанкойлів.....                                                                              | 32 |
| 4.3 Холодопостачання фанкойлів.....                                                                   | 35 |
| 4.3.1 Втрати тиску на тертя.....                                                                      | 36 |
| 4.3.2 Втрати тиску на місцеві опори.....                                                              | 37 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....                                                                                  | 45 |
| 5.1 Загальні положення.....                                                                           | 45 |
| 5.2 Нормативно-правові акти охорони праці систем вентиляції.....                                      | 45 |
| 5.3 Технічні вимоги до систем вентиляції.....                                                         | 46 |
| 5.4 Вимоги до персоналу, який обслуговує системи вентиляції.....                                      | 48 |
| 5.5 Організація безпечного проведення робіт з системами вентиляції.....                               | 51 |
| 5.6 Відповідальність за порушення норм і правил охорони праці при експлуатації систем вентиляції..... | 52 |
| 5.7 Заходи для забезпечення пожежної безпеки системи вентиляції.....                                  | 52 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                         | 55 |

|           |      |             |        |      |                                                                                     |  |                                                                   |       |         |
|-----------|------|-------------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------|-------|---------|
|           |      |             |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ                                                                      |  |                                                                   |       |         |
|           |      |             |        |      |                                                                                     |  |                                                                   |       |         |
| Зм.       | Арк. | № докум.    | Підпис | Дата |                                                                                     |  |                                                                   |       |         |
| Студент   |      | Стариков    |        |      | Система вентиляції<br>загальноосвітньої школи<br>в м.Одеса.<br>Пояснювальна записка |  | Стадія                                                            | Аркуш | Аркушів |
| Керівник  |      | Середа      |        |      |                                                                                     |  | ДПБ                                                               | 7     | 77      |
| П.контр   |      |             |        |      |                                                                                     |  | КПІ ім. Ігоря Сікорського,<br>НН ІАТЕ, каф-ра ТАЕ,<br>група ТП-01 |       |         |
| Н.контр   |      | Соломаха    |        |      |                                                                                     |  |                                                                   |       |         |
| Зав. каф. |      | Черноусенко |        |      |                                                                                     |  |                                                                   |       |         |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....                           | 56 |
| Додаток А                                                     |    |
| А.1 – Розрахунок повітрообміну приміщень.....                 | 58 |
| А.2 – Розрахунок повітрообміну приміщень.....                 | 59 |
| А.3 – Розрахунок повітрообміну приміщень.....                 | 60 |
| Додаток Б                                                     |    |
| Б.1 – Надходження теплоти та вологи.....                      | 61 |
| Б.2 – Надходження теплоти та вологи.....                      | 62 |
| Б.3 – Надходження теплоти та вологи.....                      | 63 |
| Додаток В                                                     |    |
| В.1 – Схема мережі повітроводів П2.....                       | 64 |
| В.2 – Схема мережі повітроводів В2.....                       | 65 |
| В.3 – Схема мережі повітроводів П3.....                       | 66 |
| В.4 – Схема мережі повітроводів В3.....                       | 67 |
| Додаток Г                                                     |    |
| Г.1 – Аеродинамічний розрахунок П1.....                       | 68 |
| Г.2 – Аеродинамічний розрахунок В1.....                       | 69 |
| Г.3 – Аеродинамічний розрахунок П2.....                       | 70 |
| Г.4 – Аеродинамічний розрахунок В2.....                       | 71 |
| Г.5 – Аеродинамічний розрахунок П3.....                       | 72 |
| Г.6 – Аеродинамічний розрахунок В3.....                       | 73 |
| Додаток Г                                                     |    |
| Технічне завдання на проектно-конструкторську роботу.....     | 74 |
| Додаток Д                                                     |    |
| Акт впровадження.....                                         | 75 |
| Додаток Е                                                     |    |
| Перевірка дипломного проекту на академічну доброчесність..... | 76 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

### Умовні позначення:

$Q$  – тепловий потік;  
 $F$  – площа поверхні нагріву;  
 $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі;  
 $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;  
 $K$  – коефіцієнт теплопередачі;  
 $r$  – коефіцієнт термічного опору;  
 $m$  – масова витрата теплоносія;  
 $Re$  – число Рейнольдса;  
 $\nu$  – кінематична в'язкість;  
 $w$  – швидкість руху теплоносія;  
 $d$  – діаметр трубопроводу;  
 $\delta$  – товщина;  
 $t$  – температура;  
 $c$  – питома масова теплоємність;  
 $p$  – тиск;  
 $b$  – довжина;  
 $R$  – питомі втрати тиску;  
 $V$  – об'єм;  
 $\rho$  – густина;  
 $k$  – розрахункова кратність повітрообміну;  
 $h$  – висота;  
 $a$  – ширина;

**Нижні:**

$z$  – параметри зовнішнього повітря;  
 $zv$  – зворотній;  
 $p$  – розрахункова величина;  
 $вік$  – вікна;

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 9    |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

ст – стіна;  
 з – параметри зимового періоду;  
 л – люди;  
 вн – параметри внутрішнього повітря;  
 е.о. – електричне освітлення;  
 с.р. – сонячна радіація;  
 п – повітря;  
 вн – внутрішнє;  
 пр – припливне;  
 зовн – зовнішнє;  
 інф – інфільтрація;  
 охл – охолоджувач;  
 а – акумуляція;  
 к – повітронагрівач;  
 по – повітроохолоджувач;  
 ш – шумоглушник;  
 ф – фанкойл;

**Верхні:**

зх – захід;  
 сх – схід;  
 пн – північ;  
 пд – південь;  
 і – і-й елемент;  
 річ – річне значення;  
 осн – основні витрати;  
 д – дійсна.

**Скорочення:**

ДБН – Державні будівельні норми;  
 ДСН – Державні санітарні норми;  
 ДСТУ – Державні стандарти України.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 10   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## ВСТУП

Цей дипломний проект присвячений розробці, проектуванню та розрахунку системи вентиляції загальноосвітньої школи в місті Одеса.

Зараз важко уявити будь-яку будівлю або приміщення без системи вентиляції. У сучасному світі, де здоров'я та комфорт учнів та педагогічного колективу стають все більш пріоритетною задачею, ефективна система вентиляції в навчальних закладах і не тільки, відіграє ключову роль навчального процесу.

Проектування системи вентиляції є не легкою задачею, так як компоновка та планування будівель дуже, відрізняється один від одного. Місія забезпечення якісного повітряного середовища в школах є важливою складовою для здорового фізичного та психічного розвитку учнів та вчителів. Гарно спроектована система вентиляції буде покращувати якість повітря в приміщенні та економити енергію.

Дуже важливу роль відіграє утеплення приміщень. Воно є важливою складовою будівельного процесу, спрямованого на підвищення енергоефективності, комфорту та зниження витрат на опалення, вентиляцію та кондиціювання повітря. Існує очевидна і безперечна необхідність підвищення ефективності використання енергії в будівлях [1]. Цей процес включає в себе застосування ізоляційних матеріалів на стіни, дах, підлогу та інші поверхні будівлі з метою зменшення втрат тепла у зимовий період і утримання прохолоди у літні місяці. Утеплення також може зменшувати шумове забруднення та покращувати якість повітря в середині приміщень. Враховуючи зростання екологічних проблем та питань енергоефективності, утеплення будівель стає необхідністю для забезпечення сталого розвитку та збереження енергоресурсів.

У даному дипломному проекті здійснено проектування системи вентиляції припливно - витяжного типу, яка призначена для вентиляціювання всіх приміщень школи.

Джерелом теплопостачання є газова котельня на території школи, від якої теплоносій через трубопроводи подається до приміщень школи. Теплоносій для системи опалення для нагрівальних приладів – вода з параметрами  $70 \div 50^{\circ} \text{C}$ .

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 11   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

Кондиціювання відбувається за допомогою чіллера, який розташований на даху школи. Він дає можливість під'єднати фанкойли канального типу до кожного приміщення або класу.

Фанкойли канального типу, які розташовані у просторі між стелею та підвісною стелею, дозволяють рівномірно розподіляти повітря необхідної заданої температури по всіх площі приміщення завдяки своїм конструкційним якостям. Головною функцією кондиціонерів такого типу є те, що вони можуть поєднувати функції кондиціонера та монтуються у систему вентиляції. Мають багато переваг, таких як, низький рівень шуму, що дуже важливо у навчальному процесі. Також висока якість збірки, висока продуктивність та простота монтажу. Дуже зручно регулювати роботу кондиціонера, наприклад коли за розкладом йде урок кондиціонер вимкнений, в перервах між уроками він вмикається, у вечірній час, коли уроків в школі немає, працює за окремо узгодженим графіком. Також можна керувати кондиціонером з пульта.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 12   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## 1 РОЗРАХУНОК ПОВІТРООБМІНУ ПРИМІЩЕНЬ

У сучасних умовах збільшення уваги до якості навчального середовища виникає потреба у дослідженні та покращенні систем вентиляції та повітрообміну у приміщеннях шкіл. Забезпечення належних умов мікроклімату в шкільних приміщеннях є важливим аспектом для забезпечення здоров'я та комфорту учнів та педагогічного персоналу. Даний розділ дипломної роботи присвячений вивченню та аналізу системи вентиляції та повітрообміну у шкільних приміщеннях з метою виявлення можливостей для покращення умов навчання та праці в цих приміщеннях.

Повітрообмін складається з масової та об'ємної витрат повітря. За допомогою цих витрат ми можемо зрозуміти, яку кількість повітря нам потрібно подавати до навчальних класів для забезпечення комфортних умов.

Визначаю повітрообмін для навчальних класів школи за кількістю людей у приміщенні.

Обсяг повітря, що необхідно подати у приміщення за кількістю людей[2]:

$$V = 3,6 \cdot m \cdot n, \quad (1)$$

де  $V$  – величина припливу (витяжки),  $\text{м}^3/\text{год}$ , яку треба обчислити;  
 $m$  – об'єм повітряної чистої суміші на 1 людину, зазначений в таблиці 1.1,  $\text{л}/\text{с}$ ;  
 $n$  – кількість людей, які перебувають у приміщенні;  
 $3,6$  – коефіцієнт перерахунку літрів за секунду у  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Таблиця 1.1

| Умови мікроклімату   | Мінімальна витрата зовнішнього повітря на одну людину $q_p$ , $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людина})$ | Мінімальна витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень $q_v$ , $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ |                                                |                                                |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                      |                                                                                                            | при дуже низькому рівні забруднення повітря будівлі                                                                            | при низькому рівні забруднення повітря будівлі | при високому рівні забруднення повітря будівлі |
| Підвищені оптимальні | 10                                                                                                         | 0,5                                                                                                                            | 1,0                                            | 2,0                                            |
| Оптимальні           | 7                                                                                                          | 0,35                                                                                                                           | 0,7                                            | 1,4                                            |
| Допустимі            | 4                                                                                                          | 0,2                                                                                                                            | 0,4                                            | 0,8                                            |
| Обмежено допустимі   | менше 4                                                                                                    | -                                                                                                                              | -                                              | -                                              |

Виконую розрахунок повітрообміну для типового приміщення – (рис. 1.1).

Згідно з [3] на одного учня виділяється не менше 2,5 м<sup>2</sup> площі. Беру для оптимальних умов 7 л/с повітря на 1 особу [2] і визначаю повітрообмін.

$$V = 3,6 \cdot 7 \cdot 18 = 453,6 \text{ м}^3/\text{год}.$$

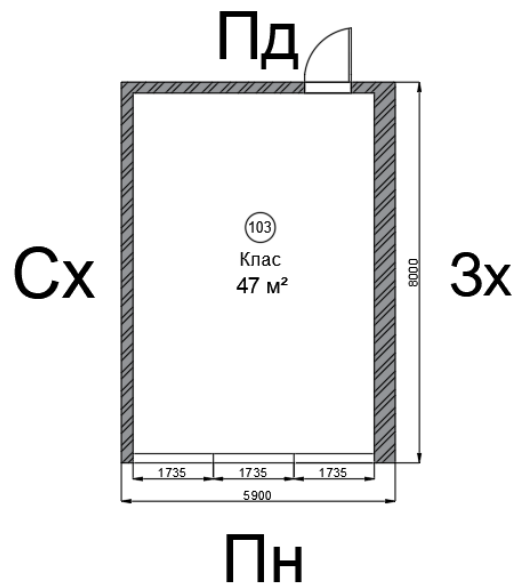


Рисунок 1.1 – типове приміщення «Клас»

Загальні витрати повітря по припливній та витяжній вентиляції в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Загальні витрати повітря по витяжній та припливній вентиляції

| Припливна вентиляція |                        | Витяжна вентиляція |                        |
|----------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| №                    | V, м <sup>3</sup> /год | №                  | V, м <sup>3</sup> /год |
| 1 поверх             | 7534,8                 | 1 поверх           | 7534,8                 |
| 2 поверх             | 8467,2                 | 2 поверх           | 8467,2                 |
| 3 поверх             | 9172,8                 | 3 поверх           | 9172,8                 |
| <b>Всього:</b>       | 25174,8                | <b>Всього:</b>     | 25174,8                |

## Висновки до розділу 1

В даному розділі було проведено розрахунок повітрообміну для типового приміщення школи.

Було визначено:

- повітрообмін приміщення - 452,6 м<sup>3</sup>/год ;
- сумарний повітрообмін для усієї школи - 25 174,8 м<sup>3</sup>/год.

Додаткові розрахунки повітрообміну для інших приміщень школи були виконані за вище вказаною методикою [2] в програмі «Excel» і наведені в таблицях додатку А.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 15   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## 2 НАДХОДЖЕННЯ ТЕПЛОТИ ТА ВОЛОГИ ДО ПРИМІЩЕНЬ ШКОЛИ

Ефективна система вентиляції у шкільних приміщеннях є важливим аспектом для створення комфортних умов навчання та праці. Надходження теплоти та вологи у приміщення школи має значний вплив на мікроклімат і, відповідно, на здоров'я та самопочуття учнів та педагогічного персоналу. Даний розділ дипломної роботи присвячений дослідженню механізмів надходження теплоти та вологи у шкільні приміщення, а також вивченню можливостей їх оптимізації для створення комфортних та енергоефективних умов.

### 2.1 Вихідні дані

Згідно вихідних даних у завданні:

- а) населений пункт – м. Одеса;
- б) орієнтація відносно сторін горизонту – на північ;
- в) площа вікон  $F=14,5 \text{ м}^2$ ;
- г) у приміщенні перебуває 18 людей, з яких 1 чоловік, 2 жінки та 15 дітей;
- д) температурний режим всередині приміщення:
  - холодний період  $t_{\text{пов}}=20^\circ \text{ C}$ ;
  - теплий період  $t_{\text{пов}}=22^\circ \text{ C}$ ;

Для прикладу, зроблю розрахунок надходження теплоти та вологи до приміщення № 103 «Клас» (див. рис. 1.1)

### 2.2 Теплота, яка надходить від людей

Кількість тепла, що виділяється людьми (рисунок 2.1), розраховується за формулою (2.3).

- а) теплота яка надходить від людей в приміщення:

$$Q_{\text{л}} = q \cdot n_{\text{ч}} + q \cdot n_{\text{ж}} \cdot 0,85 + 0,75 \cdot q \cdot n_{\text{д}}, \quad (2.3)$$

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 16   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

$q$  - повна теплота, що виділяється від одного дорослого чоловіка, Вт/особ (залежить від температури всередині приміщення і характеру виконаної роботи людьми та дітьми).

де  $n_{\text{ч}}$ ,  $n_{\text{ж}}$ ,  $n_{\text{д}}$  - враховуючи кількість чоловіків, жінок і дітей, які знаходяться у приміщенні;

За технічними умовами експлуатації приміщення, де температура становить  $t=22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , оскільки люди в приміщенні знаходяться в стані виконання легкої роботи. Жінки виділяють 85% теплоти та вологи, а діти 75% теплоти та вологи від кількості, яку виділяють чоловіки. Згідно з [4] надходження повної теплоти від одного дорослого чоловіка становить  $q_{\text{ч}} = 151\text{ Вт}$ , однієї дитини  $q_{\text{д}}=113,25\text{ Вт}$ .

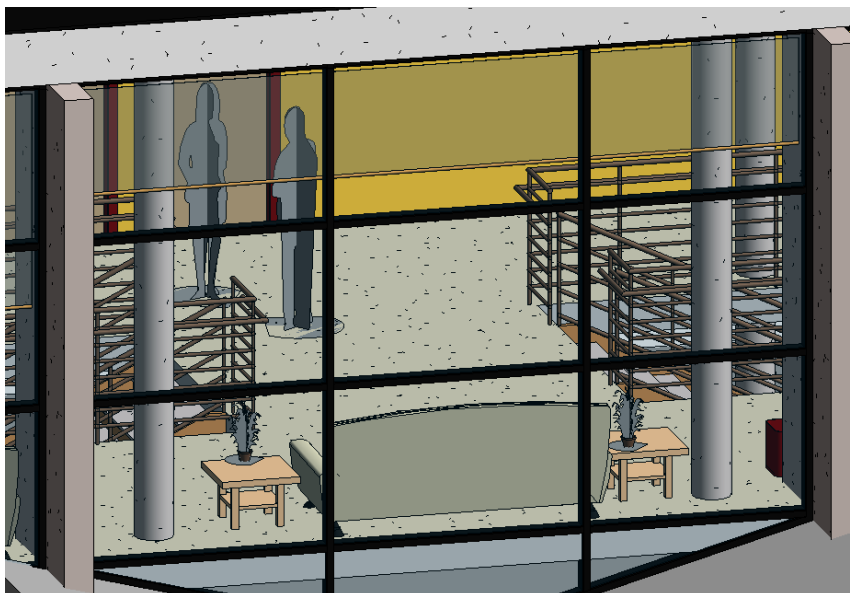


Рисунок 2.1 – Надходження теплоти від людей

Як вже було зазначено, за вихідними даними, в приміщенні № 103 постійно перебуває: 18 людей (1 чоловік, 2 жінки, 15 дітей).

$$Q_{\text{л}} = (151 \cdot 1 + 151 \cdot 2 \cdot 0,85 + 0,75 \cdot 113,25 \cdot 15) \cdot 10^{-3} = 1,682 \text{ кВт.}$$

## 2.3 Надходження теплоти від сонячної радіації

2.3.1 Розрахунок теплового потоку від сонячної радіації через світлові прорізи в приміщенні [4], Вт:

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 17   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

$$Q_{c.p} = q \cdot F \cdot \beta_{c.з.} \cdot K_3 \cdot K_o \cdot 10^{-3}, \quad (2.1)$$

де  $q$  - густина теплового потоку, через світлові отвори в липні опроміненої поверхні, Вт/м<sup>2</sup>;

$F$  - площа світлового отвору, м<sup>2</sup>;

$F_o$  - площа світлових отворів, що опромінюється від сонячної радіації;

$\beta_{c.з.}$  - коефіцієнт пропускання теплоти через захисні від сонця пристрої;

$K_3$  - коефіцієнт, що змінюється залежно від характеристики скла;

$K_a$  - коефіцієнт, який враховує збереження акумуляцію теплоти внутрішніми конструкціями огороження приміщення.

Визначаю коефіцієнти, що враховуються у вказаній формулі (2.1) [4]:

- Згідно з [4], для жалюзі як сонцезахисного пристрою коефіцієнт має значення  $\beta_{c.з.} = 0,7$ ;
- Світлові отвори оснащені двокамерними склопакетами, тому згідно з [4],  $K_3 = 0,9$ .

У середині приміщень знаходяться внутрішні сонцезахисні пристрої у формі жалюзі, відповідно до [4] враховується  $K_a = 1$ .

Використовую формулу для вертикального засклення світлових отворів, з метою визначення густини потоку сонячної радіації, що проникає в приміщення, Вт/м<sup>2</sup> [4]:

$$q = (q_{в.н} + q_{в.р}) \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (2.2)$$

$q_{в.н}$  та  $q_{в.р}$  - густина сонячної радіації, яка передається прямим та розсіяним шляхом, Вт/м<sup>2</sup>;

$K_1$  - коефіцієнт, що враховує вплив затінення віконного скла.

$K_2$  - коефіцієнт, що враховує вплив на скло від забруднень.

Сонячна радіація (рисунки 2.2) має як позитивні, так і негативні впливи на здоров'я людини. Ультрафіолетове випромінювання сприяє синтезу вітаміну D в шкірі, що необхідний для здоров'я кісток. Тому важливо обмежувати час

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 18   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

перебування під прямим сонячним світлом і використовувати засоби захисту від ультрафіолетового випромінювання.



Рисунок.2.2 – Надходження радіації в приміщення

Оскільки будівля розташована в непромисловій зоні, то згідно з [4] для двокамерних склопакетів коефіцієнт, який враховує затемнення світлових отворів через перетини та забруднення атмосфери на опромінені елементи огорожень  $K = 0,72$ . Рівень пиловмісту в атмосфері навчальних приміщень є невеликим, тому враховую коефіцієнт із значенням  $K = 0,95$ .

Географічна широта об'єкта, який розташований у м. Одеса дорівнює  $49^{\circ} 54'$  пн. ш, тому згідно з [4] потрібно врахувати значення прямої та розсіяної сонячної радіації для вікон, що мають орієнтацію на північ  $q_{\text{в.н}}^{\text{пн}} = 107 \text{ Вт/м}^2$  та  $q_{\text{в.р}}^{\text{пн}} = 43 \text{ Вт/м}^2$ .

Роблю розрахунок густини потоків сонячної радіації для вікон, що розташовані на північ за формулою (2.2)

$$q = (107 + 43) \cdot 0,8 \cdot 0,95 = 114 \text{ Вт/м}^2.$$

Тоді надходження теплоти, яка надходить від сонячної радіації обчислюю за допомогою формули (2.1)

$$Q_{\text{с.р}} = 114 \cdot 14,5 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} = 1,04 \text{ кВт}.$$

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 19   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## 2.4 Теплота, яка виділяється від обладнання

Приміщення № 103 (див. рис 1.1) – клас, його технологічна частина: комп'ютер з середньою електричною потужністю 180 Вт (рисунок 2.3). У цьому випадку надходження теплоти від обладнання  $Q_T$ , Вт, визначаю за формулою

$$Q_T = \eta_T \cdot N_T \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (2.4)$$

де  $\eta_T$  – коефіцієнт, що враховує потік енергії, яка перетворюється в теплову та передається навколишньому середовищу в момент роботи обладнання;

$N_T$  - загальна електрична потужність установленого в приміщенні обладнання, Вт;

$n$  - кількість комп'ютерів, яка знаходиться в приміщенні.



Рисунок.2.3 – Комп'ютер в класі

Комп'ютери, що встановлені в приміщенні мають значення  $\eta_T=0,4$  (рис.2.3)

$$Q_T = 0,4 \cdot 180 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 7,2 \text{ кВт.}$$

Кількість тепла, що надходить від електричного освітлення  $Q_{e.o.}$

$$Q_{e.o.} = \eta_{e.o.} \cdot N_{e.o.}, \quad (2.5)$$

де  $\eta_{e.o.}$  - коефіцієнт, що враховує частину енергії, яка перетворюється в теплову і виділяється в навколишнє повітря тоді, коли працює електричне освітлення;

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 20   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

$N_{e.o.}$  - потужність однієї освітлювальної лампи, (згідно тех. завдання) - 25 Вт;

$n$  - кількість працюючих ламп.

Згідно [4] для енергозберігаючих ламп  $\eta_{e.o.}=0,95$ .

$$Q_{e.o.} = 0,95 \cdot 7 = 6,65 \text{ кВт.}$$

Сумарне надходження теплоти від обладнання для приміщення № 103 (рис.1.1).

$$Q_{e.o} = 7,2 + 6,65 = 13,85 \text{ кВт.}$$

## 2.5 Розрахунок вологи, що надходить у приміщення

Вологість в приміщеннях є важливим параметром мікроклімату, який впливає на здоров'я та комфорт людей, що перебувають у цих приміщеннях. Висока вологість може сприяти розвитку плісняви та грибків, що може призвести до погіршення якості повітря та виникнення алергічних реакцій у присутніх. З іншого боку, недостатня вологість (сухість) може викликати сухість шкіри та дихальних шляхів, що також може впливати на комфорт людей. Оптимальний рівень вологості в приміщеннях допомагає створити здорові та комфортні умови для навчання та роботи.

Визначаю надходження вологи від людей за допомогою формули (2.6), враховуючи кількість людей, що знаходяться в приміщенні. Під час виконання легкої роботи (температура всередині приміщення 22 °С) для одного чоловіка по [4] коефіцієнт буде дорівнювати  $g = 75 \text{ г/год.}$

Тоді:

$$W_{\text{л}} = \frac{(gn_{\text{ч}} + 0,85gn_{\text{ж}} + 0,75gn_{\text{д}}) \cdot 10^{-3}}{3600}, \quad (2.6)$$

де  $g$  - волога, що виділяється від одного чоловіка, г/год;

$n_{\text{ч}}, n_{\text{ж}}, n_{\text{д}}$  - кількість чоловіків, жінок і дітей які знаходяться у приміщенні.

Жінки виділяють 85% теплоти та вологи, а діти 75% теплоти та вологи, які виділяють чоловіки [4].

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 21   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

$$W_{\text{л}} = \frac{(75 \cdot 1 + 0,85 \cdot 63,75 \cdot 2 + 0,75 \cdot 56,25 \cdot 15) \cdot 10^{-3}}{3600} = 0,000227 \text{ кг/с.}$$

Загальні надходження теплоти та вологи до приміщень наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Загальні надходження теплоти та вологи у приміщення школи

| №                     | Надходження теплоти, кВт | Надходження вологи, кг/с |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 поверх              | 302,1671                 | 0,0036                   |
| 2 поверх              | 738,3972                 | 0,0038                   |
| 3 поверх              | 392,4580                 | 0,0041                   |
| <b><u>Всього:</u></b> | <b><u>1433,0224</u></b>  | <b><u>0,0115</u></b>     |

## Висновки до розділу 2

В даному розділі було розглянуто надходження вологи та теплоти для типового шкільного приміщення:

- надходження теплоти, яка надходить від людей  $Q_{\text{л}}=1,682$  кВт ;
- надходження теплоти від сонячної радіації  $Q_{\text{с.р.}}=1,04$  кВт ;
- теплота, яка надходить від обладнання  $Q_{\text{т}}=7,2$  кВт ;
- теплота, що надходить від електричного обладнання  $Q_{\text{е.о.}}=13,85$  кВт ;
- волога, що надходить в приміщення від людей  $W_{\text{л}} = 0,000227$  кг/с.

Додаткові розрахунки надходжень вологи та теплоти для інших приміщень школи були виконані за вище вказаною методикою [4] в програмі «Excel» та наведені в таблицях додатку Б.

### 3 АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПОВІТРОВОДІВ

Аеродинамічний розрахунок є дуже важливою частиною підбору обладнання для системи вентиляції школи. Аеродинаміка дозволяє визначити оптимальні параметри роботи системи, такі як об'єм повітря, швидкість потоку, напрямок руху повітря тощо. Даний розділ дипломної роботи присвячений дослідженню аеродинамічних аспектів вентиляції приміщень шкіл, вивченню принципів роботи вентиляційних систем та їх впливу на мікроклімат у приміщеннях.

Зі схеми визначаю відгалуження та магістраль в системі. Магістраль – сума довжин найбільш віддалених ділянок, обчислюючи від повітрозабірного пристрою. Роблю розрахунок за допомогою методу питомих втрат тиску [4].

Схема для першого поверху припливної системи показана на рисунку 3.1.

Роблю аеродинамічний розрахунок для схеми припливної системи П1 (приклад), ділянки 1:

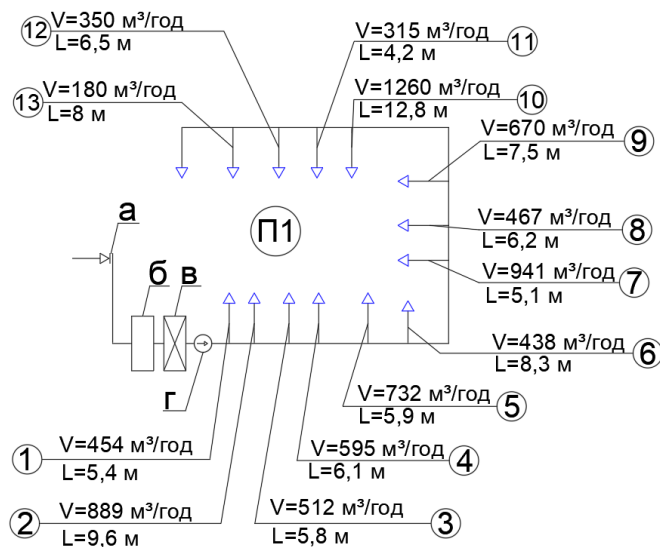


Рис 3.1 – Схема мережі відгалужень повітропроводів мережі П1

а – повітрозабірний пристрій (ПП); б – повітряний фільтр; в – калорифер для нагрівання повітря; г – припливний вентилятор; 1 – 13 – номери відгалужень.

Розбиваю магістраль на однакові ділянки з постійним перерізом повітропроводу. При визначенні втрат тиску в прямокутних повітропроводах використовують номограми та таблиці, які складені для круглих повітропроводів,

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 23   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

при цьому некруглість повітропроводів враховують визначенням еквівалентних діаметрів повітропроводів [4].

На практиці найпопулярнішим розрахунком є розрахунок з використанням еквівалентного діаметра:

$$d_e = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}, \quad (3.1)$$

де  $a, b$  – сторони прямокутного повітропроводу.

Еквівалентний діаметр розраховую за допомогою формули (3.1).

$$d_e = \frac{2 \cdot 200 \cdot 100}{200 + 100} = 133 \text{ мм.}$$

Питомі втрати на тертя для повітропроводів визначаю по формулі:

$$R = n \cdot \lambda \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot \frac{1}{d_{екв}}, \quad (3.2)$$

де  $n$  – коефіцієнт шорсткості повітропроводу, для оцинкованих повітропроводів  $n=1$ ;

$\lambda$  – коефіцієнт опору тертя;

$\rho$  – густина повітря, по [4]  $\rho=1,205 \text{ кг/м}^3$  при  $t=20^\circ \text{ C}$ ;

$V$  – дійсна, швидкість повітря,  $\text{м/с}$ ;

$d_{екв}$  – еквівалентний діаметр повітропроводу,  $\text{м}$ .

Коефіцієнт опору тертя визначаю по формулі:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{k_e}{d_e} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (3.3)$$

де  $k_e$  – коефіцієнт абсолютної шорсткості стінки повітропроводу, для матеріалу сталь -  $k_e = 0,001 \text{ м}$ ;

$\text{Re}$  – число Рейнольдса:

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 24   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

$$\text{Re} = \frac{V \cdot d_e}{\nu_{\text{нов}}}, \quad (3.4)$$

де  $\nu_{\text{нов}}$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості. По [4] визначаю:

$$\nu_{\text{нов}} = f(t_{\text{нов}} = 20^\circ \text{C}) = 15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Число Рейнольдса розраховується за допомогою формули (3.4).

$$\text{Re} = \frac{6,5 \cdot 0,133}{15 \cdot 10^{-6}} = 57633.$$

Коефіцієнт опору тертя розраховується за допомогою формули (3.3).

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{0,001}{0,133} + \frac{68}{57633} \right)^{0,25} = 0,0336.$$

Питомі втрати на тертя для повітропроводів розраховується за формулою (3.2).

$$R = 1 \cdot 0,0336 \cdot \frac{1,205 \cdot 6,5^2}{2} \cdot \frac{1}{0,133} = 6,41 \text{ Па/м}.$$

Втрати тиску на тертя на ділянці прямокутного перерізу:

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l, \quad (3.5)$$

де  $R$  – питомі втрати тиску на тертя,  $\text{Па/м}$  ;

$l$  – довжина ділянки, м.

Втрати тиску на тертя прямокутного перерізу розраховуються за формулою (3.5).

$$\Delta P_{\text{тр}} = 6,41 \cdot 5,4 = 34,61 \text{ Па}.$$

З таблиць [4] визначаю на ділянках повітропроводів коефіцієнти місцевих опорів  $\xi$ .

Втрати тиску на місцеві опори визначаю за формулою:

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2}, \quad (3.6)$$

$\rho$  – густина повітря, по [4]  $\rho = 1,205 \text{ кг/м}^3$  при  $t = 20^\circ \text{C}$ ;

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 25   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

$\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці;

$V$  – швидкість повітря на ділянці, м/с.

Втрати тиску на місцеві опори визначаються за формулою (3.6)

$$Z = 1,48 \cdot \frac{1,205 \cdot 6,5^2}{2} = 37,67.$$

Опір усієї мережі, Па

$$\Delta P_m = \sum (R \cdot l + Z), \quad (3.7)$$

Опір усієї мережі знаходиться за формулою (3.7)

$$\Delta P_m = (37,67 + 34,61) = 72,29 \text{ Па.}$$

Аналогічним чином роблю розрахунок для витяжної системи В1 першого поверху, яка показана на рисунку 3.2 та інших поверхів.

Схема магістрального повітропроводу для першого поверху припливної установки показана на рисунку 3.3

Магістраль розбиваю на ділянки та розраховую від найвіддаленішого дифузора до повітрозабірного пристрою (ПП) за методикою наведеною вище.

Схеми для другого та третього поверхів наведені в додатку В.

Схема для першого поверху витяжної системи В1 показана на рисунку 3.2

При виконанні розрахунків важливо враховувати всі місцеві опори та втрати тиску в повітропроводах, що можуть виникати на кожній ділянці. Це забезпечує точність визначення параметрів роботи всієї системи. Для кожного поверху проводжу детальний аналіз, враховуючи специфіку розташування та конфігурацію приміщень, що дозволяє оптимізувати роботу вентиляційної системи.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 26   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

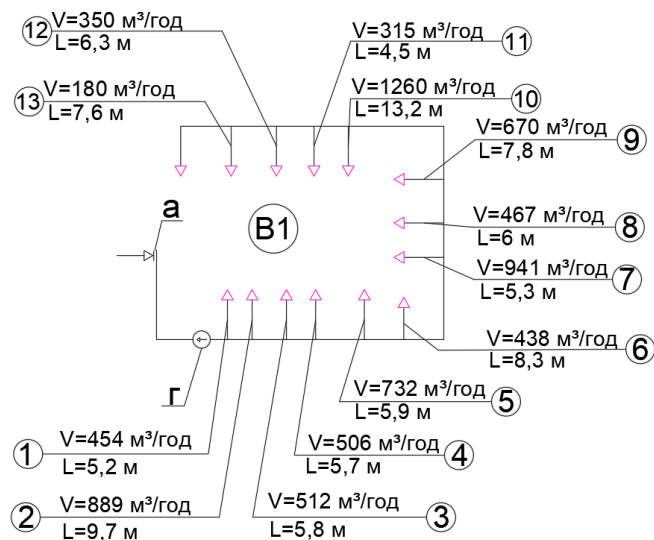


Рис 3.2 – Схема мережі відгалужень повітропроводів мережі В1

а – повітрозабірний пристрій (ПП); г – витяжний вентилятор; 1 – 13 – номери відгалужень.

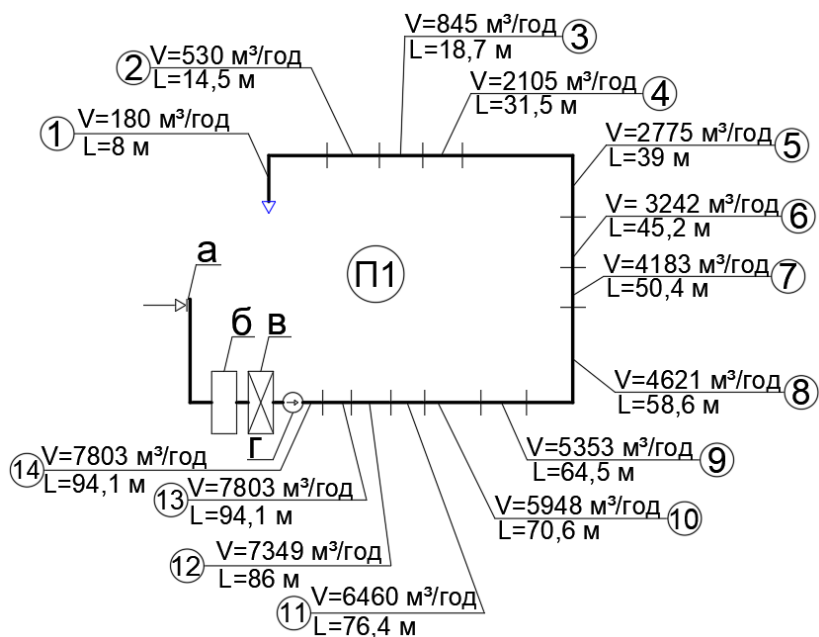


Рис 3.3 – Схема магістрального повітропроводу для припливної системи П1

а – повітрозабірний пристрій (ПП); б – повітряний фільтр; в – калорифер для нагрівання повітря; г – припливний вентилятор; 1 – 14 – номери ділянок.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Загальні дані аеродинамічного розрахунку школи наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Загальні дані аеродинамічного розрахунку

| №                     | Припливна система     | Витяжна система       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                       | Опір всієї мережі, Па | Опір всієї мережі, Па |
| 1 поверх              | 1221,41               | 1191,79               |
| 2 поверх              | 1816,38               | 1797,38               |
| 3 поверх              | 1267,69               | 1241,49               |
| <b><u>Всього:</u></b> | <u>4305,48</u>        | <u>4230,66</u>        |

Таблиця 3.2 – Витрати повітря на вентиляцію по місяцях

|                                                  | Березень | Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень |
|--------------------------------------------------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|
| №                                                | 1        | 2       | 3       | 4       | 5      | 6       |
| $t_{\text{зовн}}^{\text{ср.м.}}, ^\circ\text{C}$ | 0,7      | 7,5     | 15      | 21      | 24     | 27      |
| $V, \text{ м}^3/\text{год}$                      | 20565    | 20565   | 22315   | 24497   | 24497  | 24497   |

Продовження таблиці 3.2

|                                                  | Вересень | Жовтень | Листопад | Грудень | Січень | Лютий |
|--------------------------------------------------|----------|---------|----------|---------|--------|-------|
| №                                                | 7        | 8       | 9        | 10      | 11     | 12    |
| $t_{\text{зовн}}^{\text{ср.м.}}, ^\circ\text{C}$ | 16       | 7,4     | 2        | -3,5    | -5,2   | -5    |
| $V, \text{ м}^3/\text{год}$                      | 22315    | 21780   | 20565    | 20565   | 20565  | 20000 |

Графік витрат повітря на вентиляцію по місяцях зображений на рисунку 3.4



Рисунок 3.4 – Витрати повітря на вентиляцію по місяцях

### Висновки до розділу 3

В даному розділі було розглянуто аеродинамічний розрахунок для типової ділянки повітроводу для системи П1.

Було розраховано:

- коефіцієнт опору тертя  $\lambda = 0,0336$  ;
- питомі втрати на тертя  $R = 6,41$  Па/м ;
- втрати тиску на тертя  $\Delta P_{тр} = 34,61$  Па ;
- опір усієї мережі  $\Delta P_{м} = 72,29$  Па.

Додаткові аеродинамічні розрахунки інших систем були виконані за вище вказаною методикою [4] в програмі «Excel» та наведені в таблицях додатку Г.

## 4 ПІДБІР МЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ

### 4.1 Характеристика припливно-витяжної установки та її опис

За допомогою отриманих даних розрахунку повітрообміну приміщень (Додаток А) для навчальної, загальноосвітньої школи в місті Одеса обираю припливно – витяжні установки української фірми «**ВЕНТС ВУТ**» [6].

Перед собою ви бачите загальний вигляд (рис.4.1) припливно – витяжної установки для 1 – го поверху навчальних класів та приміщень школи.



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд припливно – витяжної установки

Також ви бачите загальну схему компоновки припливно – витяжної установки (рис.4.2) для приміщень школи. Конструкція та принцип роботи установки показано на рисунку 4.2.

Установка застосовується в закритому та відкритому просторі при температурі навколишнього повітря від +1 °С до +60 °С та відносній вологості до 80%. Для запобігання утворенню конденсату на внутрішніх стінках установки необхідно, щоб, температура поверхні корпусу була на 2-3 °С вище температури точки роси. Установка та місця з'єднання повітроводів повинна бути обгорнута шумопоглинаючим матеріалом [7].

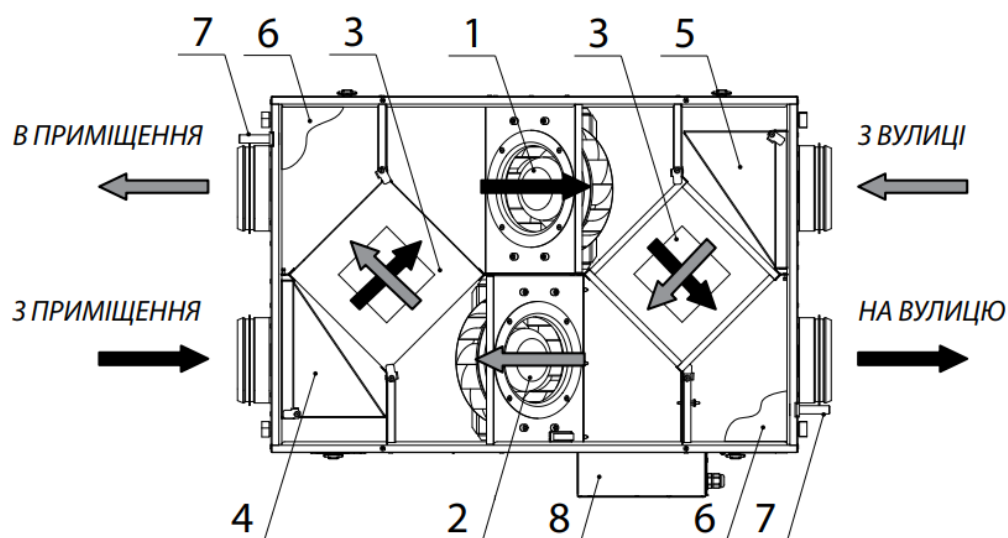


Рисунок 4.2 – Схема компоновки припливно - витяжної установки

1 – витяжний вентилятор; 2 – припливний вентилятор; 3 – пластинчастий теплообмінник перехресного потоку; 4 – фільтр витяжного повітря; 5 – фільтр припливного повітря; 6 – піддон для збору конденсату; 7 – трубка для зливання конденсату; 8 – блок автоматики.

Установка працює за наступним принципом. Тепле забруднене повітря з приміщення потрапляє в установку, де здійснюється фільтрація повітря, яке очищується, за допомогою фільтру. Далі повітря проходить через теплообмінники і за допомогою витяжного вентилятора повітропроводами викидається назовні. Чисте холодне повітря з вулиці повітропроводами потрапляє в установку, де здійснюється його фільтрація. Далі повітря проходить через теплообмінники і за допомогою припливного вентилятора поступає в приміщення. В теплообмінниках відбувається обмін тепловою енергією теплого забрудненого повітря, яке поступає з кімнати, з чистим холодним повітрям, яке поступає з вулиці, без перемішування обох потоків повітря. Повітря подається до приміщень за допомогою стельових розподільників повітря, які вмонтовані в між стельовий простір. Це забезпечує зменшення втрат теплової енергії, що призводить до зменшення затрат на обігрів приміщень в холодну пору року [7].

## 4.2 Вибір фанкойлів

Є багато варіантів фанкойлів: настінний, касетний, каналний та підлого-стельовий. Фанкойли каналного типу є одним з найкращих варіантів для кондиціювання повітря в офісних, навчальних та адміністративних приміщеннях, особливо для кондиціювання та підтримання температурного режиму літній сезон.

Фанкойли - це тип кондиціонерів, які використовуються для охолодження повітря в приміщенні. Вони працюють за принципом теплового насоса, відбираючи тепло з внутрішнього приміщення та відводячи його назовні. Фанкойли мають вентилятор, який циркулює повітря через холодильний агент, охолоджуючи його. Цей охолоджений повітряний потік потім подається у приміщення, знижуючи температуру та забезпечуючи комфортні умови для навчання або роботи.

Для того, щоб охолоджувати повітря в систему вмонтовані дві холодильні установки (чілери) з охолодженням повітряного типу конденсаторів, які знаходяться на даху школи. Якщо виходить з ладу один з чілерів, системою передбачено безперебійне постачання холоду до приміщень на 45%.

Фанкойли мають можливість працювати тільки на охолодження повітря (дві труби в системі кондиціювання), або ж на охолодження та обігрів повітря (чотири труби в системі кондиціювання) [4].

За допомогою розрахунків холодопродуктивності роблю вибір фанкойлів для приміщень та класів школи.

Холодопродуктивність фанкойлів визначаю за формулою

$$Q_{\phi} = \sum L_{\phi} (h_s - h_n), \quad (4.1)$$

де  $L_{\phi}$  - масова витрата повітря, кг/с.

Визначаю об'ємну витрату повітря

$$V_{\phi} = V_{\Sigma} \cdot m, \quad (4.2)$$

де  $m$  – кратність циркуляції (з практичних рекомендацій приймаю 2,5 1/год), тоді:

$$V_{\phi} = 25175 \cdot 2,5 = 62938 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 32   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

Масова витрата повітря визначається за формулою

$$L_i = \frac{V_i \cdot \rho_i}{3600}, \quad (4.3)$$

$$L_i = \frac{62938 \cdot 1,2}{3600} = 21 \text{ кг/с.}$$

На рисунку 4.3 показано процес зміни стану повітря в фанкойлі в  $h - d$  діаграмі.

За діаграмою визначені ентальпії припливного та внутрішнього повітря:

- $h_{II} = 48,46$  кДж/кг;
- $h_{BH} = 52,13$  кДж/кг.

Відповідно до цього, холодопродуктивність фанкойлів за формулою (4.1) становить

$$Q_{\phi} = 21 \cdot (52,13 - 48,46) = 77,07 \text{ кВт.}$$

Приймаючи це до уваги, обираю 48 фанкойлів каналного типу, виробник – Mitsubishi Electric для кондиціювання усієї школи.

Технічні характеристики фанкойлів наведені в таблиці 4.1 [8].

Зовнішня структура фанкойлу представлена на рисунку 4.4.

Великим плюсом при виборі каналних фанкойлів Mitsubishi Electric, є дуже гарна якість та якісна збірка та пайка деталей. Також при встановленні, діє гарантія на обслуговування. Дуже гарно працює літом, та видає ті характеристики, які вказані на упаковці виробу. Фанкойл каналного типу Mitsubishi Electric — це високоякісний і надійний пристрій, який відповідає всім сучасним вимогам до систем кондиціювання повітря. Він поєднує в собі ефективність, тиху роботу, простоту в обслуговуванні і стильний дизайн. Я можу сміливо рекомендувати цей фанкойл усім, хто шукає надійне рішення для створення комфортного мікроклімату в своїх приміщеннях.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 33   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

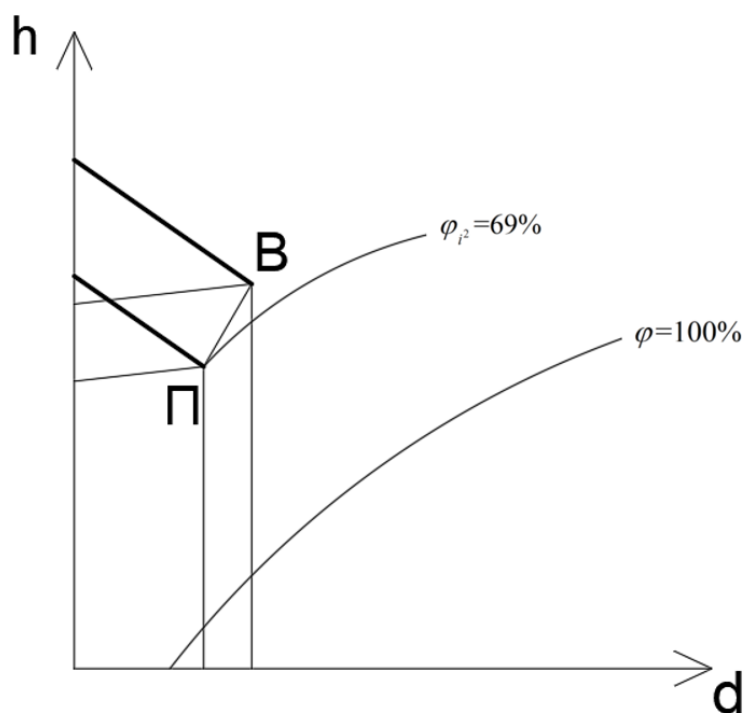


Рисунок 4.3 – Процес перетворення стану припливного повітря в системі фанкойлів на  $h - d$  діаграмі

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики фанкойлу SEZ – M220

|                 |             |                     |             |
|-----------------|-------------|---------------------|-------------|
| Модель          |             |                     | SEZ-M220    |
| Тип             |             |                     | Канальний   |
| Продуктивність  | Охолодження | кВт                 | 2,5         |
|                 | Нагрів      | кВт                 | 2,9         |
| Інвертор        |             | -                   | Так         |
| Вага            |             | кг                  | 19          |
| Рівень шуму     |             | Дб                  | 25          |
| Розміри (ДхШхВ) |             | мм                  | 790x700x200 |
| Витрата повітря |             | м <sup>3</sup> /Год | 2900        |



Рисунок 4.4 – Загальний вигляд фанкойлу

### 4.3 Холодопостачання фанкойлів

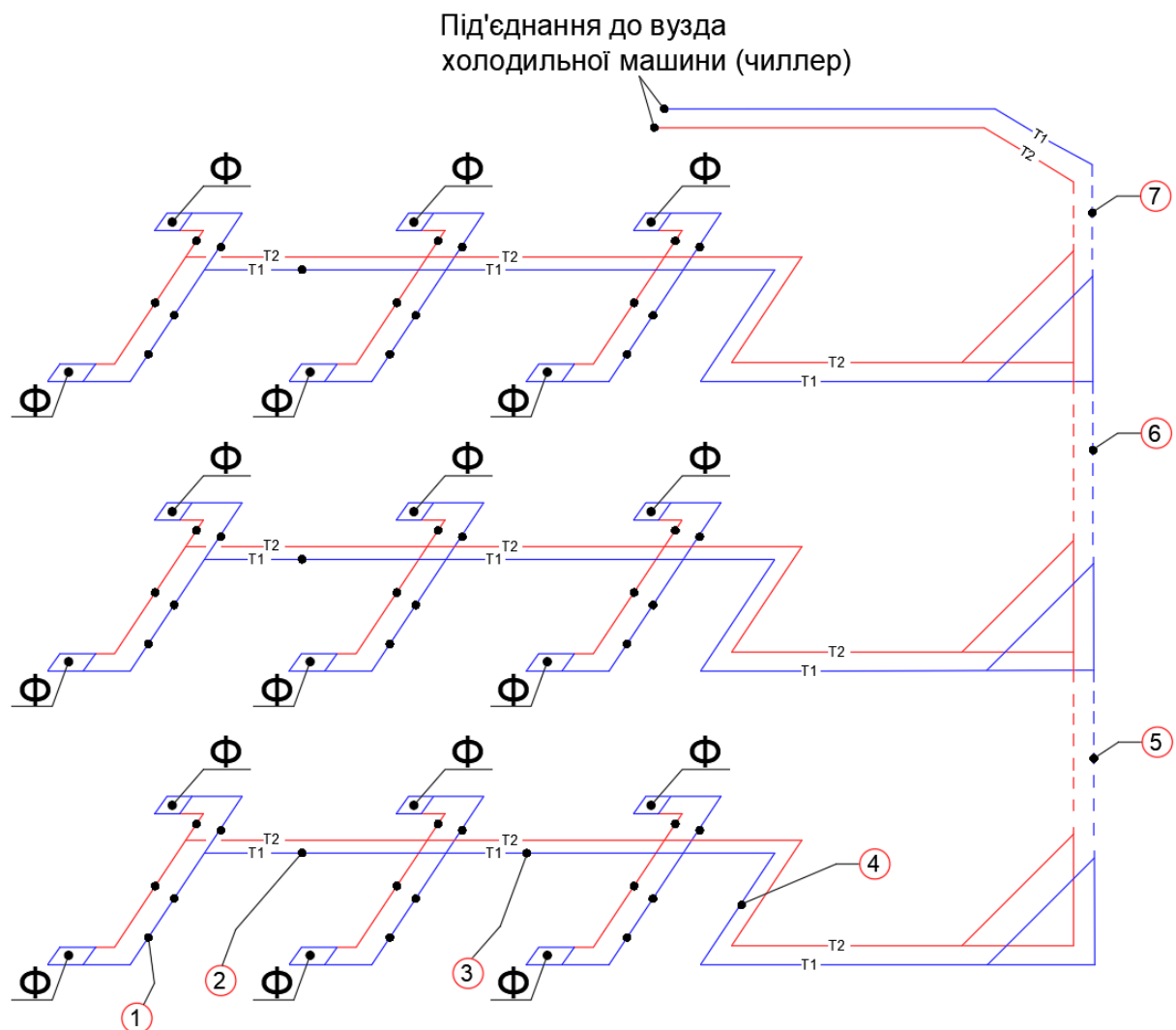
Гідравлічний розрахунок є дуже важливою частиною роботи, для визначення розмірів трубопроводів, а також насосів за допомогою яких здійснюється циркуляція по контурах.

На рисунку 4.5 відображена схема гідравлічного холодопостачання фанкойлів для приміщень школи. За допомогою методики [4] показую на схемі ділянки та магістраль, для якої роблю розрахунок втрат тиску на місцеві опори та на тертя. Коли рідина рухається по системі (трубах) опір буває двох видів.

Збільшення діаметра труби зазвичай зменшує опір, тоді як збільшення в'язкості рідини або швидкості потоку може спричинити збільшення опору. Опір для руху рідини в трубах важливий для гідравлічних систем, де він враховується при розрахунках тиску та насосів для забезпечення потрібного рівня потоку.

#### **Переваги холодопостачання фанкойлів:**

- ефективність (швидке та ефективне охолодження приміщень);
- гнучкість (можуть бути встановлені майже у всіх типах приміщень);
- легка установка та обслуговування (компактні розміри та проста конструкція);
- енергозбереження (зниження експлуатаційних витрат та вплив на навколишнє середовище).



Φ – фанкойли, T1 – подавальний, T2 – поворотний трубопровід системи холодопостачання, 1 – 7 ділянки мережі трубопроводів.

Рисунок 4.5 – Схема трубопроводів холодопостачання фанкойлів

#### 4.3.1 Втрати тиску на тертя

Втрати тиску на тертя (втрати на лінії), на відрізках трубопроводу зі сталим діаметром та сталою витратою води рахую по формулі (4.4), Па/м

$$R_{TP} = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho \cdot l = R \cdot l, \quad (4.4)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного тертя;

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

$d$  – діаметр трубопроводу, м;

$\omega$  – швидкість руху рідини, м/с;

$\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$l$  - довжина ділянки трубопроводу, м.

#### 4.3.2 Втрати тиску на місцеві опори

Втрати тиску на місцеві опори, Па, визначаю за наступною формулою

$$Z = \sum \xi \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho_B, \quad (4.5)$$

де  $\sum \xi$  – сумарний коефіцієнт місцевих опорів на даній ділянці трубопроводу;

$\frac{\omega^2}{2} \rho_B$  - динамічний тиск води, Па.

Сумарний коефіцієнт місцевого опору на ділянці трубопроводу рахується по формулі (4.6)

$$\sum \xi = \xi_{\text{НП}} + \xi_{\text{ПОВОРОТ}} + \xi_{\text{ТРІЙНИК}} + \xi_{\text{ІНШЕ}}, \quad (4.6)$$

Витрати води на ділянках визначаю за формулою (4.7)

$$G_i = \frac{\sum Q_{\phi i}}{c \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}})}, \quad (4.7)$$

де  $t_{\text{вх}}$  – температура подавальної води в трубопроводі, °С;

$t_{\text{вих}}$  – температура зворотної води в трубопроводі, °С;

$\sum Q_{\phi}$  – сумарна холодопродуктивність фанкойлів на ділянці, кВт;

$c$  – теплоємність рідини (рекомендовано значення 4,19 кДж/(кг·К)).

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 37   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

Гідравлічний розрахунок проводжую користуючись такими параметрами як, повний тиск та витрата води Па, за формулою (4.8)

$$\Delta P_M = \sum (R \cdot l + Z), \quad (4.8)$$

де  $R$  – питомі втрати тиску на тертя на розрахунковій ділянці мережі, Па/м;

$l$  - довжина ділянки водогазопроводу, м;

$Z$  – витрати тиску на місцеві опори на розрахунковій ділянці, Па.

У відповідності до методу [4] на схемі роблю позначення ділянки на магістралі, для якої роблю розрахунок втрат тиску на місцеві опори та тертя.

Питомі втрати тиску на тертя для сталевих водогазопроводів знаходжу по формулі (4.9)

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_B \cdot v_B}{2} \cdot \frac{1}{d_{CT}}, \quad (4.9)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт опору тертя;

$d_{CT}$  – стандартний діаметр трубопроводу, м.

Коефіцієнт опору тертя при числі Рейнольдса  $> 2300$  визначаю за формулою Альштуля (4.10):

$$\lambda = 0,11 \left[ \left( \frac{k_{екв}}{d_{екв}} \right) + \left( \frac{68}{Re} \right) \right]^{0,25}, \quad (4.10)$$

де  $k_{екв}$  – абсолютна еквівалентна шорсткість стінок водогазопроводів, м (для сталевих водогазопроводів  $k_{екв} = 0,1$  м).

Число Рейнольдса рахується по формулі (4.11):

$$Re = \frac{v_B \cdot d_{CT}}{\nu}, \quad (4.11)$$

де  $\nu$  – кінематична в'язкість води,  $m^2/s$  (згідно з [9]  $\nu = 0,1 \cdot 10^{-5} m^2/s$ ).

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 38   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

Втрати тиску на місцеві опори визначаю за формулою (4.12)

$$Z = \sum \xi \frac{\rho_B \cdot v_B^2}{2}, \quad (4.12)$$

де  $\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів на розрахунковій ділянці.

Швидкість руху води в трубах повинна бути в інтервалі  $v_B = 0,5 - 1,5$  м/с при підборі діаметру трубопроводу.

За визначеною методикою [4] по  $G$ , кг/с визначаю стандартний діаметр трубопроводу  $d_{ст}$ , мм; швидкість руху води  $v_B$ , м/с; густину води  $\rho_B$ , кг/м<sup>3</sup>:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{v \cdot \rho \cdot \pi}}, \quad (4.13)$$

Визначаю витрату води за формулою (4.7):

$$G_{i+1} = G_i + \frac{\sum Q_{\phi(i+1)}}{c \cdot (t_{ex} - t_{вх})},$$

Таким чином отримаю витрати води на розрахункових ділянках:

$$G_1 = \frac{3}{4,19 \cdot (12 - 7)} = 0,143 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$G_2 = 0,143 + \frac{6}{4,19 \cdot (12 - 7)} = 0,43 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$G_3 = 0,43 + \frac{9}{4,19 \cdot (12 - 7)} = 0,86 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$G_4 = 0,86 + \frac{15}{4,19 \cdot (12 - 7)} = 1,58 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$G_5 = 1,58 + \frac{15}{4,19 \cdot (12 - 7)} = 2,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$G_6 = 2,3 + \frac{15}{4,19 \cdot (12 - 7)} = 3,02 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 39   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

$$G_7 = 3,02 + \frac{15}{4,19 \cdot (12 - 7)} = 3,73 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

#### 4.3.2.1 Втрати тиску на ділянці № 1

$$\text{Витрата води на ділянці } G_1 = 0,143 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Беру швидкість води на ділянці магістралі  $v_1 = 0,5 \text{ м/с}$ , тоді з рівняння (4.13)

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,143}{0,5 \cdot 1000 \cdot 3,14}} = 0,019 \text{ м}.$$

З [4] роблю вибір сталеві водогазопровідної труби діаметром  $d = 20 \text{ мм}$ ;

Число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{0,5 \cdot 0,02}{0,1 \cdot 10^{-5}} = 10000.$$

Коефіцієнт опору тертя при числі Рейнольдса  $10000 > 2300$  визначаю за формулою Альштуля:

$$\lambda = 0,11 \left[ \left( \frac{0,1}{0,02} \right) + \left( \frac{68}{10000} \right) \right]^{0,25} = 0,16.$$

Наступним кроком рахую втрати тиску на тертя за формулою (4.9)

$$R = 0,16 \cdot \frac{1000 \cdot 0,5^2}{2} \cdot \frac{1}{0,02} = 1000 \text{ Па/м}.$$

Коефіцієнти місцевих опорів:

- поворот  $\xi_{\text{пов}} = 0,6$ ;
- трійник  $\xi_{\text{тр}} = 1,9$ ;
- фанкойл  $\xi_{\text{ф}} = 2,9$ .

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 40   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

Сума коефіцієнтів місцевих опорів для ділянки № 1:

$$\sum \xi_1 = 0,6 + 1,9 + 2,8 = 5,3.$$

Втрати тиску на місцеві опори для ділянки № 1 за формулою (4.12)

$$Z = 5,3 \cdot \frac{1000 \cdot 0,5^2}{2} = 662,5 \text{ Па}.$$

Сумарні витрати тиску на ділянці № 1:

$$\Delta P_1 = 1000 \cdot 3 + 662,5 = 3663 \text{ Па}.$$

#### 4.3.2.2 Втрати тиску на ділянці № 2

Витрата води на ділянці  $G_2 = 0,43 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ .

Беру швидкість води на ділянці магістралі  $v_2 = 0,5 \text{ м/с}$ , тоді з рівняння (4.13)

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,43}{0,5 \cdot 1000 \cdot 3,14}} = 0,033 \text{ м}.$$

З [4] роблю вибір сталевий водогазопровідної труби діаметром  $d = 32 \text{ мм}$ ;

Число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{0,5 \cdot 0,032}{0,1 \cdot 10^{-5}} = 16000.$$

Коефіцієнт опору тертя при числі Рейнольдса  $16000 > 2300$  визначаю за формулою Альштуля:

$$\lambda = 0,11 \left[ \left( \frac{0,1}{0,032} \right) + \left( \frac{68}{16000} \right) \right]^{0,25} = 0,15.$$

Наступним кроком рахую втрати тиску на тертя за формулою (4.9)

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 41   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

$$R = 0,15 \cdot \frac{1000 \cdot 0,5^2}{2} \cdot \frac{1}{0,032} = 625 \text{ Па/м.}$$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів для ділянки № 2:  $\sum \xi_2 = 0$ .

Втрати тиску на місцеві опори для ділянки № 2 за формулою (4.12)

$$Z = 0 \cdot \frac{1000 \cdot 0,5^2}{2} = 0 \text{ Па.}$$

Сумарні витрати тиску на ділянці № 2:

$$\Delta P_2 = 625 \cdot 5,2 + 0 = 3250 \text{ Па.}$$

Аналогічно роблю розрахунок для ділянок № 3 – 7 магістралі, результати наведені таблиці 4.2.

Загальна витрата холодоносія, кг/год, визначаю по формулі (4.7)

$$G = \frac{110}{4,19 \cdot (12 - 7)} \cdot 3600 = 18902 \text{ кг/год.}$$

Подача насосу, м<sup>3</sup>/год

$$V_H = \frac{G}{\rho_B},$$

де  $\rho_B$  – густина води (приймаю значення 1000 кг/м<sup>3</sup>).

Знаходжу об'ємну витрату

$$V_H = \frac{18902}{1000} = 18,9 \text{ м}^3/\text{год.}$$

За визначеним тиском  $H = 62481$  Па та об'ємною витратою  $V_H = 18,9$  м<sup>3</sup>/год обираю 2 насоси Grundfos [10] (один резервний) з технічними характеристиками, які наведені в таблиці 4.3.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 42   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

Таблиця 4.2 – Результати гідравлічного розрахунку

| Номер ділянок | Витрата води, G,<br>кг/с | Довжина<br>ділянки, l, м | Швидкість води,<br>v, м/с | Діаметр<br>трубопроводів d,<br>мм | Втрати тиску<br>на тертя, Па |                        | Сума коеф.<br>місцевих опорів | Втрати тиску на<br>місцеві опори, Z,<br>Па | Загальна втрата<br>тиску на ділянці | Сумарні втрати<br>тиску на ділянці<br>від початку |
|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
|               |                          |                          |                           |                                   | На 1 м<br>довжини,<br>Па/м   | На всій<br>ділянці, Рl |                               |                                            |                                     |                                                   |
| 1             | 0,143                    | 3                        | 0,5                       | 20                                | 1000                         | 3000                   | 5,3                           | 662,5                                      | 3663                                | 3663                                              |
| 2             | 0,43                     | 5,2                      | 0,5                       | 32                                | 625                          | 3250                   | 0                             | 0                                          | 3250                                | 6913                                              |
| 3             | 0,86                     | 5,2                      | 0,6                       | 50                                | 576                          | 2995                   | 2,4                           | 432                                        | 3427                                | 10340                                             |
| 4             | 1,58                     | 19                       | 0,6                       | 60                                | 480                          | 9120                   | 2,4                           | 432                                        | 9552                                | 19892                                             |
| 5             | 2,3                      | 19                       | 0,7                       | 65                                | 603                          | 11458                  | 1,9                           | 465,5                                      | 11924                               | 31816                                             |
| 6             | 3,02                     | 19                       | 0,8                       | 70                                | 731                          | 13897                  | 1,9                           | 608                                        | 14505                               | 46321                                             |
| 7             | 3,73                     | 19                       | 0,9                       | 80                                | 810                          | 15390                  | 1,9                           | 769,5                                      | 16160                               | 62481                                             |

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики насосу

| Назва             | Одиниці<br>вимірювання | Значення     |
|-------------------|------------------------|--------------|
| Виробник          | -                      | Grundfos     |
| Країна            | -                      | Данія        |
| Тип               | -                      | UPS 50-120 F |
| Продуктивність    | м <sup>3</sup> /год    | 28           |
| Частота обертів   | об/хв                  | 1450         |
| Напір             | м                      | 9,5          |
| Потужність        | кВт                    | 0,72         |
| Номинальний струм | А                      | 1,3          |
| Тип з'єднання     | -                      | фланцеве     |
| Допустимий тиск   | Бар                    | 10           |
| Вага              | кг                     | 24,3         |



Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд циркуляційного насосу

#### Висновки до розділу 4

В даному розділі було підібране механічне обладнання системи. Також було показано розрахунок системи кондиціонування за допомогою фанкойлів, які були обрані за холодопродуктивність. За розрахованою холодопродуктивністю  $Q_{\text{ф}}=77,07$  кВт, зробив вибір каналних фанкойлів Mitsubishi Electric SEZ – M220 загальною кількістю 48 штук.

Також було зроблено розрахунок гідравлічної системи, з наведеною схемою трубопроводів, для визначення діаметрів трубопроводів при заданому тепловому навантаженні і також підбір циркуляційних насосів. Технічні характеристики насосів наведені в таблиці 4.3.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 44   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Загальні положення

Цей розділ дипломної роботи присвячений вивченню питань охорони праці при експлуатації систем вентиляції загальноосвітньої школи у місті Одеса.

В ньому розглядаються такі питання:

- **Нормативно-правові акти з охорони праці** при експлуатації систем вентиляції;
- **Технічні вимоги** до систем вентиляції;
- **Вимоги до персоналу**, який обслуговує системи вентиляції;
- **Організація безпечного проведення робіт** з експлуатації систем вентиляції;
- **Відповідальність** за порушення норм і правил охорони праці при експлуатації систем вентиляції.

### 5.2. Нормативно-правові акти з охорони праці при експлуатації систем вентиляції

Основними нормативно-правовими актами, які регламентують питання охорони праці при експлуатації систем вентиляції, є:

- **Закон України "Про охорону праці"** від 21.11.2002 р. № 2282-IV. Цей закон встановлює основні принципи державної політики у сфері охорони праці, визначає права та обов'язки роботодавців, працівників та органів державного нагляду за охороною праці.
- **Правила експлуатації систем вентиляції** [11]. Ці правила встановлюють вимоги до експлуатації систем вентиляції в різних галузях народного господарства, включаючи загальноосвітні школи.
- **Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до умов праці"** [12]. Ці норми та правила встановлюють гігієнічні вимоги до мікроклімату в приміщеннях загальноосвітніх шкіл, а також до вентиляції цих приміщень.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 45   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

- **Глава XI "Охорона праці":**
- **Стаття 153:** "Забезпечення безпечних і здорових умов праці покладається на роботодавця."
- **Стаття 154:** "Працівники мають право на безпечні й здорові умови праці."
- **Стаття 155:** "Роботодавець зобов'язаний вжити заходів щодо забезпечення безпеки і гігієни праці."
- **Стаття 156:** "Працівники, які працюють у шкідливих або небезпечних умовах праці, мають право на пільги та компенсації."
- **Інші нормативно-технічні документи**, що встановлюють вимоги до систем вентиляції та їх експлуатації. До таких документів належать:
  - Державні будівельні норми України (ДБН) "Будівництво загальноосвітніх шкіл";
  - Санітарні правила влаштування та експлуатації каналізації, водопостачання та опалення будинків і споруд;
  - Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж;
  - Інструкції з експлуатації конкретних видів систем вентиляції.

### 5.3. Технічні вимоги до систем вентиляції

Системи вентиляції загальноосвітньої школи повинні відповідати таким технічним вимогам:

- **Забезпечувати необхідний повітрообмін у приміщеннях школи.** Повітрообмін у приміщеннях школи повинен відповідати санітарним нормам і правилам та забезпечувати видалення з цих приміщень шкідливих речовин, надлишкового тепла та вологи.
- **Видаляти з приміщень шкідливі речовини, надлишкове тепло та вологу.** Системи вентиляції повинні видаляти з приміщень школи шкідливі речовини, які виділяються в процесі навчання та трудової діяльності, а також надлишкове тепло та вологу.
- **Забезпечувати комфортний мікроклімат у приміщеннях школи.** Мікроклімат у приміщеннях школи повинен відповідати санітарним нормам

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 46   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

і правилам та забезпечувати комфортне перебування в них учнів та персоналу.

- **Відповідати вимогам пожежної безпеки.** Системи вентиляції повинні відповідати вимогам пожежної безпеки та не створювати небезпеки виникнення пожеж.
- **Бути надійними в роботі.** Системи вентиляції повинні бути надійними в роботі та не мати дефектів, які можуть призвести до їх поломки.
- **Відповідати естетичним вимогам.** Системи вентиляції повинні мати естетичний вигляд та не псувати інтер'єр приміщень школи.

**Санітарні норми** встановлюють мінімальні обсяги припливно-витяжної вентиляції для різних типів приміщень загальноосвітніх закладів. Так, наприклад, для навчальних класів обсяг припливної вентиляції повинен становити не менше 30 м<sup>3</sup>/год на одного учня, а для спортивних залів - не менше 80 м<sup>3</sup>/год на одну людину. Для магазинів, наприклад, розташованих в підвальних поверхах будинків або під поверхнею землі, повітрообмін повинен бути не менше як 30 м<sup>3</sup>/год на одного покупця і 60 м<sup>3</sup>/год на одного працівника [4].

Для виробничих приміщень, у яких немає шкідливих виділень, наприклад, нормована витрата повітря на кожного працівника повинна бути не менше як 30 м<sup>3</sup>/год при об'ємі приміщення на одного працівника до 20 м<sup>3</sup> і 20 м<sup>3</sup>/год, коли об'єм приміщення на одного працівника складає 20 ... 40 м<sup>3</sup>. За відсутності в приміщеннях природної вентиляції витрата повітря на одного працівника повинна бути не менше як 60 м<sup>3</sup>/год [4].

**Державні будівельні норми (ДБН)** регламентують конструктивні та технічні вимоги до систем вентиляції загальноосвітніх закладів. ДБН визначають, які типи систем вентиляції повинні використовуватися в тих чи інших приміщеннях, а також встановлюють вимоги до їх проектування, монтажу та експлуатації.

**Санітарні правила** визначають правила експлуатації систем вентиляції загальноосвітніх закладів. Ці правила включають такі вимоги:

- Регулярно проводити технічне обслуговування та ремонт систем вентиляції.
- Своєчасно очищати фільтри та повітроводи систем вентиляції.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 47   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

- Контролювати роботу систем вентиляції та за необхідності регулювати їх роботу.
- Не допускати експлуатації систем вентиляції з несправностями.

**Інструкції з експлуатації** конкретних видів систем вентиляції містять більш детальну інформацію про правила їх експлуатації. Ці інструкції розробляються виробниками систем вентиляції та затверджуються органами державного нагляду за охороною праці.

Дотримання всіх цих вимог дозволить забезпечити безпечну та ефективну роботу систем вентиляції в загальноосвітніх закладах, що сприятиме створенню сприятливих умов для навчання та роботи учнів та персоналу.

#### **5.4. Вимоги до персоналу, який обслуговує системи вентиляції**

До персоналу, який обслуговує системи вентиляції загальноосвітньої школи, висуваються такі вимоги:

##### **1. Кваліфікація:**

- **Персонал, який обслуговує системи вентиляції, повинен мати відповідну кваліфікацію.** Це означає, що він повинен мати спеціальну освіту та пройти спеціальне навчання з питань експлуатації та обслуговування систем вентиляції.
- **Кваліфікація персоналу повинна підтверджуватися документами, такими як диплом про закінчення навчального закладу, посвідчення про проходження курсів навчання тощо.**

##### **2. Знання:**

- **Персонал, який обслуговує системи вентиляції, повинен знати:**
  - Правила експлуатації систем вентиляції;
  - Заходи безпеки при їх обслуговуванні;
  - Порядок проведення технічного обслуговування та ремонту систем вентиляції;
  - Вимоги санітарних норм і правил до систем вентиляції;
  - Вимоги пожежної безпеки до систем вентиляції.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 48   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

- Ці знання персонал може отримати під час навчання в навчальному закладі, на курсах навчання або шляхом самостійного вивчення нормативно-правових актів та інструкцій з експлуатації систем вентиляції.

### **3. Навички:**

- **Персонал, який обслуговує системи вентиляції, повинен мати:**
  - Навички роботи з інструментами та обладнанням, необхідними для обслуговування систем вентиляції;
  - Навички проведення технічного обслуговування та ремонту систем вентиляції;
  - Навички надання першої медичної допомоги у разі нещасного випадку.
- Ці навички персонал може отримати під час навчання в навчальному закладі, на курсах навчання або шляхом практичної роботи.

### **4. Відповідальність:**

- **Персонал, який обслуговує системи вентиляції, несе відповідальність за:**
  - Безпечну експлуатацію систем вентиляції;
  - Своєчасне проведення технічного обслуговування та ремонту систем вентиляції;
  - Дотримання санітарних норм і правил до систем вентиляції;
  - Дотримання вимог пожежної безпеки до систем вентиляції.
- За порушення своїх обов'язків персонал може бути притягнутий до дисциплінарної, адміністративної або кримінальної відповідальності.

### **5. Заходи безпеки:**

- **При обслуговуванні систем вентиляції персонал повинен дотримуватися таких заходів безпеки:**
  - Використовувати засоби індивідуального захисту, такі як респіратори, рукавиці, захисні окуляри тощо;
  - Не працювати на висоті без відповідної страховки;

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 49   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

- Не використовувати несправний інструмент та обладнання;
- Дотримуватися правил електробезпеки;
- У разі виявлення несправності в системі вентиляції негайно припинити роботу та повідомити про це керівництву.

#### **6. Медичний контроль:**

- **Персонал, який обслуговує системи вентиляції, повинен проходити періодичні медичні огляди.** Ці огляди проводяться для своєчасного виявлення та лікування профзахворювань.
- **Перелік профзахворювань, при яких персонал не допускається до роботи з системами вентиляції, визначається нормативно-правовими актами.**

#### **7. Інструктаж:**

- **Персонал, який обслуговує системи вентиляції, повинен проходити інструктаж з питань охорони праці.** Інструктаж проводиться перед початком роботи та періодично, але не рідше одного разу на 6 місяців.
- **Під час інструктажу персонал повинен бути ознайомлений з:**
  - Правилами експлуатації систем вентиляції;
  - Заходами безпеки при їх обслуговуванні;
  - Порядком проведення технічного обслуговування та ремонту систем вентиляції;
  - Вимогами санітарних норм і правил до систем вентиляції;
  - Вимогами пожежної безпеки до систем вентиляції;
  - Відповідальністю за порушення своїх обов'язків.

#### **8. Ведення документації:**

- **Персонал, який обслуговує системи вентиляції, повинен вести документацію.** Ця документація включає:
  - Журнал технічного обслуговування та ремонту систем вентиляції;
  - Протоколи інструктажів з питань охорони праці;
  - Акти про проведення медичних оглядів.
- **Документація повинна зберігатися протягом встановленого терміну.**

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 50   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

Дотримання всіх цих вимог дозволить забезпечити безпечну та ефективну роботу систем вентиляції в загальноосвітніх школах, що сприятиме створенню сприятливих умов для навчання та роботи учнів та персоналу.

**Важливо також:**

- **Проводити просвітницьку роботу серед учнів та персоналу школи з питань охорони праці при експлуатації систем вентиляції.** Ця робота може проводитися у формі лекцій, бесід, семінарів тощо.
- **Створити в школі культуру безпечної роботи з системами вентиляції.** Це передбачає наявність чітких правил експлуатації систем вентиляції, дотримання яких повинно стати нормою для всіх працівників школи.
- **Забезпечити постійний контроль за дотриманням вимог охорони праці при експлуатації систем вентиляції.** Цей контроль може здійснюватися як керівництвом школи, так і органами державного нагляду за охороною праці.

#### **5.5. Організація безпечного проведення робіт з експлуатації систем вентиляції**

Для забезпечення безпечного проведення робіт з експлуатації систем вентиляції загальноосвітньої школи необхідно:

- **Розробити та затвердити інструкції з експлуатації систем вентиляції.** Інструкції з експлуатації систем вентиляції повинні містити інформацію про правила експлуатації цих систем, про заходи безпеки при їх обслуговуванні, про порядок проведення технічного обслуговування та ремонту систем вентиляції.
- **Провести інструктаж персоналу з питань охорони праці при експлуатації систем вентиляції.** Інструктаж персоналу з питань охорони праці при експлуатації систем вентиляції повинен проводитися перед початком роботи та періодично, але не рідше одного разу на 6 місяців.
- **Забезпечити персонал засобами індивідуального захисту.** Персонал, який обслуговує системи вентиляції, повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту, такими як, рукавиці, захисні окуляри, респіратори.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 51   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

- **Забезпечити проведення періодичних медичних оглядів персоналу.**  
Персонал, який обслуговує системи вентиляції, повинен проходити періодичні медичні огляди для виявлення та своєчасного лікування профзахворювань.

## **5.6. Відповідальність за порушення норм і правил охорони праці при експлуатації систем вентиляції**

За порушення норм і правил охорони праці при експлуатації систем вентиляції загальноосвітньої школи до винних осіб може бути застосована дисциплінарна, адміністративна або кримінальна відповідальність відповідно до чинного законодавства України.

## **5.7 Заходи для забезпечення пожежної безпеки системи вентиляції**

У відповідності до норм ГОСТ 12.1.004-91 пожежна охорона та безпека будівлі обов'язково має бути здійснена за допомогою організаційно – технічного оснащення та системи протипожежного захисту.

Пожежну безпеку системи вентиляції, кондиціонування та опалення повинні забезпечувати наступні рішення у відповідності до правил та норм протипожежного захисту:

- перекрити всі трубопроводи через протипожежний бар'єр згідно з комплексом 7372-3;
- сигнал «Пожежа» вимикає усі системи вентиляції і кондиціонування;
- у повітроводах, де є перетин з вогнерозподільниками повинно бути передбачено протипожежні канали з нормальною межею вогнестійкості.
- відповідно до ДБН В.2.4-56-2014 для систем пожежної сигналізації використовують сигналізацію УОТС-11 з тепловими та димовими сповіщувачами.
- датчики повинні монтуватися до стелі: основні засоби гасіння пожежі. Вогнегасники ВВ-5 згідно з вимогами ISO 3941-2007 та ДСТУ 3677-98, ящик з піском, лопата, сокира, щільна тканина.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 52   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

Сам проект був створений та введений в експлуатацію, з використанням електродвигунів, проводів та кабелів за використанням ступеня захисту, що відповідає класу зони і має захист від струму, короткого замикання та інших аварійних ситуацій.

## Висновки до розділу 5

Системи вентиляції відіграють важливу роль у забезпеченні сприятливого мікроклімату в приміщеннях загальноосвітніх шкіл. Від їх правильної роботи залежить не лише комфортне перебування учнів та персоналу, але й їхнє здоров'я.

Важливо, щоб системи вентиляції відповідали всім вимогам охорони праці, що викладені в нормативно-правових актах України. Ці вимоги спрямовані на запобігання травмуванню та захворюванням людей, які обслуговують системи вентиляції, а також на забезпечення безпечної експлуатації цих систем.

Для досягнення цієї мети необхідно:

- **Розробити та затвердити інструкції з експлуатації систем вентиляції.** Інструкції повинні містити чіткі та зрозумілі правила експлуатації систем вентиляції, опис заходів безпеки при їх обслуговуванні, а також порядок проведення технічного обслуговування та ремонту.
- **Провести інструктаж персоналу з питань охорони праці при експлуатації систем вентиляції.** Інструктаж повинен проводитися перед початком роботи та періодично, але не рідше одного разу на 6 місяців.
- **Забезпечити персонал засобами індивідуального захисту.** Персонал, який обслуговує системи вентиляції, повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту, такими як респіратори, рукавиці, захисні окуляри тощо.
- **Забезпечити проведення періодичних медичних оглядів персоналу.** Персонал, який обслуговує системи вентиляції, повинен проходити періодичні медичні огляди для виявлення та своєчасного лікування профзахворювань.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 53   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

- **Регулярно проводити технічне обслуговування та ремонт систем вентиляції.** Технічне обслуговування та ремонт систем вентиляції повинні проводитися кваліфікованим персоналом з дотриманням усіх вимог охорони праці.
- **Вести журнал технічного обслуговування та ремонту систем вентиляції.** У журналі повинні фіксуватися дати проведення технічного обслуговування та ремонту систем вентиляції, а також перелік виконаних робіт.

Дотримання цих вимог допоможе забезпечити безпечну експлуатацію систем вентиляції в загальноосвітніх школах та зберегти здоров'я учнів та персоналу.

Окрім вищезазначеного, важливо також:

- **Проводити просвітницьку роботу серед учнів та персоналу школи з питань охорони праці при експлуатації систем вентиляції.** Ця робота може проводитися у формі лекцій, бесід, семінарів тощо.
- **Створити в школі культуру безпечної роботи з системами вентиляції.** Це передбачає наявність чітких правил експлуатації систем вентиляції, дотримання яких повинно стати нормою для всіх працівників школи.
- **Забезпечити постійний контроль за дотриманням вимог охорони праці при експлуатації систем вентиляції.** Цей контроль може здійснюватися як керівництвом школи, так і органами державного нагляду за охороною праці.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 54   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті бакалавра було розроблено та спроектовано систему вентиляції для загальноосвітньої школи в м. Одеса. Згідно з технічним завданням було проведено підбір обладнання для системи вентиляції від заводу українського виробника «ВЕНТС ВУТ» та для кондиціювання «Mitsubishi Electric LTD».

У дипломному проекті бакалавра були виконані такі розрахунки:

Розрахунок повітрообміну приміщень.

Розрахунок надходження тепла від сонячної радіації, від електричного обладнання, вологі від людей у приміщення.

Аеродинамічний розрахунок повітропроводів для системи вентиляції. На основі цих розрахунків було підібрано обладнання для систем вентиляції та кондиціювання, яке забезпечує комфортні умови для навчання дітей та роботи персоналу. Система складається з припливно – витяжної установки.

У розділі з охорони праці розглядаються питання, які стосуються безпеки систем вентиляції в навчально – адміністративних будівлях. Технічні рішення, які були прийняті відповідають санітарним, екологічним та будівельним стандартам. Вони забезпечують безпечне користування та експлуатацію системи вентиляції в будівлях та школах для навчання учнів та праці вчителів.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 55   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Низькоексергетичні опалювальні системи / П.П.Куделя, А.С. Соломаха. – К.:НТУУ «КПІ», 2015. – 153 с.
2. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення вентиляція і кондиціонування». – Чинний від 2014 – 01 – 01. Київ: Інститут «УкрНДІспецбуд», 2014. – 147 с.  
[Електронний ресурс]. – Режим доступу  
<https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>
3. ДБН В.2.2-3:2018 «Будинки і споруди. Заклади освіти». – Чинний від 2018 – 01 – 01. Київ: Проектний інститут по цивільному будівництву «ПАТ "КИЇВЗНДІЕП»», 2018. – 63 с.
4. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]:навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. ІгоряСікорського. – Електронні текстові дані – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.–380 с
5. Онлайн каталог для вибору панельних сталевих радіаторів китайської фірми «Alltermo» [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<https://ek.ua/ua/ALLTERMO-SUPER-BIMETAL.htm>
6. Офіційний сайт обладнання «ВЕНТС ВУТ». Режим доступу:  
<https://vencon.ua/ua/catalog>
7. Посібник користувача «VENTS». Режим доступу: <https://vents-shop.com.ua/images/companies/1/katalog/vue/vue2-250-pasport.pdf>
8. Офіційний сайт обладнання «Mitsubishi Electric». Режим доступу:  
<https://mitsubishielectric-shop.com.ua/kanalnye-kondicionery/>
9. Краснощеков Е.А. Посібник з теплопередачі: Навч. Посібник для вузів/ Е.А Краснощеков, А.С Сукомел – М.: «Енергія», 1980. – 288 с.;
10. Сайт обладнання «Grundfos». Режим доступу: [https://vik-21.com.ua/catalog/tsirkulyatsionnye\\_nasosy\\_flantsevy\\_e\\_serii\\_200/](https://vik-21.com.ua/catalog/tsirkulyatsionnye_nasosy_flantsevy_e_serii_200/)
11. Правила експлуатації систем вентиляції. Режим доступу:  
<https://ips.ligazakon.net/document/RE17004>.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТП 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 56   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

12. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до умов праці".

Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/RE20561>.

13. ДБН В.2.6-31:2016 «ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ БУДІВЕЛЬ». Чинний від 2017 - 05-01. – Київ: Мінрегіон України, 2017. – 31 с.

|     |      |          |        |      |                |      |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
|     |      |          |        |      | ТІ 01 49 09 ПЗ | Лист |
|     |      |          |        |      |                | 57   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## Додаток А – Розрахунок повітрообміну приміщень

Таблиця А.1 – Розрахунок повітрообміну приміщень (1 поверх).

| №   | Найменування    | Площа,<br>м <sup>2</sup> | Об'єм,<br>м <sup>3</sup> | Припливна вентиляція      |                         |              | Витяжна вентиляція        |                         |              | Кількість<br>людей |
|-----|-----------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------|--------------|--------------------|
|     |                 |                          |                          | V,<br>м <sup>3</sup> /год | V,<br>м <sup>3</sup> /с | №<br>системи | V,<br>м <sup>3</sup> /год | V,<br>м <sup>3</sup> /с | №<br>системи |                    |
| 103 | Клас            | 47                       | 136                      | 453,6                     | 0,126                   | П1           | 453,6                     | 0,126                   | В1           | 18                 |
| 104 | Клас            | 48                       | 139                      | 478,8                     | 0,133                   | П1           | 478,8                     | 0,133                   | В1           | 19                 |
| 105 | Клас            | 95                       | 276                      | 882,0                     | 0,245                   | П1           | 882,0                     | 0,245                   | В1           | 35                 |
| 106 | Клас            | 48                       | 139                      | 478,8                     | 0,133                   | П1           | 478,8                     | 0,133                   | В1           | 19                 |
| 108 | Клас            | 89                       | 258                      | 882,0                     | 0,245                   | П1           | 882,0                     | 0,245                   | В1           | 35                 |
| 111 | Зона відпочинку | 38                       | 110                      | 378,0                     | 0,105                   | П1           | 378,0                     | 0,105                   | В1           | 15                 |
| 115 | Клас            | 115                      | 334                      | 1008,0                    | 0,28                    | П1           | 1008,0                    | 0,28                    | В1           | 40                 |
| 116 | Переговорна     | 32                       | 93                       | 327,6                     | 0,091                   | П1           | 327,6                     | 0,091                   | В1           | 13                 |
| 117 | Клас            | 49                       | 142                      | 478,8                     | 0,133                   | П1           | 478,8                     | 0,133                   | В1           | 19                 |
| 121 | Столова         | 142                      | 412                      | 1260,0                    | 0,35                    | П1           | 1260,0                    | 0,35                    | В1           | 50                 |
| 122 | Клас            | 22                       | 64                       | 252,0                     | 0,07                    | П1           | 252,0                     | 0,07                    | В1           | 10                 |
| 123 | Переговорна     | 42                       | 122                      | 352,8                     | 0,098                   | П1           | 352,8                     | 0,098                   | В1           | 14                 |
| 127 | Офіс            | 15                       | 44                       | 151,2                     | 0,042                   | П1           | 151,2                     | 0,042                   | В1           | 6                  |
| 126 | Адміністрація   | 16                       | 46                       | 151,2                     | 0,042                   | П1           | 151,2                     | 0,042                   | В1           | 6                  |

Таблиця А.2 – Розрахунок повітрообміну приміщень (2 поверх).

| №   | Найменування            | Площа,<br>м <sup>2</sup> | Об'єм,<br>м <sup>3</sup> | Припливна вентиляція      |                         |              | Витяжна вентиляція     |                         |              | Кількість<br>людей |
|-----|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------|------------------------|-------------------------|--------------|--------------------|
|     |                         |                          |                          | V,<br>м <sup>3</sup> /год | V,<br>м <sup>3</sup> /с | №<br>системи | V, м <sup>3</sup> /год | V,<br>м <sup>3</sup> /с | №<br>системи |                    |
| 202 | Клас                    | 31                       | 90                       | 302,4                     | 0,084                   | П2           | 302,4                  | 0,084                   | В2           | 12                 |
| 203 | Комп'ютерний<br>кабінет | 32                       | 93                       | 327,6                     | 0,091                   | П2           | 327,6                  | 0,091                   | В2           | 13                 |
| 204 | Клас                    | 48                       | 139                      | 478,8                     | 0,133                   | П2           | 478,8                  | 0,133                   | В2           | 19                 |
| 205 | Клас                    | 32                       | 93                       | 327,6                     | 0,091                   | П2           | 327,6                  | 0,091                   | В2           | 13                 |
| 206 | Кабінет відпочинку      | 32                       | 93                       | 327,6                     | 0,091                   | П2           | 327,6                  | 0,091                   | В2           | 13                 |
| 207 | Клас                    | 32                       | 93                       | 327,6                     | 0,091                   | П2           | 327,6                  | 0,091                   | В2           | 13                 |
| 208 | Клас                    | 48                       | 139                      | 478,8                     | 0,133                   | П2           | 478,8                  | 0,133                   | В2           | 19                 |
| 209 | Комп'ютерний<br>кабінет | 71                       | 206                      | 529,2                     | 0,147                   | П2           | 529,2                  | 0,147                   | В2           | 21                 |
| 212 | Кабінет відпочинку      | 38                       | 110                      | 378,0                     | 0,105                   | П2           | 378                    | 0,105                   | В2           | 15                 |
| 218 | Клас                    | 84                       | 244                      | 756,0                     | 0,21                    | П2           | 756                    | 0,21                    | В2           | 30                 |
| 219 | Бібліотека              | 119                      | 345                      | 1008,0                    | 0,28                    | П2           | 1008                   | 0,28                    | В2           | 40                 |
| 221 | Клас                    | 41                       | 119                      | 352,8                     | 0,098                   | П2           | 352,8                  | 0,098                   | В2           | 14                 |
| 222 | Комп'ютерний<br>кабінет | 55                       | 160                      | 504,0                     | 0,14                    | П2           | 504                    | 0,14                    | В2           | 20                 |
| 223 | Зона відпочинку         | 123                      | 357                      | 1134,0                    | 0,315                   | П2           | 1134                   | 0,315                   | В2           | 45                 |
| 224 | Кафетерія               | 35                       | 102                      | 327,6                     | 0,091                   | П2           | 327,6                  | 0,091                   | В2           | 13                 |
| 228 | Кабінет друку           | 12                       | 35                       | 126,0                     | 0,035                   | П2           | 126                    | 0,035                   | В2           | 5                  |
| 229 | Адміністрація           | 40                       | 116                      | 378,0                     | 0,105                   | П2           | 378                    | 0,105                   | В2           | 15                 |
| 230 | Офіс                    | 15                       | 44                       | 151,2                     | 0,042                   | П2           | 151,2                  | 0,042                   | В2           | 6                  |
| 231 | Офіс                    | 25                       | 73                       | 252,0                     | 0,07                    | П2           | 252                    | 0,07                    | В2           | 10                 |

Таблиця А.3 – Розрахунок повітрообміну приміщень (3 поверх).

| №   | Найменування       | Площа,<br>м <sup>2</sup> | Об'єм,<br>м <sup>3</sup> | Припливна вентиляція      |                         |              | Витяжна вентиляція     |                         |              | Кількість<br>людей |
|-----|--------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------|------------------------|-------------------------|--------------|--------------------|
|     |                    |                          |                          | V,<br>м <sup>3</sup> /год | V,<br>м <sup>3</sup> /с | №<br>системи | V, м <sup>3</sup> /год | V,<br>м <sup>3</sup> /с | №<br>системи |                    |
| 302 | Клас               | 80                       | 232                      | 756,0                     | 0,21                    | ПЗ           | 756                    | 0,21                    | ВЗ           | 30                 |
| 303 | Клас               | 64                       | 186                      | 604,8                     | 0,168                   | ПЗ           | 604,8                  | 0,168                   | ВЗ           | 24                 |
| 304 | Клас               | 48                       | 139                      | 478,8                     | 0,133                   | ПЗ           | 478,8                  | 0,133                   | ВЗ           | 19                 |
| 305 | Клас               | 64                       | 186                      | 630,0                     | 0,175                   | ПЗ           | 630                    | 0,175                   | ВЗ           | 25                 |
| 306 | Клас               | 73                       | 212                      | 655,2                     | 0,182                   | ПЗ           | 655,2                  | 0,182                   | ВЗ           | 26                 |
| 309 | Кабінет відпочинку | 38                       | 110                      | 378,0                     | 0,105                   | ПЗ           | 378                    | 0,105                   | ВЗ           | 15                 |
| 313 | Клас               | 77                       | 223                      | 730,8                     | 0,203                   | ПЗ           | 730,8                  | 0,203                   | ВЗ           | 29                 |
| 314 | Клас               | 81                       | 235                      | 781,2                     | 0,217                   | ПЗ           | 781,2                  | 0,217                   | ВЗ           | 31                 |
| 315 | Клас               | 49                       | 142                      | 453,6                     | 0,126                   | ПЗ           | 453,6                  | 0,126                   | ВЗ           | 18                 |
| 319 | Клас               | 44                       | 128                      | 428,4                     | 0,119                   | ПЗ           | 428,4                  | 0,119                   | ВЗ           | 17                 |
| 320 | Клас               | 53                       | 154                      | 504,0                     | 0,14                    | ПЗ           | 504                    | 0,14                    | ВЗ           | 20                 |
| 321 | Переговорна        | 126                      | 365                      | 1134,0                    | 0,315                   | ПЗ           | 1134                   | 0,315                   | ВЗ           | 45                 |
| 322 | Директорська       | 59                       | 171                      | 554,4                     | 0,154                   | ПЗ           | 554,4                  | 0,154                   | ВЗ           | 22                 |
| 324 | Клас               | 50                       | 145                      | 504,0                     | 0,14                    | ПЗ           | 504                    | 0,14                    | ВЗ           | 20                 |
| 325 | Переговорна        | 60                       | 174                      | 579,6                     | 0,161                   | ПЗ           | 579,6                  | 0,161                   | ВЗ           | 23                 |

## Додаток Б – Надходження теплоти та вологи в приміщення школи

Таблиця Б.1 – Надходження теплоти та вологи (1 поверх).

| №   | F <sub>вік</sub> , м <sup>2</sup> | Орієнтація | q, Вт/м <sup>2</sup> | Q <sub>с.р</sub> , кВт | n <sub>людей</sub> | Q <sub>л</sub> , кВт | n <sub>комп</sub> , шт | Q <sub>с.о.</sub> , кВт | W, кг/с   |
|-----|-----------------------------------|------------|----------------------|------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|-----------|
| 103 | 14,5                              | Пн         | 114                  | 1,041                  | 18                 | 1,682                | 1                      | 13,85                   | 0,000227  |
| 104 | 15                                | Пн         | 114                  | 1,077                  | 19                 | 1,767                | 1                      | 13,85                   | 0,000238  |
| 105 | 30                                | Пн         | 114                  | 2,155                  | 35                 | 3,192                | 1                      | 21,45                   | 0,000435  |
| 106 | 15                                | Пн         | 114                  | 1,077                  | 19                 | 1,789                | 1                      | 13,85                   | 0,000244  |
| 108 | 27,5                              | Пн         | 114                  | 1,975                  | 35                 | 3,148                | 1                      | 19,55                   | 0,000432  |
| 115 | 59                                | Пн+Сх      | 19,76                | 0,734                  | 40                 | 3,507                | 1                      | 26,2                    | 0,000481  |
| 116 | 10                                | Сх         | 19                   | 0,120                  | 13                 | 1,214                | 2                      | 19,15                   | 0,000165  |
| 117 | 15                                | Сх         | 19                   | 0,180                  | 19                 | 1,789                | 1                      | 14,8                    | 0,000244  |
| 121 | 56,25                             | Сх+Пд      | 19                   | 0,637                  | 50                 | 4,728                | 0                      | 28,5                    | 0,000639  |
| 122 | 5                                 | Пд         | 20,52                | 0,065                  | 10                 | 0,959                | 1                      | 12,9                    | 0,00013   |
| 123 | 11,5                              | Пд         | 20,52                | 0,149                  | 14                 | 1,365                | 3                      | 28,25                   | 0,000186  |
| 127 | 3,7                               | Пд         | 20,52                | 0,048                  | 6                  | 0,576                | 5                      | 37,9                    | 0,0000794 |
| 126 | 2,5                               | Пд         | 20,52                | 0,032                  | 6                  | 0,576                | 2                      | 16,3                    | 0,0000794 |

Таблиця Б.2 – Надходження теплоти та вологи (2 поверх).

| №   | F <sub>вік</sub> , м <sup>2</sup> | Орієнтація | q, Вт/м <sup>2</sup> | Q <sub>с.р.</sub> , кВт | n <sub>людей</sub> | Q <sub>л</sub> , кВт | n <sub>комп</sub> , шт | Q <sub>с.о.</sub> , кВт | W, кг/с   |
|-----|-----------------------------------|------------|----------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|-----------|
| 202 | 9,5                               | Пн         | 114                  | 0,682                   | 12                 | 1,129                | 1                      | 11,95                   | 0,000153  |
| 203 | 10                                | Пн         | 114                  | 0,718                   | 13                 | 1,214                | 10                     | 76,75                   | 0,000165  |
| 204 | 15                                | Пн         | 114                  | 1,077                   | 19                 | 1,767                | 1                      | 13,85                   | 0,000238  |
| 205 | 10                                | Пн         | 114                  | 0,718                   | 13                 | 1,214                | 1                      | 11,95                   | 0,000165  |
| 206 | 10                                | Пн         | 114                  | 0,718                   | 13                 | 1,214                | 1                      | 12,9                    | 0,000165  |
| 207 | 10                                | Пн         | 114                  | 0,718                   | 13                 | 1,214                | 1                      | 12,9                    | 0,000165  |
| 208 | 15                                | Пн         | 114                  | 1,077                   | 19                 | 1,833                | 2                      | 22                      | 0,000248  |
| 209 | 17,5                              | Пн         | 114                  | 1,257                   | 21                 | 1,893                | 15                     | 117,5                   | 0,000259  |
| 218 | 49                                | Пн+Сх      | 19,76                | 0,61                    | 30                 | 2,701                | 1                      | 18,6                    | 0,000367  |
| 219 | 35                                | Сх         | 19                   | 0,419                   | 40                 | 3,507                | 5                      | 59,75                   | 0,000481  |
| 222 | 15                                | Сх         | 19                   | 0,18                    | 20                 | 1,808                | 17                     | 138,55                  | 0,000247  |
| 223 | 56,25                             | Сх+Пд      | 19                   | 0,673                   | 45                 | 4,041                | 9                      | 93,3                    | 0,000552  |
| 224 | 7                                 | Пд         | 20,52                | 0,09                    | 13                 | 1,214                | 0                      | 4,75                    | 0,000165  |
| 228 | 5                                 | Пд         | 20,52                | 0,065                   | 5                  | 0,425                | 2                      | 17,25                   | 0,0000586 |
| 229 | 12,5                              | Пд         | 20,52                | 0,162                   | 15                 | 1,34                 | 3                      | 29,2                    | 0,000185  |
| 230 | 4,5                               | Пд         | 20,52                | 0,058                   | 6                  | 0,553                | 2                      | 18,2                    | 0,0000736 |
| 231 | 9                                 | Пд         | 20,52                | 0,116                   | 10                 | 0,893                | 5                      | 41,7                    | 0,000121  |

Таблиця Б.3 – Надходження теплоти та вологи (3 поверх).

| №   | F <sub>вік</sub> , м <sup>2</sup> | Орієнтація | q, Вт/м <sup>2</sup> | Q <sub>с.р.</sub> , кВт | n <sub>людей</sub> | Q <sub>л</sub> , кВт | n <sub>комп</sub> , шт | Q <sub>е.о.</sub> , кВт | W, кг/с  |
|-----|-----------------------------------|------------|----------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|----------|
| 302 | 24,5                              | ПН         | 114                  | 1,76                    | 30                 | 2,724                | 1                      | 21,45                   | 0,000373 |
| 303 | 20                                | ПН         | 114                  | 1,436                   | 24                 | 2,257                | 1                      | 18,6                    | 0,000306 |
| 304 | 15                                | ПН         | 114                  | 1,077                   | 19                 | 1,723                | 1                      | 15,75                   | 0,000235 |
| 305 | 20                                | ПН         | 114                  | 1,436                   | 25                 | 2,233                | 1                      | 18,6                    | 0,000305 |
| 306 | 22,5                              | ПН         | 114                  | 1,616                   | 26                 | 2,318                | 1                      | 20,5                    | 0,000317 |
| 313 | 44                                | ПН+СХ      | 19,76                | 0,548                   | 29                 | 2,595                | 1                      | 19,55                   | 0,000385 |
| 314 | 25                                | СХ         | 19                   | 0,299                   | 31                 | 2,743                | 1                      | 22,4                    | 0,000376 |
| 315 | 15                                | СХ         | 19                   | 0,18                    | 18                 | 1,616                | 1                      | 16,7                    | 0,000218 |
| 321 | 41,75                             | СХ+ПД      | 19                   | 0,5                     | 45                 | 6,229                | 10                     | 96,7                    | 0,000793 |
| 322 | 9,3                               | ПД         | 20,52                | 0,12                    | 22                 | 2,131                | 2                      | 29,6                    | 0,000286 |
| 324 | 7,2                               | ПД         | 20,52                | 0,093                   | 20                 | 2,027                | 1                      | 20,5                    | 0,000272 |
| 325 | 13                                | ПД         | 20,52                | 0,168                   | 23                 | 2,129                | 5                      | 52,15                   | 0,000291 |

## Додаток В – Схеми мереж повітроводів систем вентиляції школи

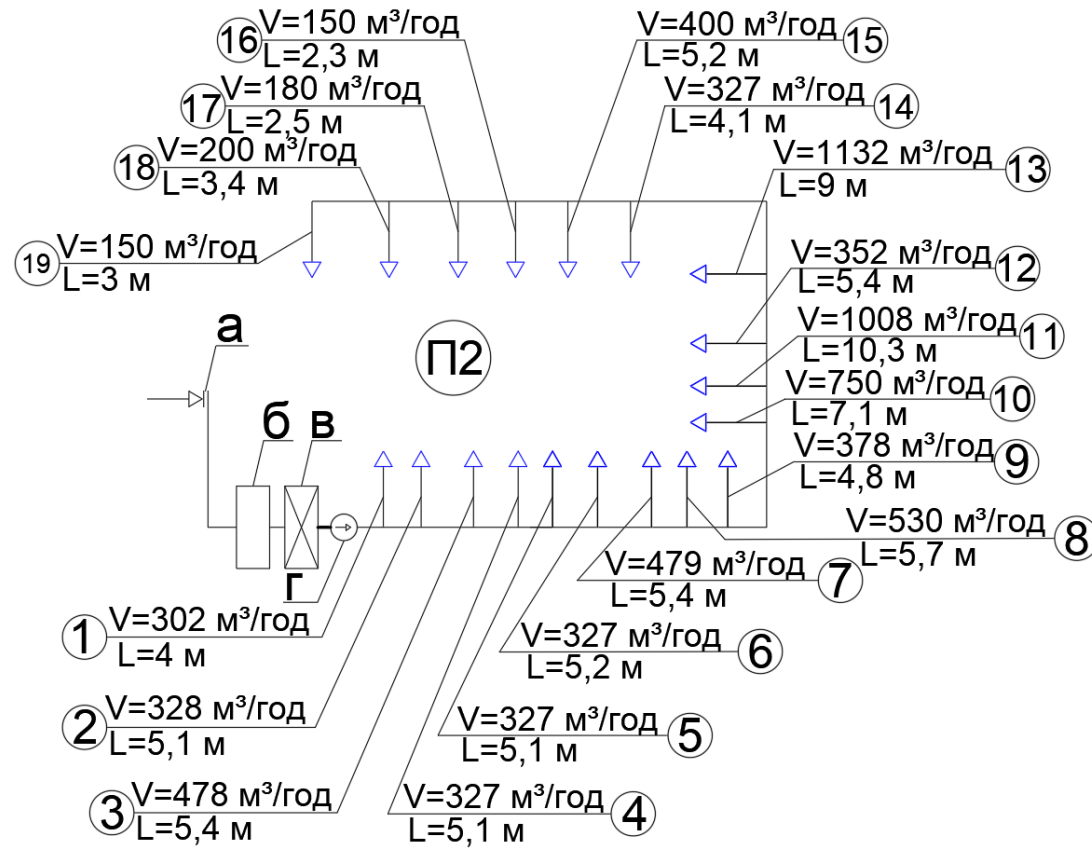


Рис. В.1 – Схема мережі повітроводів припливної системи П2

а – повітрозабірний пристрій (ПП); б – повітряний фільтр; в – калорифер для нагрівання повітря; г – припливний вентилятор; 1 – 19 – номери ділянок

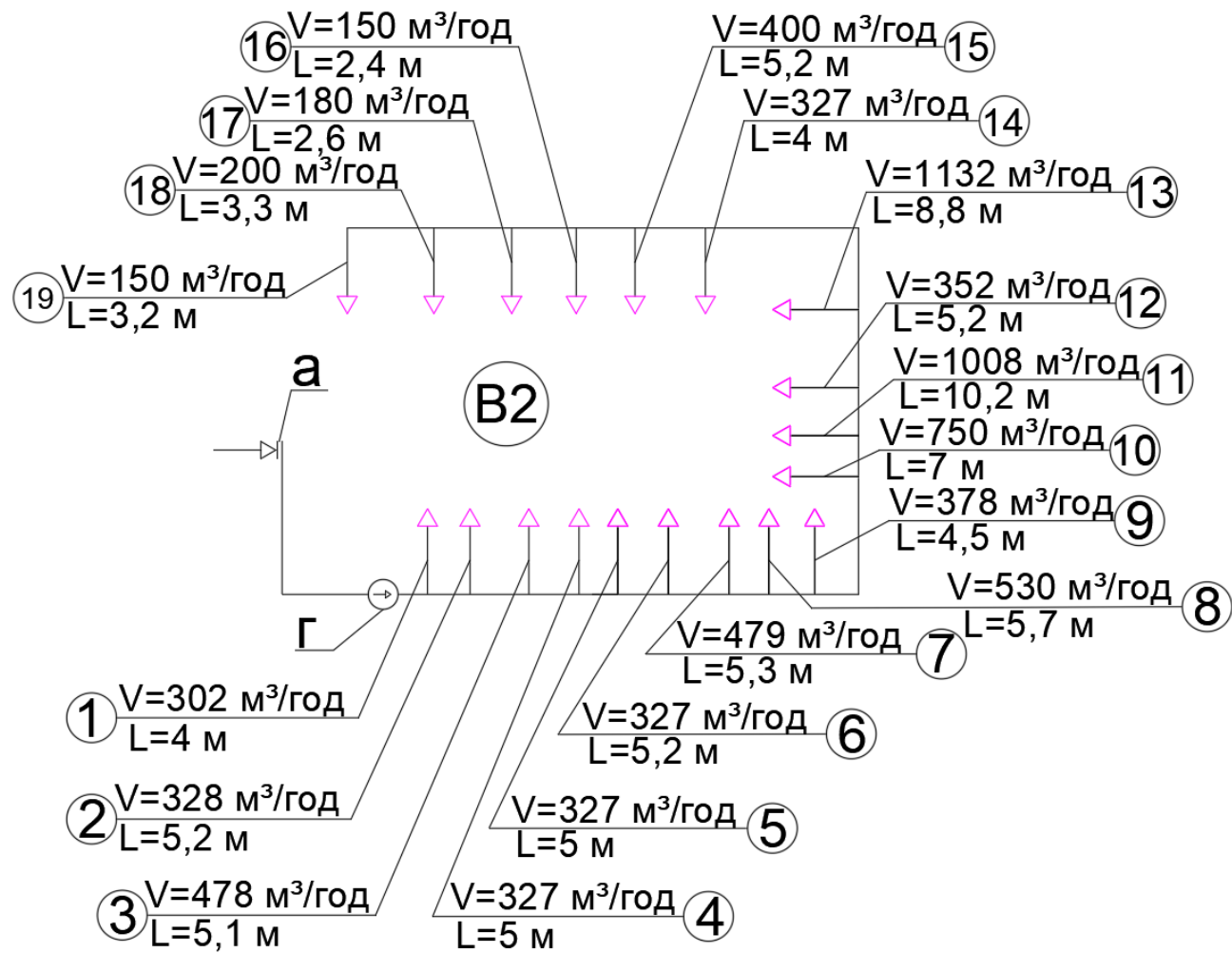


Рис. В.2 – Схема мережі повітроводів витяжної системи В2

а – повітрозабірний пристрій (ПП); г – витяжний вентилятор; 1 – 19 – номери ділянок.

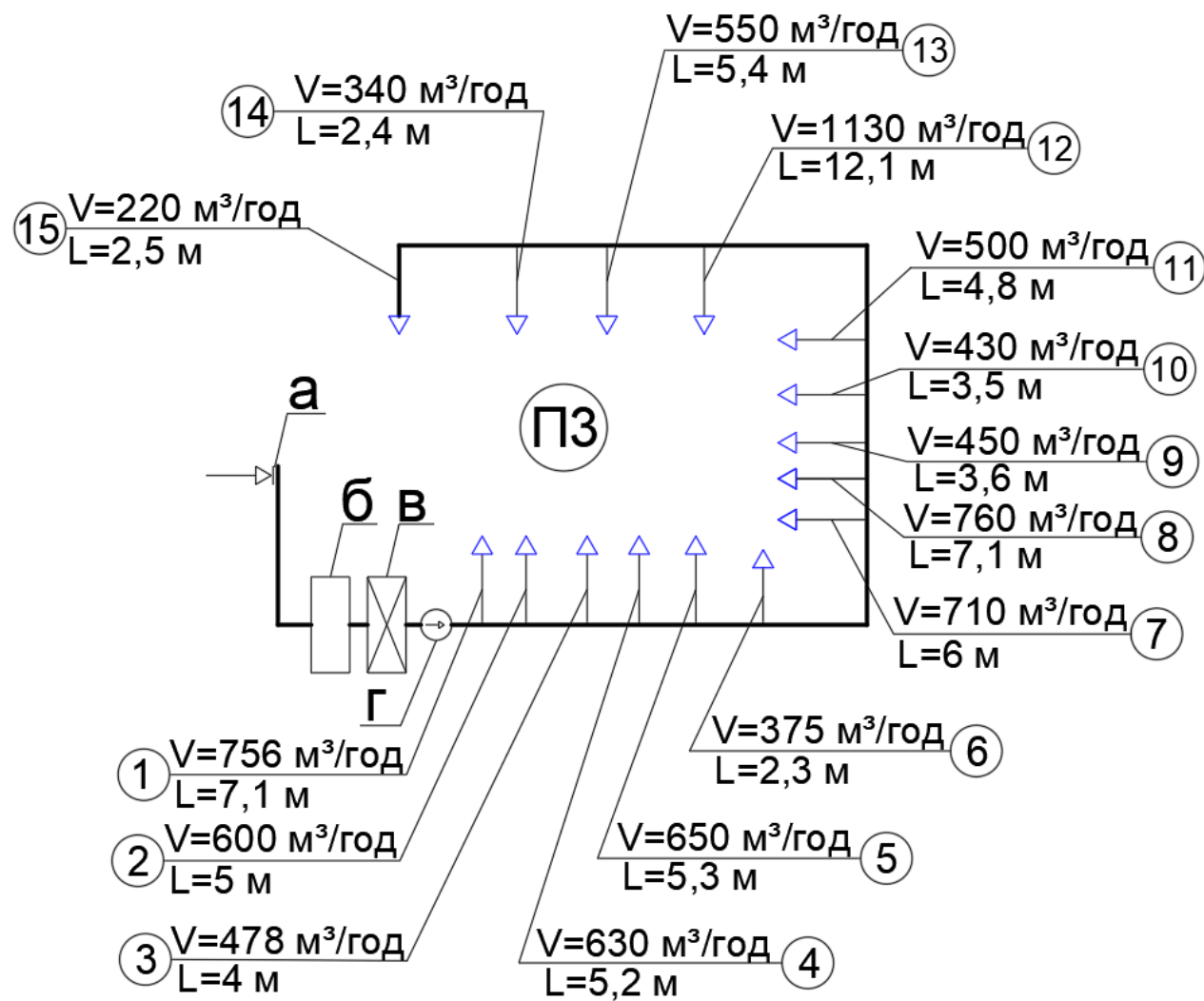


Рис. В.3 – Схема мережі повітроводів припливної системи ПЗ

а – повітрозабірний пристрій (ПП); б – повітряний фільтр; в – калорифер для нагрівання повітря; г – припливний вентилятор; 1 – 15 – номери ділянок

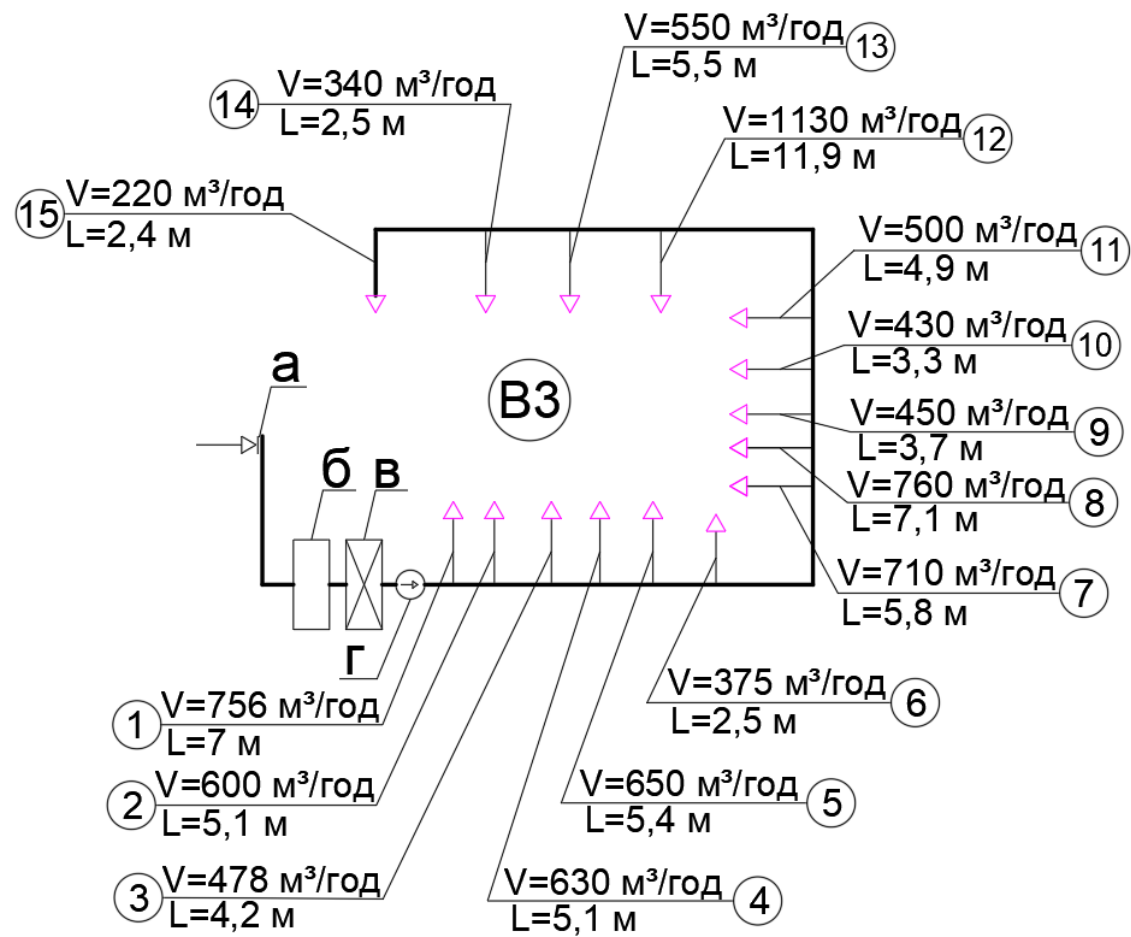


Рис. В.4 – Схема мережі повітроводів витяжної системи В3

а – повітрозабірний пристрій (ПП); г – витяжний вентилятор; 1 – 15 – номери ділянок.

## Додаток Г – Аеродинамічний розрахунок повітроводів школи

Таблиця Г.1 – Аеродинамічний розрахунок системи П1

| №  | Кількість повітря L, м³/год | Довжина, м | Швидкість, м/с | Геометричні розміри повітропроводу |       |       |       | Опір тертя R, Па/м | Коеф. опору тертя, λ | Опір на ділянці, R•l | Втрати на місцеві опори, Z | Σ ξ  | Опір всієї мережі ΔРм, Па |
|----|-----------------------------|------------|----------------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|------|---------------------------|
|    |                             |            |                | F, м²                              | a, мм | b, мм | d, мм |                    |                      |                      |                            |      |                           |
| 1  | 454                         | 5,4        | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 34,61                | 37,67                      | 1,48 | 72,29                     |
| 2  | 889                         | 9,6        | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 25,15                | 79,17                      | 3,11 | 104,32                    |
| 3  | 512                         | 5,8        | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,45               | 0,0338               | 37,40                | 25,20                      | 0,99 | 62,60                     |
| 4  | 595                         | 6,1        | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 15,98                | 119,39                     | 4,69 | 135,37                    |
| 5  | 732                         | 5,9        | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 27,62                | 63,89                      | 2,51 | 91,52                     |
| 6  | 438                         | 8,3        | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 38,86                | 19,09                      | 0,75 | 57,95                     |
| 7  | 941                         | 5,1        | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 13,74                | 129,31                     | 5,08 | 143,06                    |
| 8  | 467                         | 6,2        | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 29,03                | 62,11                      | 2,44 | 91,14                     |
| 9  | 670                         | 7,5        | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 19,65                | 103,35                     | 4,06 | 123,00                    |
| 10 | 1260                        | 12,8       | 6,5            | 0,12                               | 600   | 200   | 300   | 2,33               | 0,0274               | 29,77                | 58,80                      | 2,31 | 88,57                     |
| 11 | 315                         | 4,2        | 6,5            | 0,0225                             | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 23,23                | 87,57                      | 3,44 | 110,80                    |
| 12 | 350                         | 6,5        | 6,5            | 0,0225                             | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 35,96                | 31,56                      | 1,24 | 67,52                     |
| 13 | 180                         | 8          | 6,5            | 0,0225                             | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 44,26                | 29,02                      | 1,14 | 73,28                     |
|    |                             |            |                |                                    |       |       |       |                    |                      |                      |                            |      | 1221,42                   |

Таблиця Г.2 – Аеродинамічний розрахунок системи В1

| №  | Кількість повітря L, м³/год | Довжина l, м | Швидкість, м/с | Геометричні розміри повітропроводу |       |       |       | Опір тертя R, Па/м | Коеф. опору тертя, λ | Опір на ділянці, R•l | Втрати на місцеві опори, Z | Σ ξ  | Опір всієї мережі ΔРм, Па |
|----|-----------------------------|--------------|----------------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|------|---------------------------|
|    |                             |              |                | F, м²                              | a, мм | b, мм | d, мм |                    |                      |                      |                            |      |                           |
| 1  | 454                         | 5,2          | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 33,33                | 41,24                      | 1,62 | 74,57                     |
| 2  | 889                         | 9,7          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 25,41                | 79,17                      | 3,11 | 104,58                    |
| 3  | 512                         | 5,8          | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,45               | 0,0338               | 37,40                | 26,22                      | 1,03 | 63,62                     |
| 4  | 595                         | 5,7          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 14,93                | 115,82                     | 4,55 | 130,76                    |
| 5  | 732                         | 5,9          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 27,62                | 63,89                      | 2,51 | 91,52                     |
| 6  | 438                         | 8,3          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 38,86                | 19,09                      | 0,75 | 57,95                     |
| 7  | 941                         | 5,3          | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 14,28                | 107,93                     | 4,24 | 122,21                    |
| 8  | 467                         | 6            | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 28,09                | 62,11                      | 2,44 | 90,20                     |
| 9  | 670                         | 7,8          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 20,44                | 103,35                     | 4,06 | 123,79                    |
| 10 | 1260                        | 13,2         | 6,5            | 0,12                               | 600   | 200   | 300   | 2,33               | 0,0274               | 30,70                | 58,80                      | 2,31 | 89,51                     |
| 11 | 315                         | 4,5          | 6,5            | 0,0225                             | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 24,89                | 83,75                      | 3,29 | 108,64                    |
| 12 | 350                         | 6,3          | 6,5            | 0,0225                             | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 34,85                | 30,80                      | 1,21 | 65,65                     |
| 13 | 180                         | 7,6          | 6,5            | 0,0225                             | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 42,04                | 27,75                      | 1,09 | 69,79                     |
|    |                             |              |                |                                    |       |       |       |                    |                      |                      |                            |      | 1192,79                   |

Таблиця Г.3 – Аеродинамічний розрахунок системи П2

| №  | Кількість повітря L, м³/год | Довжина l, м | Швидкість, м/с | Геометричні розміри повітропроводу |       |       |       | Опір тертя R, Па/м | Коеф. опору тертя, λ | Опір на ділянці, R•l | Втрати на місцеві опори, Z | Σ ξ  | Опір всієї мережі ΔРм, Па |
|----|-----------------------------|--------------|----------------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|------|---------------------------|
|    |                             |              |                | F, м²                              | a, мм | b, мм | d, мм |                    |                      |                      |                            |      |                           |
| 1  | 302                         | 4            | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 10,48                | 53,5                       | 2,1  | 63,94                     |
| 2  | 328                         | 5,1          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 23,88                | 79,2                       | 3,11 | 103,05                    |
| 3  | 478                         | 5,4          | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 34,61                | 30,8                       | 1,21 | 65,42                     |
| 4  | 327                         | 5,1          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 23,88                | 61,1                       | 2,4  | 84,97                     |
| 5  | 327                         | 5,1          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 23,88                | 81,5                       | 3,2  | 105,34                    |
| 6  | 327                         | 5,2          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 24,35                | 82,7                       | 3,25 | 107,08                    |
| 7  | 479                         | 5,4          | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 34,61                | 30,8                       | 1,21 | 65,42                     |
| 8  | 530                         | 5,7          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 14,93                | 70,0                       | 2,75 | 84,94                     |
| 9  | 378                         | 4,8          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 12,58                | 86,5                       | 3,4  | 99,13                     |
| 10 | 750                         | 7,1          | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 19,13                | 94,7                       | 3,72 | 113,83                    |
| 11 | 1008                        | 10,3         | 6,5            | 0,12                               | 600   | 200   | 300   | 2,33               | 0,0274               | 23,96                | 81,5                       | 3,2  | 105,42                    |
| 12 | 352                         | 5,4          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 25,28                | 78,7                       | 3,09 | 103,94                    |
| 13 | 1132                        | 9            | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 24,25                | 83,2                       | 3,27 | 107,49                    |
| 14 | 327                         | 4,1          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 19,20                | 76,4                       | 3    | 95,56                     |
| 15 | 400                         | 5,2          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 13,62                | 124,7                      | 4,9  | 138,36                    |
| 16 | 150                         | 2,3          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 12,72                | 84,0                       | 3,3  | 96,73                     |
| 17 | 180                         | 2,5          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 13,83                | 81,5                       | 3,2  | 95,29                     |
| 18 | 200                         | 3,4          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 18,81                | 73,8                       | 2,9  | 92,63                     |
| 19 | 150                         | 3            | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 16,60                | 71,3                       | 2,8  | 87,87                     |
|    |                             |              |                |                                    |       |       |       |                    |                      |                      |                            |      | 1816,38                   |

Таблиця Г.4 – Аеродинамічний розрахунок системи В2

| №  | Кількість повітря L, м³/год | Довжина l, м | Швидкість, м/с | Геометричні розміри повітропроводу |       |       |       | Опір тертя R, Па/м | Коеф. опору тертя, λ | Опір на ділянці, R•l | Втрати на місцеві опори, Z | Σ ξ  | Опір всієї мережі ΔРм, Па |
|----|-----------------------------|--------------|----------------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|------|---------------------------|
|    |                             |              |                | F, м²                              | a, мм | b, мм | d, мм |                    |                      |                      |                            |      |                           |
| 1  | 302                         | 4            | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 10,48                | 50,91                      | 2    | 61,39                     |
| 2  | 328                         | 5,2          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 24,35                | 78,15                      | 3,07 | 102,50                    |
| 3  | 478                         | 5,1          | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 32,69                | 30,80                      | 1,21 | 63,49                     |
| 4  | 327                         | 5            | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 23,41                | 61,09                      | 2,4  | 84,50                     |
| 5  | 327                         | 5            | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 23,41                | 81,46                      | 3,2  | 104,87                    |
| 6  | 327                         | 5,2          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 24,35                | 82,73                      | 3,25 | 107,08                    |
| 7  | 479                         | 5,3          | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 33,97                | 30,80                      | 1,21 | 64,77                     |
| 8  | 530                         | 5,7          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 14,93                | 70,00                      | 2,75 | 84,94                     |
| 9  | 378                         | 4,5          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 11,79                | 86,55                      | 3,4  | 98,34                     |
| 10 | 750                         | 7            | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 18,86                | 90,11                      | 3,54 | 108,98                    |
| 11 | 1008                        | 10,2         | 6,5            | 0,12                               | 600   | 200   | 300   | 2,33               | 0,0274               | 23,72                | 81,46                      | 3,2  | 105,18                    |
| 12 | 352                         | 5,2          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 24,35                | 78,66                      | 3,09 | 103,00                    |
| 13 | 1132                        | 8,8          | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 23,71                | 83,24                      | 3,27 | 106,95                    |
| 14 | 327                         | 4            | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 18,73                | 78,91                      | 3,1  | 97,64                     |
| 15 | 400                         | 5,2          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 13,62                | 124,73                     | 4,9  | 138,36                    |
| 16 | 150                         | 2,4          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 13,28                | 78,91                      | 3,1  | 92,19                     |
| 17 | 180                         | 2,6          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 14,38                | 81,46                      | 3,2  | 95,84                     |
| 18 | 200                         | 3,3          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 18,26                | 70,00                      | 2,75 | 88,26                     |
| 19 | 150                         | 3,2          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 17,70                | 71,28                      | 2,8  | 88,98                     |
|    |                             |              |                |                                    |       |       |       |                    |                      |                      |                            |      | 1797,27                   |

Таблиця Г.5 – Аеродинамічний розрахунок системи ПЗ

| №  | Кількість повітря L, м³/год | Довжина l, м | Швидкість, м/с | Геометричні розміри повітропроводу |       |       |       | Опір тертя R, Па/м | Коеф. опору тертя, λ | Опір на ділянці, R•l | Втрати на місцеві опори, Z | Σ ξ  | Опір всієї мережі ΔРм, Па |
|----|-----------------------------|--------------|----------------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|------|---------------------------|
|    |                             |              |                | F, м²                              | a, мм | b, мм | d, мм |                    |                      |                      |                            |      |                           |
| 1  | 756                         | 7,1          | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 19,13                | 70,0                       | 2,75 | 89,14                     |
| 2  | 600                         | 5            | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 13,10                | 58,5                       | 2,3  | 71,65                     |
| 3  | 478                         | 4            | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 25,64                | 82,5                       | 3,24 | 108,12                    |
| 4  | 630                         | 5,2          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 13,62                | 59,6                       | 2,34 | 73,19                     |
| 5  | 650                         | 5,3          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 13,89                | 60,1                       | 2,36 | 73,96                     |
| 6  | 375                         | 2,3          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 10,77                | 54,0                       | 2,12 | 64,73                     |
| 7  | 710                         | 6            | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 15,72                | 63,4                       | 2,49 | 79,11                     |
| 8  | 760                         | 7,1          | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 19,13                | 70,0                       | 2,75 | 89,14                     |
| 9  | 450                         | 3,6          | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 23,08                | 77,6                       | 3,05 | 100,72                    |
| 10 | 430                         | 3,5          | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 22,44                | 76,4                       | 3    | 98,80                     |
| 11 | 500                         | 4,8          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 12,58                | 57,5                       | 2,26 | 70,11                     |
| 12 | 1130                        | 12,1         | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 32,61                | 96,0                       | 3,77 | 128,57                    |
| 13 | 550                         | 5,4          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 14,15                | 60,6                       | 2,38 | 74,73                     |
| 14 | 340                         | 2,4          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 13,28                | 58,8                       | 2,31 | 72,08                     |
| 15 | 220                         | 2,5          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 13,83                | 59,8                       | 2,35 | 73,65                     |
|    |                             |              |                |                                    |       |       |       |                    |                      |                      |                            |      | 1267,69                   |

Таблиця Г.6 – Аеродинамічний розрахунок системи ВЗ

| №  | Кількість повітря L, м³/год | Довжина l, м | Швидкість, м/с | Геометричні розміри повітропроводу |       |       |       | Опір тертя R, Па/м | Коеф. опору тертя, λ | Опір на ділянці, R•l | Втрати на місцеві опори, Z | Σ ξ  | Опір всієї мережі, ΔРм, Па |
|----|-----------------------------|--------------|----------------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|------|----------------------------|
|    |                             |              |                | F, м²                              | a, мм | b, мм | d, мм |                    |                      |                      |                            |      |                            |
| 1  | 756                         | 7            | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 18,86                | 68,7                       | 2,7  | 87,59                      |
| 2  | 600                         | 5,1          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 13,36                | 53,5                       | 2,1  | 66,82                      |
| 3  | 478                         | 4,2          | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 26,92                | 82,0                       | 3,22 | 108,89                     |
| 4  | 630                         | 5,1          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 13,36                | 59,6                       | 2,34 | 72,93                      |
| 5  | 650                         | 5,4          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 14,15                | 59,6                       | 2,34 | 73,72                      |
| 6  | 375                         | 2,5          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 200   | 171   | 4,68               | 0,0315               | 11,71                | 53,5                       | 2,1  | 65,16                      |
| 7  | 710                         | 5,8          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 15,20                | 59,8                       | 2,35 | 75,02                      |
| 8  | 760                         | 7,1          | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 19,13                | 63,6                       | 2,5  | 82,77                      |
| 9  | 450                         | 3,7          | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 23,72                | 77,4                       | 3,04 | 101,10                     |
| 10 | 430                         | 3,3          | 6,5            | 0,02                               | 200   | 100   | 133   | 6,41               | 0,0336               | 21,15                | 78,9                       | 3,1  | 100,07                     |
| 11 | 500                         | 4,9          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 12,84                | 56,8                       | 2,23 | 69,60                      |
| 12 | 1130                        | 11,9         | 6,5            | 0,08                               | 400   | 200   | 267   | 2,69               | 0,0282               | 32,07                | 86,5                       | 3,4  | 118,62                     |
| 13 | 550                         | 5,5          | 6,5            | 0,075                              | 250   | 300   | 273   | 2,62               | 0,0281               | 14,41                | 59,8                       | 2,35 | 74,23                      |
| 14 | 340                         | 2,5          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 13,83                | 58,5                       | 2,3  | 72,38                      |
| 15 | 220                         | 2,4          | 6,5            | 0,03                               | 150   | 150   | 150   | 5,53               | 0,0326               | 13,28                | 59,3                       | 2,33 | 72,59                      |
|    |                             |              |                |                                    |       |       |       |                    |                      |                      |                            |      | <b>1241,49</b>             |

## Додаток Г

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора НН ІАТЕ

КПП ім. Ігоря Сікорського

\_\_\_\_\_ Євген ПИСЬМЕННИЙ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ



Директор ГОВ ІТЦ «ІВК»

Павло МАШИНА

\_\_\_\_\_ 2024 р.

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектно-конструкторську роботу

«Система вентиляції загальноосвітньої школи в м. Одеса».

1. Термін виконання роботи

Початок роботи – 30.04.2024 р.

Закінчення роботи – 28.05.2024 р.

2. Обґрунтування для виконання роботи

Розробити систему вентиляції для підтримання необхідних параметрів повітря у приміщеннях загальноосвітньої школи в м. Одеса.

3. Мета роботи

Розробити систему вентиляції для підтримання необхідних параметрів повітря у приміщеннях школи в м. Одеса.

4. Зміст основних етапів виконання роботи

Характеристика об'єкту проектування. Розрахунок повітрообміну приміщень. Надходження теплоти та вологи до приміщення.

Аеродинамічний розрахунок повітроводів. Підбір обладнання системи вентиляції.

5. Матеріали, що подаються після закінчення роботи

5.1 Пояснювальна записка

5.2 Креслення

5.3 Довідка про впровадження результатів

6. Порядок розгляду і приймання роботи

Результати роботи розглядаються на засідання ЕК із захисту

атестаційних робіт освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 144

«Теплоенергетика», освітньо-професійною програмою

«Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ к.т.н.доц., В.В.Середа

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

Виконавець

Студент гр. ТП-01

ІАТЕ, КПП ім. Ігоря Сікорського

\_\_\_\_\_ Д.С. Старинов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

## Додаток Д

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

ТОВ ІТЦ «ІВІК»

Павло МАШИНА

2024р.



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Результатів дипломної роботи бакалавра студента першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ІАТЕ, НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського

**Стариков Данііл Сергійович**

Результати дипломної роботи бакалавра студента Старикова Д.С. на тему: «Система вентиляції загальноосвітньої школи в м. Одеса» повністю відповідають технічному завданню та використанні для розробки, підготовки необхідної документації та техніко-економічних розрахунків системи вентиляції.

Директор ТОВ ІТЦ «ІВІК»  
Павло МАШИНА

## Додаток Е

### Перевірка дипломного проекту на академічну доброчесність



Ім'я користувача:  
Риндюк Дмитро Вікторович

Дата перевірки:  
03.06.2024 19:13:13 EEST

Дата звіту:  
05.06.2024 08:34:26 EEST

ID перевірки:  
1016313775

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

ID користувача:  
92674

Назва документа: Стариков Д.С. гр.ТП-01

Кількість сторінок: 39 Кількість слів: 7123 Кількість символів: 50437 Розмір файлу: 1.55 MB ID файлу: 1016110976

## 17.3% Схожість

Найбільша схожість: 5.26% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1011438354)

11.6% Джерела з Інтернету 41 ..... Сторінка 41

14.5% Джерела з Бібліотеки 26 ..... Сторінка 42

## 0.7% Цитат

Цитати 6 ..... Сторінка 43

Не знайдено жодних посилань

## 0.74% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 10 слів та 0%)

0.72% Вилучення з Інтернету 112 ..... Сторінка 44

0.41% Вилученого тексту з Бібліотеки 139 ..... Сторінка 45

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 46

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

| № з/п | Формат | Позначення         | Найменування                              | Кількість аркушів | Примітка |
|-------|--------|--------------------|-------------------------------------------|-------------------|----------|
| 1     | A4     |                    | Завдання на диплом-ний проект             | 2                 |          |
| 2     | A4     | ТП 01 49 09 ПЗ     | Пояснювальна записка                      | 77                |          |
| 3     | A1     | ТП 01 49 09 001 ОВ | Компоновка обладнання на першому поверсі  | 1                 |          |
| 4     | A1     | ТП 01 49 09 002 ОВ | Компоновка обладнання на другому поверсі  | 1                 |          |
| 5     | A1     | ТП 01 49 09 003 ОВ | Компоновка обладнання на третьому поверсі | 1                 |          |

|           |             |       |      |                              |                                                             |         |
|-----------|-------------|-------|------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------|
|           |             |       |      | ТП 01 49 09                  |                                                             |         |
|           | ПІБ         | Підп. | Дата | Відомість дипломного проекту | Аркуш                                                       | Аркушів |
| Студент   | Стариков    |       |      |                              |                                                             | 1       |
| Керівн.   | Середа      |       |      |                              | КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ІАТЕ, каф-ра ТАЕ, група ТП-01 |         |
| Консульт. | -           |       |      |                              |                                                             |         |
| Н.контр.  | Соломаха    |       |      |                              |                                                             |         |
| Зав.каф.  | Черноусенко |       |      |                              |                                                             |         |