

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

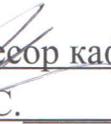
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
«Енергоефективна система вентиляції захисної споруди
цивільного захисту»

Виконала здобувач 2 курсу, гр. ТГ-23мз
спеціальності 192 Будівництво та
цивільна інженерія

Роговська Ю. Й. 

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., професор кафедри ІСБ

Ратушняк Г. С. 

(прізвище та ініціали)

«10» 06 2025р.

Опонент 

Риженко С. В.

(прізвище та ініціали)

«12» 06 2025 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.

(прізвище та ініціали)

«11» 06 2025 р.

Вінниця – 2025 рік

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

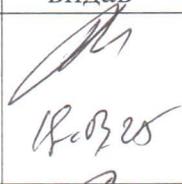
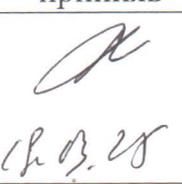
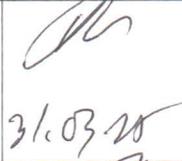
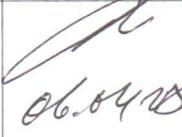
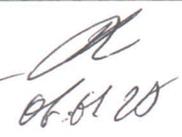
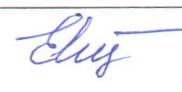


ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Роговської Юлії Йосипівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема проекту (роботи) Енергоефективна система вентиляції захисної споруди цивільного захисту.
керівник проекту (роботи) к.т.н. проф. каф. ІСБ Ратушняк Г.С.
затверджені наказом вищого навчального закладу від « » р. №
- Строк подання здобувачем роботи 12 травня 2025 р.
- Вихідні дані до роботи Кліматичні дані згідно зони розташування об'єкта, генеральний план будівлі. Технічні характеристики будівлі та запланованого обладнання Характеристика огорожувальних конструкцій ($R_{ст}=4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$), I температурна зона, м. Хмельницький. Будівельні вимоги та нормативи. Для наукової роботи вихідними даними є: відомі енергоефективні рішення систем вентиляції, дослідження в напрямку енергоефективності систем вентиляції та наукові публікації.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, аналітичний огляд конструктивних рішень системи забезпечення мікроклімату в захисній споруді, теоретичне обґрунтування технічних рішень системи вентиляції, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень та заходи з охорона праці, техніко-економічні показники, загальний висновок, перелік використаних джерел, додатки.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Плакат з результатом наукової частини роботи – дослідження енергоефективних рішень системи вентиляції. Креслення: План системи вентиляції. Аксонометричні схеми систем вентиляції. Монтаж припливно-витяжної установки, кріплення горизонтального повітропроводу до стелі, монтаж фільтрів. Календарний план монтажу системи системи вентиляції. Монтажні креслення та вузли.

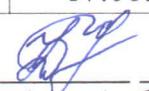
6. Консультанти розділів проекту (роботи)

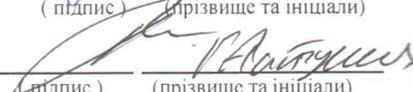
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітичний огляд та аналіз існуючих систем вентиляції захисних споруд цивільного захисту	Ратушняк Г.С., к.т.н., проф.	 18.03.25	 18.03.25
Теоретичне обґрунтування проектних пропозицій та рішень системи вентиляції споруд цивільного захисту населення	Ратушняк Г.С., к.т.н., проф.	 31.03.25	 31.03.25
Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень та заходи з охорони праці	Ратушняк Г.С., к.т.н., проф.	 06.04.25	 06.04.25
Техніко-економічні показники	Лялюк О.Г., к.т.н., доцент	 06.04.25	 06.04.25

7. Дата видачі завдання 09.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Складання завдання та змісту до МКР	09.03.2025	вик.
2	Аналітичний огляд та аналіз існуючих систем вентиляції захисних споруд цивільного захисту	18.03.2025	вик.
3	Теоретичне обґрунтування проектних пропозицій та рішень системи вентиляції споруд цивільного захисту населення	31.03.2025	вик.
4	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень та заходи з охорони праці	06.04.2025	вик.
7	Техніко-економічні показники	13.04.2025	вик.
8	Оформлення графічної частини та пояснювальної записки, розробка презентації	17.04.2025	вик.
9	Попередній захист	06.04.2025	вик.
10	Виправлення зауважень	10.05.2025	
11	Рецензування	12.05.2025	вик.
12	Захист МКР	17.06.2025	

Магістрант 
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) 
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена розробці енергоефективної системи вентиляції для споруд цивільного захисту населення. Розглянуто вимоги до таких споруд відповідно до чинного законодавства України та обґрунтовано необхідність впровадження сучасних вентиляційних рішень, які забезпечують безпечне перебування людей у надзвичайних ситуаціях. Проведено аналіз сучасних підходів до проектування вентиляційних систем з урахуванням енергозбереження, автономності та надійності. Досліджено існуючі технології та запропоновано оптимальну конструкцію системи вентиляції для захисної споруди. Виконано техніко-економічне обґрунтування проектних рішень стосовно вибору обладнання, математичному моделюванню параметрів повітрообміну, а також інтеграції автоматизованих систем керування. Отримані результати мають практичне значення для проектних організацій і можуть бути використані при реконструкції укриттів або у навчальному процесі. Запропоновані рішення спрямовані на підвищення ефективності, безпеки та енергонезалежності вентиляційних систем у спорудах цивільного захисту.

Ключові слова: споруда цивільного захисту, енергоефективна система вентиляції, альтернативні джерела енергії, електроручний вентилятор, система автоматизації.

ABSTRACT

The master's thesis is devoted to the development of an energy-efficient ventilation system for civil defense structures. The requirements for such structures in accordance with the current legislation of Ukraine are considered and the need for the implementation of modern ventilation solutions that ensure the safe stay of people in emergency situations is substantiated. An analysis of modern approaches to the design of ventilation systems is carried out, taking into account energy saving, autonomy and reliability. Existing technologies are studied and the optimal design of the ventilation system for a protective structure is proposed. A feasibility study of design solutions regarding the selection of equipment, mathematical modeling of air exchange parameters, as well as the integration of automated control systems is carried out. The results obtained are of practical importance for design organizations and can be used in the reconstruction of shelters or in the educational process. The proposed solutions are aimed at increasing the efficiency, safety and energy independence of ventilation systems in civil defense structures.

Keywords: civil protection structure, energy-efficient ventilation system, alternative energy sources, electric manual fan, automation system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ.....	
1.1. ВИМОГИ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ ДО ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ.....	
1.2. КЛАСИФІКАЦІЯ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ.....	
1.3. ОБГРУНТУВАННЯ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ЧИННИКІВ ДО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ У СПОРУДАХ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ.....	
1.4. ВИСНОВКИ ДО 1 РОЗДІЛУ.....	
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ ПРОПОЗИЦІЙ ТА РІШЕНЬ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ.....	
2.1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРОЄКТІВ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ В СПОРУДАХ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ.....	
2.2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТУ ПРОЄКТНОГО РІШЕННЯ	
2.3. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ПО ВСТАНОВЛЕННЮ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ЗАХИСНИХ СПОРУДАХ.....	
2.4. МОДЕЛЮВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ В ПОВІТРОПРОВОДАХ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК	
2.5. ВИСНОВКИ ДО 2 РОЗДІЛУ	
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ	
3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ.....	

3.2. ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ І ОБ'ЄМІВ РОБІТ.....	
3.2.1. СКЛАД РОБІТ.....	
3.2.2. ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ РОБІТ.....	
3.2.3. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ВИКОНАННЯ РОБІТ.....	
3.2.4. ВИТРАТА МАТЕРІАЛІВ ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРІ МОНТАЖІ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	
3.3. ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ НОРМАТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	
3.4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	
3.5. ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ.....	
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ.....	
4.1. ЛОКАЛЬНИЙ КОШТОРИС ОБ'ЄКТУ.....	
4.2. ЗАГАЛЬНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.....	
4.3. ВИСНОВКИ ДО 4 РОЗДІЛУ.....	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ.....	

ВСТУП

В сучасних умовах життя в Україні облаштування споруд цивільного захисту населення є надзвичайно актуальним. Основною метою споруд цивільного захисту населення є забезпечення захисту та безпеки людей у разі виникнення надзвичайних ситуацій, коли зовнішнє середовище стає загрозливим та небезпечним для перебування людей. Споруди цивільного захисту населення обладнуються з використанням особливих матеріалів та конструкцій, що здатні витримувати руйнівні навантаження. Важливим є створення в укритті відповідних санітарних умов та мікроклімату для перебування людей. Вентиляція в споруді цивільного захисту населення необхідна з кількох причин. По-перше, вона забезпечує надходження свіжого повітря та відведення відпрацьованого, що дозволяє підтримувати комфортні умови всередині укриття та запобігає перегріву повітря чи задусі. По-друге, вентиляція, оснащена фільтрами-поглиначами, запобігає потраплянню газоподібних засобів масового ураження, аерозолів та пилу, які можуть надійти всередину укриття внаслідок руйнівних ударів. Це особливо важливо для захисту здоров'я та безпеки людей, які перебувають усередині.

Система вентиляції в спорудах цивільного захисту населення є життєво необхідною, тому при її облаштуванні необхідно дотримуватись вимог чинного законодавства та нормативних документів. Проектування системи вентиляції для споруд цивільного захисту населення необхідно виконувати відповідно до вимог ДБН В.2.2-5:2023.

Відповідно до ДБН В.2.2-5:2023, проектування та будівництво споруд цивільного захисту населення необхідно здійснювати таким чином, щоб протягом певного часу, а саме до 48 годин, створити належні умови для перебування людей та забезпечити їм захист шляхом виключення або зменшення прогнозованих впливів небезпечних чинників, які можуть виникнути як складова частина небезпечних явищ надзвичайної ситуації.

Під час проектування системи вентиляції споруди цивільного захисту населення потрібно враховувати те, що така система повинна бути спроектована

таким чином, щоб забезпечити постійну подачу свіжого повітря навіть за умов аварії або забруднення зовнішнього середовища. Тому потрібно передбачати можливості аварійної вентиляції, коли основна система не забезпечує виведення шкідливих газів та забезпечення киснем. Для забезпечення безперебійної роботи вентиляційної системи в умовах надзвичайних ситуацій необхідно передбачити резервне джерело енергії, наприклад, генератори або акумулятори, також використовувати електроручні вентилятори. Приміщення повинні бути сплановані таким чином, щоб напрямки потоків повітря не сприяли поширенню небезпечних речовин або забруднень по всій споруді. Важливо правильно розрахувати кількість припливного та витяжного повітря, щоб уникнути виникнення негативних умов, таких як підвищений рівень вологи або нестача кисню. Система вентиляції повинна бути оснащена автоматизованими системами контролю, які дозволяють моніторити рівні токсичних газів, температури та вологості в реальному часі. При необхідності повинна бути можливість автоматичного перемикання на резервні системи.

Влаштування енергоефективної системи вентиляції з альтернативними джерелами енергії у споруді цивільного захисту населення дасть можливість не лише заощадити кошти на експлуатації системи, а також використовувати систему вентиляції в умовах відсутності електроенергії.

Існуючі рішення для системи вентиляції часто базуються на застарілих технологіях, не відповідають сучасним стандартам енергоефективності та потребують модернізації. Це створює потребу в проведенні наукових досліджень, спрямованих на пошук нових підходів до проектування вентиляційних систем захисних споруд з урахуванням принципів енергозбереження, використання відновлюваних джерел енергії та інтеграції автоматизованих систем управління.

Таким чином, тема магістерської роботи є надзвичайно актуальною та відповідає сучасним вимогам до безпеки, екологічності та енергоефективності інженерних рішень у сфері цивільного захисту.

Роботу виконано відповідно до такої держбюджетної теми кафедри ІСБ «Розробка наукових основ створення інноваційних енергозберігаючих процесів і технологій в галузі будівництва та цивільної інженерії».

Мета дослідження — розробити науково обґрунтовані технічні рішення для створення енергоефективної системи вентиляції захисної споруди цивільного захисту з урахуванням сучасних вимог до безпеки, надійності та енергозбереження.

Завдання дослідження:

- 1) проаналізувати існуючі технології вентиляції у захисних спорудах та визначити їх недоліки та переваги з точки зору енергоефективності та дослідити сучасні енергоефективні рішення у сфері вентиляційних систем;
- 2) за результатами моделювання теплотехнічних аеродинамічних процесів виконати теплотехнічні та аеродинамічні розрахунки проєктованої системи вентиляції захисної споруди;
- 3) запропонувати організаційно-технологічні заходи запропонованих рішень інтеграції автоматизованих систем керування вентиляцією з врахуванням підвищення її ефективності та автономності.

Об'єкт дослідження - системи вентиляції, що застосовуються у захисних спорудах цивільного захисту.

Предмет дослідження - процеси забезпечення енергоефективної вентиляції у захисних спорудах в умовах обмеженого енергозабезпечення та автономної роботи.

Для досягнення поставленої мети у процесі виконання роботи застосовано комплекс взаємопов'язаних теоретичних, експериментальних та розрахунково-аналітичних методів, аналіз нормативно-правової бази та технічної документації, системний аналіз та порівняння існуючих рішень, математичне моделювання вентиляційних процесів, оцінка мікроклімату та повітряного середовища, техніко-економічне обґрунтування рішень.

У процесі виконання магістерської роботи отримано результати, що мають іноваційну новизну, зокрема:

- 1) адаптовано принципи пасивної вентиляції у поєднанні з активними елементами для умов обмеженого простору й енергозабезпечення у захисних спорудах цивільного захисту, що дозволило підвищити автономність системи;
- 2) проведене енергетичне порівняння традиційних та іноваційних рішень дозволило кількісно оцінити ефективність впроваджених технічних рішень та довести доцільність їх практичного використання;
- 3) обґрунтовано доцільність використання альтернативних джерел живлення (зокрема, сонячних панелей) для підтримки автономної роботи системи вентиляції в умовах обмеженого енергозабезпечення.

Практичне значення полягає в тому, що одержані результати можуть бути впроваджені в практику проектних організацій, а також використовуватись під час реконструкції наявних захисних споруд. Розроблені технічні та енергетичні рішення можуть бути також використані у навчальному процесі в закладах вищої освіти інженерного та будівельного профілю.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи здійснена на таких конференціях:

1. LIV науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ (2025).
2. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2025).

Результати матеріалів магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано в тезах:

1. Система вентиляції захисних споруд цивільного захисту з альтернативним джерелом енергії (<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/23309/19286>).
2. Особливості проектування системи вентиляції споруд цивільного захисту населення (<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/view/File/23230/19278>).

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

1.1 ВИМОГИ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ ДО ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Проектування та монтаж системи вентиляції споруд цивільного захисту населення в Україні регламентується низкою нормативно-правових актів та державних будівельних норм, що визначають вимоги до проектування, будівництва й експлуатації таких споруд [1-12].

Основними нормативно-правовими документами, які регламентують облаштування системи вентиляції в укриттях, є:

- Кодекс цивільного захисту України — основний законодавчий документ, що визначає вимоги до захисних споруд, у тому числі до їхньої інженерної інфраструктури, включаючи вентиляцію (Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI) [1];
- ДБН В.2.2-5:2023 «Будинки і споруди. Захисні споруди цивільного захисту» — документ, що включає вимоги до проектування, розміщення, конструктивних рішень і систем життєзабезпечення, в тому числі вентиляції [2];
- ДСТУ Б В.2.2-27:2010 «Захисні споруди цивільної оборони. Проектування систем життєзабезпечення» та ДСТУ Б В.2.2-12:2018 «Сховища цивільного захисту. Загальні вимоги» — документи, що містять норми проектування систем вентиляції, фільтрації повітря, температурного режиму та ін. [3];
- СанПіН, гігієнічні вимоги до повітряного середовища в захисних спорудах — норми щодо допустимих концентрацій CO₂, вологості, температури, а також режимів повітрообміну [4];

- Накази ДСНС України, методичні рекомендації, наприклад, «Методичні рекомендації щодо перевірки готовності захисних споруд» (містять розділи про вентиляцію та її справність);
- Правила експлуатації захисних споруд цивільного захисту (затверджено наказом МВС України №579 від 09.07.2018) [5].

Основним документом, який регламентує вимоги до проектування та монтажу системи вентиляції в спорудах цивільного захисту населення, є ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» [2], в якому детально описано вимоги до систем вентиляції, кондиціонування повітря та опалення в таких спорудах.

Відповідно до ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» [2], вентиляція в споруді цивільного захисту населення повинна працювати в таких режимах:

- режим I — чиста вентиляція: забезпечує подачу очищеного від пилу зовнішнього повітря для видалення тепла та вологи;
- режим II — фільтровентиляція: очищення повітря від хімічних, біологічних та радіоактивних речовин;
- режим III — регенерація повітря: використовується в умовах небезпечної загазованості або хімічного забруднення, передбачає використання стисненого повітря або кисню з балонів [2, ст. 36].

Вказані вище режими роботи системи вентиляції повинні забезпечувати безперервне перебування людей у сховищах протягом такого часу: 48 годин загалом, 12 годин у режимі фільтровентиляції та 6 годин у режимі регенерації повітря [2, ст. 35].

Відповідно до вимог ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» [2], вентиляція в споруді цивільного захисту населення повинна відповідати таким параметрам по об'єму повітря у розрахунку на одну людину:

- 2 м³/год на одну особу;

- 5 м³/год на одного працівника пункту керування;
- 10 м³/год на одного працівника фільтровентиляційної камери з електроручними вентиляторами [2].

Мінімально можливою кратністю повітрообміну необхідно розглядати 6 разів на годину для основних приміщень та 10 разів на годину для закладів охорони здоров'я [2].

Відповідно до ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» [2], вентиляційне обладнання для споруди цивільного захисту населення необхідно підбирати відповідно до таких критеріїв:

- для споруди цивільного захисту населення необхідно використовувати обладнання з механічним спонуканням та/або електроручні вентилятори;
- обов'язковим є очищення припливного повітря від твердих часток та пилу за допомогою фільтрів грубого очищення;
- фільтровентиляційне обладнання необхідно встановлювати в окремому приміщенні — фільтровентиляційній камері [2].

ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» [2] також регламентує параметри мікроклімату, який повинна забезпечувати система вентиляції в споруді цивільного захисту населення. Температура, вологість та швидкість руху повітря повинні відповідати умовам для людей у стані нервово-емоційного напруження. Контроль параметрів мікроклімату здійснюється на висоті 0,5 м над рівнем сидіння або лежання, але не нижче 1,5 м над підлогою [2].

Повітрозабори повинні розміщуватись поза межами можливих завалів будівель і споруд. Вентиляція тамбурів або тамбур-шлюзів повинна забезпечувати 25-кратний об'єм повітрообміну за 6 хвилин. Витяжні повітропроводи з окремих приміщень сховища рекомендується об'єднувати, якщо це не суперечить іншим нормативним вимогам [2].

Відповідно до ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» [2], ключовими елементами конструкції укриттів є противибухові секції, що призначені для захисту від вибухових хвиль та інших небезпечних факторів. Ці секції включають спеціальні конструктивні елементи, такі як противибухові перегородки, клапани та герметичні двері, які забезпечують безпеку людей, що перебувають у сховищі [2].

В противибухових секціях обов'язково мають бути встановлені противибухові клапани. Вони встановлюються в системах вентиляції для автоматичного перекриття повітряних каналів у разі вибуху та розраховані на тиск не менше ніж 0,1 МПа (1 кгс/см²) і забезпечують герметичність системи вентиляції. Ці елементи повинні бути спроектовані та встановлені відповідно до вимог ДБН В.2.2-5:2023, щоб гарантувати ефективний захист населення в умовах надзвичайних ситуацій [2].

Споруди цивільного захисту населення повинні бути обладнані системами вентиляції, які забезпечують подачу свіжого повітря та видалення забрудненого. Це включає повітроводи, протипилові фільтри та фільтри-поглиначі, які захищають від отруйних, хімічних, біологічних речовин та пилу [5]. Повітроводи повинні мати герметичні з'єднання, щоб запобігти проникненню забрудненого повітря.

Відповідно до ДСТУ Б В.2.2-27:2010 «Захисні споруди цивільної оборони. Проектування систем життєзабезпечення» [2] та ДСТУ Б В.2.2-12:2018 «Сховища цивільного захисту. Загальні вимоги» [13] система вентиляції в споруді цивільного захисту населення повинна забезпечувати постійний контроль параметрів повітря. Система вентиляції повинна бути здатною працювати автономно протягом усього розрахункового часу перебування людей (мінімум 48 годин). Також необхідно передбачати наявність резервних джерел живлення для систем вентиляції, наприклад, дизель-генераторів або сонячних панелей. Система вентиляції у споруді цивільного захисту населення має забезпечувати також підтримання надлишкового тиску всередині укриття для запобігання проникненню забруднень.

Тип вентиляції у споруді цивільного захисту населення може визначатись відповідно до кількості людей, на яку розрахована споруда або залежно від типу приміщення. Наприклад, укриття місткістю до 50 осіб можуть мати природну вентиляцію, а споруди більшої місткості повинні бути обладнані вентиляцією з механічним спонуканням. Проте споруди цивільного захисту населення для установ охорони здоров'я повинні бути обладнані вентиляцією з механічним спонуканням незалежно від місткості [7].

Відповідно до «Інструкції щодо утримання захисних споруд цивільної оборони у мирний час», довжина повітропроводів системи вентиляції не повинна перевищувати 30 м. На всі вентиляційні отвори необхідно встановлювати протипилові пристрої з опором потоку повітря не менше ніж 5 Н/м^2 ($0,5 \text{ кгс/м}^2$). На повітрозабірних і витяжних каналах необхідно встановлювати противибухові пристрої та розширювальні камери для захисту від ударної хвилі [5].

Отже, вимоги до системи вентиляції у спорудах цивільного захисту населення в Україні регламентується низкою нормативно-правових актів та державних будівельних норм. Під час проектування та монтажу системи вентиляції в спорудах цивільного захисту населення необхідно ретельно вивчати всі норми і чітко їм слідувати, оскільки від правильності влаштування системи вентиляції залежить збереження життя людей у споруді цивільного захисту населення.

1.2. КЛАСИФІКАЦІЯ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

Споруда цивільного захисту населення — це спеціально збудована або пристосована інженерна споруда, призначена для захисту населення, об'єктів господарювання та матеріальних цінностей від небезпек, що виникають у надзвичайних ситуаціях природного, техногенного або воєнного характеру.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України (стаття 1), спорудами цивільного захисту є: «Інженерні споруди, призначені для укриття населення,

працівників підприємств, установ, організацій, а також матеріальних і культурних цінностей від небезпек, які виникають під час надзвичайних ситуацій та в особливий період» [1].

Існують різні типи захисних споруд. Класифікація споруд цивільного захисту населення (СЦЗ) в Україні регламентується нормативно-правовими актами та документами з цивільного захисту, зокрема Кодексом цивільного захисту України, а також підзаконними актами, що визначають порядок будівництва, утримання та використання таких споруд, зокрема:

- Кодексом цивільного захисту України (2012 року);
- постановами Кабінету Міністрів України, зокрема № 138 від 10.03.2017 р. «Про затвердження Порядку обліку захисних споруд цивільного захисту»;
- будівельними нормами та правилами (ДБН);
- та іншими актами, пов'язаними з обороною та безпекою.

Існує наступна класифікація споруд цивільного захисту населення.

1) за призначенням:

- сховища (укриття) — герметичні споруди, що забезпечують повний захист від небезпечних факторів надзвичайних ситуацій (включаючи зброю масового ураження);
- протирадіаційні укриття (ПРУ) — призначені для захисту людей від іонізуючого випромінювання при радіаційних аваріях;
- прості укриття — не мають герметичності, але забезпечують захист від уламків, ударної хвилі, падаючих предметів тощо (наприклад, підвали, метрополітен);

2) за місцем розташування:

- вбудовані (розміщені в цокольних, підвальних або інших частинах будівель);
- прибудовані (прилягають до будівель і мають спільні конструкції);

- окремо розташовані (окремі споруди, зазвичай будуються спеціально як захисні об'єкти);
- 3) за місткістю:
- малі — до 150 осіб;
 - середні — 150–600 осіб;
 - великі — понад 600 осіб;
- 4) за формою власності:
- державні;
 - комунальні;
 - приватні;
- 5) за режимом експлуатації:
- постійної готовності (використовуються лише як захисні споруди);
 - подвійного призначення (використовуються в повсякденному житті — склади, парковки, спортивні зали тощо — і швидко трансформуються у разі НС);
 - конверсійні (переобладнані приміщення, не призначені первісно для укриття, але підготовлені до використання в надзвичайних ситуаціях).

Отже, оскільки існують різні типи споруд цивільного захисту населення, то відповідно і відрізняються вимоги до них, зокрема і вимоги до системи вентиляції, яка призначена забезпечувати нормативні санітарно-гігієнічні умови перебування в надзвичайних ситуаціях людей. Тому при теоретичному обґрунтуванні проєктних пропозицій та рішень систем вентиляції захисних споруд необхідно враховувати призначення, місце розташування, місткість, режим експлуатації та інші чинники.

1.3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ЧИННИКІВ ДО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ У СПОРУДАХ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

В умовах підвищеної загрози надзвичайних ситуацій питання забезпечення належної вентиляції у спорудах цивільного захисту набуває особливої важливості. Ключовим завданням є поєднання безпеки перебування людей із мінімальними енерговитратами, що зумовлює необхідність впровадження енергоефективних технологій. Енергоефективна вентиляція у спорудах цивільного захисту населення є надзвичайно актуальним напрямом досліджень, оскільки поєднує вимоги безпеки, надійності та економії енергоресурсів.

Традиційно вентиляційні системи у спорудах цивільного захисту населення проектувалися з урахуванням вимог автономності, герметичності та фільтрації повітря. У публікаціях різних авторів та нормативних документах акцент робився на механічних системах вентиляції з ручним або автоматичним приводом для забезпечення мінімально необхідного повітрообміну в умовах зовнішнього забруднення [14-20].

Вентиляція в спорудах цивільного захисту населення повинна виконувати кілька основних функцій [11,12,17,18,19,21,22]:

- забезпечення подачі свіжого повітря;
- очищення повітря від шкідливих домішок (у тому числі хімічних, біологічних, радіоактивних речовин);
- підтримання комфортного мікроклімату;
- мінімальне енергоспоживання в автономному режимі.

Згідно з ДБН В.2.2-5:2023 «Будинки і споруди. Захисні споруди цивільного захисту», вентиляційні системи мають бути автономними, енергоефективними та здатними до роботи в герметичному режимі [2].

Сучасні наукові дослідження, зокрема роботи вчених ЄС, США та України, показують тенденцію до впровадження рекуперативних систем та систем з

низьким енергоспоживанням [18-22]. Акцент робиться на використанні енергоефективного обладнання:

- рекуператорів тепла, які дозволяють зменшити втрати енергії під час вентиляції;
- інтелектуальних систем управління, які адаптують інтенсивність вентиляції відповідно до реальної потреби в обміні повітря;
- енергоощадних вентиляторів з електродвигунами змінної частоти (ЕС-двигуни).

Вентиляційні системи з рекуператорами дозволяють значно знижувати втрати тепла під час експлуатації системи вентиляції, що є особливо важливим в умовах обмеженого енергопостачання. Вентиляційні установки, обладнані пластинчастими рекуператорами або роторними теплообмінниками дають змогу повернути до 85% тепла від витяжного повітря [19].

Використання інтелектуальних систем управління надзвичайно важливе в сучасних умовах. Сучасні системи вентиляції оснащуються датчиками CO₂, температури, вологості, що дає змогу оптимізувати роботу обладнання залежно від реального навантаження. Такі рішення дозволяють зменшити споживання енергії до 30%.

Окремо варто звернути увагу на сучасне вентиляційне обладнання. ЕС-вентилятори з електронним керуванням споживають до 50% менше енергії у порівнянні зі стандартними асинхронними двигунами, при цьому забезпечуючи високий ККД та низький рівень шуму [20].

Окрема група досліджень стосується особливостей експлуатації вентиляційних систем у режимах надзвичайних ситуацій — при обмеженому доступі до електроенергії або при забрудненні атмосфери хімічними, біологічними чи радіологічними агентами. В таких умовах важливими є забезпечення автономності живлення вентиляційних систем (використання акумуляторних батарей, генераторів), використання комбінованих систем

природної і примусової вентиляції, розробка малоспоживчих фільтраційно-вентиляційних установок (ФВУ) [20].

У інноваційних проектах передбачається живлення вентиляційних систем від сонячних панелей або акумуляторів, що підвищує автономність споруд. Це особливо актуально для укриттів, де основне енергопостачання може бути порушене.

Новітні підходи до проектування системи вентиляції у спорудах цивільного захисту населення пропонують використання інноваційних технологій:

- систем з рекуперацією не лише тепла, але й вологи (енергозберігаючі ентальпійні рекуператори);
- сонячних панелей для живлення вентиляційних установок у критичних умовах;
- компактних модульних вентиляційних систем, що швидко монтуються.

Отже, забезпечення ефективної вентиляції у спорудах цивільного захисту є критично важливим для збереження здоров'я та життєздатності населення в умовах надзвичайних ситуацій. У зв'язку з сучасними вимогами до енергоефективності, розроблення та впровадження інноваційних вентиляційних систем стає дедалі більш актуальним напрямком досліджень і практики. Сучасні підходи до вентиляції у захисних спорудах населення базуються на поєднанні енергоефективних технологій та систем безперебійного функціонування. Особливої актуальності набувають рішення, які поєднують автономність, очищення повітря та мінімізацію енерговитрат. Важливою складовою є адаптація європейського досвіду до вітчизняних умов через гармонізацію стандартів та оновлення нормативної бази.

1.4. ВИСНОВКИ ДО 1 РОЗДІЛУ

1.1 Існуюча нормативна база в певній мірі забезпечує можливість проектування та експлуатації споруд цивільного захисту населення але не обґрунтовує

можливість впровадження інноваційних енергоефективних рішень стосовно влаштування систем вентиляції для забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних умов в приміщеннях.

- 1.2 Класифікація споруд цивільного захисту населення є підґрунтям для обґрунтування проєктних рішень енергоефективних систем вентиляції.
- 1.3 Аналіз сучасних підходів до влаштування енергоефективних систем вентиляції у спорудах цивільного захисту свідчить, що підтримання комфортного мікроклімату в спорудах цивільного захисту повинно забезпечуватись сучасними конструктивними і технічними енергозберігаючими рішеннями та використанням інтелектуальних систем управління.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ ПРОПОЗИЦІЙ ТА РІШЕНЬ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

2.1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРОЄКТІВ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ В СПОРУДАХ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

Вентиляція в спорудах цивільного захисту населення — це один із найважливіших елементів, що забезпечує безпечне перебування людей у захисних укриттях під час надзвичайних ситуацій, зокрема воєнних дій, хімічних, біологічних та радіаційних загроз. Основні вимоги до системи вентиляції в спорудах цивільного захисту населення визначаються з урахуванням забезпечення життєдіяльності людей у надзвичайних ситуаціях, включаючи аварії, бойові дії, хімічні чи радіаційні загрози.

Основні вимоги до системи вентиляції в спорудах цивільного захисту населення (СЦЗН) визначаються нормативно-правовими актами України.

Основні вимоги до системи вентиляції у спорудах цивільного захисту [1,2,3]:

1) забезпечення трьох режимів вентиляції:

- режим чистої вентиляції: забезпечує подачу очищеного від пилу зовнішнього повітря для підтримання нормального мікроклімату, тривалість роботи в цьому режимі має становити не менше 48 годин;
- режим фільтровентиляції: використовується при загрозі хімічного або біологічного зараження, забезпечуючи фільтрацію повітря від шкідливих речовин, тривалість роботи в цьому режимі не менше 12 годин;
- режим повної ізоляції з регенерацією повітря: застосовується в умовах високої загазованості або при масових пожежах, коли необхідно

повністю ізолювати укриття від зовнішнього середовища, тривалість роботи в цьому режимі до 6 годин.

- 2) герметичність: усі вентиляційні канали мають бути обладнані герметичними клапанами та заслінками для виключення проникнення зараженого повітря;
- 3) очищення повітря: системи мають бути обладнані фільтрами-поглиначами (ФПУ, ФП) та протигазовими фільтрами для очищення повітря від хімічних, біологічних та радіоактивних домішок;
- 4) примусова вентиляція: повинна бути можливість механічного (примусового) провітрювання із застосуванням електровентиляторів, а також ручного приводу в разі знеструмлення;
- 5) надлишковий тиск: усередині захисної споруди має підтримуватись надлишковий тиск (не менше 20–100 Па), щоб уникнути проникнення забрудненого повітря через щілини;
- 6) резервування систем: вентиляційне обладнання має бути резервоване: джерела електропостачання, дублюючі фільтри, вентилятори;
- 7) контроль параметрів повітря: обов'язкова наявність приладів контролю за вмістом шкідливих речовин, температурою, вологістю, вмістом CO₂;
- 8) обслуговування і випробування: системи вентиляції мають проходити періодичні перевірки, техобслуговування і навчальні випробування.

Для розрахунку необхідної продуктивності вентиляційної системи необхідно врахувати кількість людей в укритті та нормативи на повітрообмін та кількість повітря в розрахунку на одну людину:

- у режимі чистої вентиляції (режим I) – до 11 м³/год на одну особу;
- у режимі фільтровентиляції (режим II) – з розрахунку 2 м³/год на одну особу, яка підлягає укриттю, 5 м³/год на одного працівника у приміщеннях пункту керування та 10 м³/год на одного працівника у фільтровентиляційній камері з електроручними вентиляторами.

Вимоги до системи вентиляції у споруді цивільного захисту населення у спорудах цивільного захисту населення залежать від багатьох факторів, зокрема і від типу споруди відповідно до прийнятої в нормативних документах класифікації. Порівняльну характеристику вимог до системи вентиляції у спорудах цивільного захисту населення різних типів зображено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 Порівняльна характеристика вимог до систем вентиляції захисних споруд

Критерій	Сховище	Протирадіаційне укриття (ПРУ)	Швидкомонтоване укриття (ШМУ)
Режими вентиляції	3 режими: звичайний, фільтровентиляція, герметичний	Звичайний, фільтровентиляція	Мін. 2 режими (звичайний, фільтровентиляція)
Наявність фільтрів	Обов'язково: фільтри-поглиначі, вловлювачі, вугільні	Переважно фільтри- поглиначі	Можливі портативні фільтри або модулі
Подача свіжого повітря (норма)	15–20 м ³ /год на особу (звичайний режим)	10–15 м ³ /год на особу	≥10 м ³ /год на особу
Подача кисню в герметичному режимі	Автономні джерела кисню (балони, хімічні патрони)	Не обов'язково	Зазвичай не передбачено
Система аварійного приводу	Обов'язково ручний привід	Бажано, але не завжди	Може бути лише ручна вентиляція
Наявність повітропроводів	Стаціонарні системи вентиляції	Можливе використання гнучких труб	Часто тимчасові або мобільні повітропроводи
Автономність (електроживлення)	Обов'язкове резервне живлення	Рекомендоване	Залежить від призначення
Макс. допустимий CO₂	≤1%	≤1%	≤1%

В процесі розроблення проєктних рішень для встановлення системи вентиляції необхідно враховувати всі вимоги, вказані в нормативно-правових актах, а також проводити детальний техніко-економічний аналіз можливих варіантів конструктивно-технологічних рішень.

2.2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРІАНТУ ПРОЄКТНОГО РІШЕННЯ

Техніко-економічне обґрунтування системи вентиляції споруди цивільного захисту населення включає оцінку ефективності використання ресурсів при організації системи вентиляції, врахування вимог щодо безпеки, енергозбереження та економічної доцільності.

Проектування системи вентиляції для споруд цивільного захисту населення необхідно виконувати відповідно до вимог ДБН В.2.2-5:2023 та інших нормативних документів [1-5].

Залежно від характеристик приміщення, варто розглянути можливість поєднання системи вентиляції з природнім та механічним спонуканням.

Важливим етапом в проектуванні системи вентиляції споруди цивільного захисту населення є визначення кратності повітрообміну. Для кожного типу приміщення обчислюється потрібна кількість повітря, що повинна проходити через систему вентиляції на годину. Для визначення кратності повітрообміну в приміщенні важливу роль грає кількість людей, на яку розраховане це приміщення, а також тип самої споруди цивільного захисту.

Відповідно до ДБН В.2.2-5:2023 «Будинки і споруди. Захисні споруди цивільного захисту» [2], кратність повітрообміну в укриттях має бути:

- у режимі чистої вентиляції (нормальний режим) — не менше 1 обміну на годину;

- у режимі фільтровентиляції (режим ізоляції від зовнішнього середовища) — забезпечується подача 15 м³/год на людину очищеного повітря;
- герметичному режимі — допускається відсутність обміну повітря на короткий термін (залежно від герметичності й кількості людей) [2].

Ці значення забезпечують необхідні санітарно-гігієнічні умови та мінімізацію ризику накопичення діоксиду вуглецю і шкідливих газів.

Наступним етапом проектування системи вентиляції споруди цивільного захисту населення є вибір типу вентиляційних пристроїв, а саме: вентиляторів, фільтрів, герметичних клапанів, а також переріз повітропроводів, з урахуванням їхньої ефективності та економічної вигоди.

Основними критеріями до вибору вентиляційного обладнання: пропускна здатність (м³/год), клас фільтрації (ФПУ-ФПП, НЕРА, вугільні фільтри), наявність ручного приводу або резервного живлення, стійкість до агресивних середовищ, компактність та модульність, сертифікація відповідно до ДСТУ, ТУ, ISO, EN, а також енергоефективність устаткування.

В процесі проектування системи вентиляції споруди цивільного захисту населення виконують оцінку енерговитрат і енергоефективності системи. Здійснюючи підбір вентиляційного обладнання, варто враховувати на можливі методи енергозбереження: використання рекуператорів тепла, енергоефективних вентиляторів. В процесі проектування системи вентиляції споруди цивільного захисту населення здійснюють оцінку потенційних обсягів енергоспоживання систем вентиляції для забезпечення економічної ефективності проекту.

В процесі проектування системи вентиляції споруди цивільного захисту населення оцінюють економічну доцільність проекту, а саме:

- витрати: витрат на закупівлю, установку та запуск вентиляційних систем;
- експлуатаційні витрати: витрати на експлуатацію та обслуговування

системи, включаючи витрати на електроенергію та технічне обслуговування;

- термін окупності інвестицій: розрахунок терміну, через який система вентиляції окупить себе завдяки зменшенню енергоспоживання або іншим економічним перевагам.

Розробляючи проєкт на систему вентиляції споруди цивільного захисту населення враховувати інтеграцію з іншими системами споруди. Можливість інтеграції вентиляційної системи з іншими автоматизованими системами управління (наприклад, системами оповіщення або пожежогасіння) значно підвищить її ефективність. Обов'язковим є передбачення резервних джерел живлення для роботи системи вентиляції у разі відключення основного електроживлення.

Невід'ємною частиною ефективної системи вентиляції є система моніторингу та управління. Передбачають контроль якості повітря за допомогою встановлення датчиків для моніторингу рівня вуглекислого газу, пилу, температури і вологості повітря, а також можливість автоматичного регулювання роботи системи в залежності від умов у приміщенні, також розглядається можливість впровадження інноваційних рішень для поліпшення ефективності системи вентиляції, таких як високоефективні фільтри, рекуператори тепла та інші енергоефективні компоненти.

Енергоефективність вентиляційних систем у спорудах цивільного захисту розглядається як здатність забезпечувати необхідний рівень повітрообміну та мікроклімату при мінімальному споживанні енергії, з урахуванням умов автономної роботи, обмежених ресурсів та потреби у тривалому функціонуванні в надзвичайних ситуаціях.

Основними критеріями оцінки енергоефективності системи вентиляції є:

- 1) споживання електроенергії ($\text{Вт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$): визначає кількість енергії, необхідної для подачі одного кубометра повітря, мим нижче показник, тим ефективніше працює система;

- 2) коефіцієнт корисної дії (ККД): відношення корисної енергії, яка використовується для вентиляції, до загальної спожитої енергії;
- 3) наявність та ефективність рекуперації тепла: у системах із рекуператорами тепло від витяжного повітря використовується для нагрівання припливного, що суттєво знижує енергоспоживання;
- 4) герметичність повітроводів і обладнання: мінімальні втрати повітря в системі свідчать про вищу енергоефективність;
- 5) автоматизація та адаптивне керування: системи, що реагують на зміни мікроклімату, наявність людей або рівень CO₂, дозволяють уникнути перевитрати енергії;
- 6) час автономної роботи при аварійному живленні: один із ключових параметрів у спорудах ЦЗ. Вентиляційна система повинна ефективно функціонувати при обмежених джерелах живлення (генератори, батареї);
- 7) сумарна енергетична ефективність споруди (за ДБН, ISO або EN стандартами): зокрема, враховується клас енергоефективності будівлі, який залежить і від вентиляції.

Для забезпечення енергоефективності вентиляційних систем у спорудах цивільного захисту поєднують технічні рішення з високим ККД, системи рекуперації, розумне керування та надійне резервне живлення. Оптимізація цих параметрів не лише знижує споживання енергії, але й підвищує безпеку та автономність захисних споруд.

Техніко-економічне обґрунтування дозволяє забезпечити комплексний підхід до проектування системи вентиляції, враховуючи не тільки технічні, але й економічні аспекти, що робить систему ефективною, надійною та економічно вигідною у довгостроковій перспективі.

2.3 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ПО ВСТАНОВЛЕННЮ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ЗАХИСНИХ СПОРУДАХ

Захисні споруди цивільного захисту, а саме сховища та протирадіаційні укриття, повинні бути обладнані системами вентиляції, які забезпечують подачу чистого повітря та видалення забрудненого з урахуванням режимів роботи споруди – режиму чистої вентиляції, режиму фільтровентиляції та режиму герметичного укриття [2]. Основними завданнями вентиляції в умовах надзвичайної ситуації є забезпечення життєдіяльності укритих осіб, обмеження проникнення небезпечних хімічних, радіоактивних речовин, а також створення надлишкового тиску всередині споруди для запобігання інфільтрації зовнішнього повітря.

На сьогодні в Україні застосовуються традиційні та оновлені сучасні системи вентиляції й відповідне технологічне обладнання (рис. 2.1 та рис. 2.2). Найбільш поширеними є такі системи вентиляції [12,13]:

- механічні фільтровентиляційні установки типу ФВУ – застосовуються у сховищах із середини ХХ століття. Вони забезпечують фільтрацію повітря через вугільні та комбіновані фільтри та можуть працювати в ручному або автоматизованому режимі [7].
- модернізовані системи з рекуперацією тепла – інтегруються у новобудови та адаптовані захисні споруди. Перевагами є енергоефективність, мінімальне втручання у конструкцію споруди та здатність до автоматичної адаптації до змін якості повітря [14].
- мобільні вентиляційні установки – використовуються як тимчасове рішення у випадках, коли стаціонарні системи вийшли з ладу або не були передбачені. Такі системи дозволяють швидко розгорнути вентиляцію у польових умовах [15].

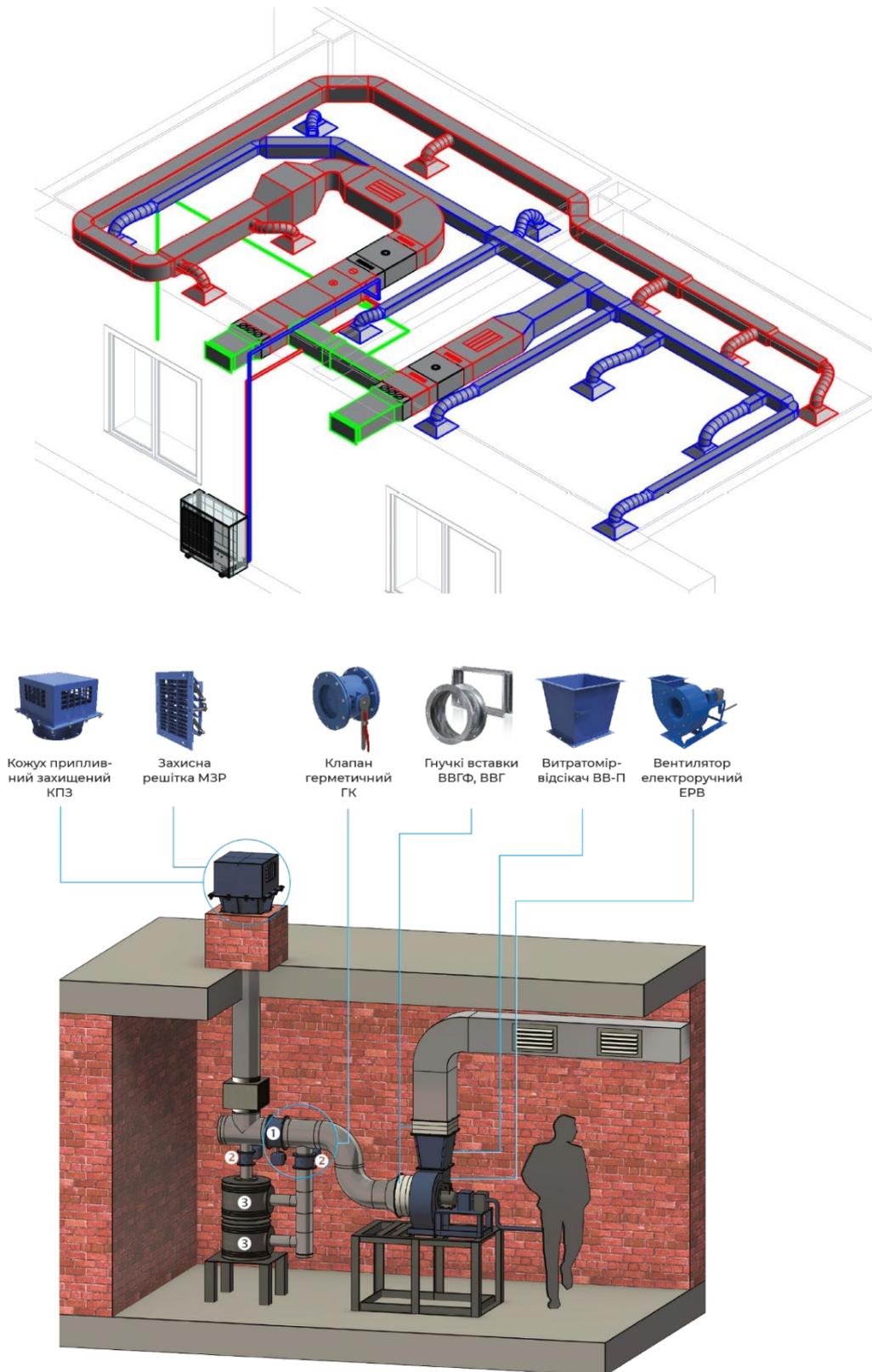


Рисунок 2.1 Системи вентиляції захисних споруд цивільного захисту (https://lika.net.ua/blog_page/70-ventilyaciya-bombosxovishh-vidi-ta-pravila-oblastuvannya; <https://vents.ua/shelters/>)

Для оцінки ефективності застосування вентиляційних систем використовуються такі показники:

- продуктивність системи ($\text{м}^3/\text{год}$) – відповідає за кількість повітря, що подається на одну особу відповідно до нормативів (не менше $10 \text{ м}^3/\text{год}$ у режимі фільтровентиляції) [2];
- рівень захисту від небезпечних речовин – визначається ступенем очищення повітря фільтрами (наприклад, для ФВУ – понад 95% затримки дрібнодисперсних аерозолів) [7];
- енергоспоживання – критично важливе для автономного режиму роботи споруди;
- надійність та автономність – здатність функціонувати без зовнішнього живлення, в умовах руйнування інфраструктури;
- простота обслуговування – важлива в умовах обмеженого персоналу.

Проведений аналіз свідчить, що традиційні ФВУ є достатньо надійними, але морально застарілими, мають велику вагу та потребують частого обслуговування. Сучасні системи із рекуперацією забезпечують вищу енергоефективність, проте мають нижчу захисну здатність у режимах надзвичайних ситуацій [14,23]. Мобільні рішення мають обмежену продуктивність, але незамінні у випадку руйнування стаціонарної інфраструктури [15].

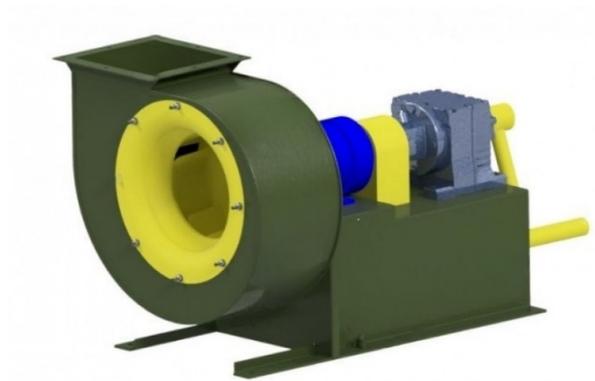


Рисунок 2.2 Фільтри для систем вентиляції споруд цивільного захисту населення (https://provent.ua/product/ventilyator-dlya-bomboubezshishcha-erv/?utm_source=google&utm_medium; <https://rukaviza.com/p910172450-filtr-poglotitel-fpu.html>; <https://turbovent.com.ua/ua/p1488421474-filtr-kassetnyj-turbovent.html>)

Порівняльну характеристику найпоширеніших рішень для системи вентиляції споруди цивільного захисту населення наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 Порівняльні характеристики систем вентиляції споруд цивільного захисту

Показник	Вентиляційні установки (ФВУ-100)	Сучасна система з рекуперацією	Мобільна установка (тип МВУ)
Продуктивність, м ³ /год	100–300	150–500	80–150
Ступінь фільтрації	95–99% (комбіновані фільтри)	85–90% (НЕРА+вугільний фільтр)	90%
Потреба в енергоживленні	Висока	Середня	Низька (живлення від АКБ)
Можливість автономної роботи	Обмежена	Так (з акумулятором)	Так
Простота обслуговування	Середня	Висока	Висока
Вартість установки (орієнт.)	Середня	Висока	Низька
Стійкість до механічного впливу	Висока	Низька–середня	Середня

Аналіз результатів з табл. 2.1 свідчить, що традиційні ФВУ забезпечують найвищу фільтраційну здатність, однак мають недоліки в енергоефективності та обслуговуванні. Сучасні системи з рекуперацією є придатними для нових споруд або оновлення частково захищених приміщень, тоді як мобільні системи – оптимальне рішення для резервного використання або у разі обмеженого бюджету.

На практиці доцільним є комбіноване використання основних стаціонарних систем із мобільними резервними модулями. Також перспективним є впровадження систем моніторингу повітря у реальному часі та

автоматичне регулювання режиму вентиляції залежно від рівня забруднення [19,20].

Отже, оцінка ефективності існуючих рішень показала, що, попри наявність застарілих, але ще працездатних систем, значна частина захисних споруд вимагає модернізації вентиляційного обладнання. Інтеграція сучасних фільтраційних матеріалів, автономних джерел живлення та цифрових систем управління дозволить істотно підвищити ефективність роботи вентиляції у надзвичайних ситуаціях.

2.4. МОДЕЛЮВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ В ПОВІТРОПРОВОДАХ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК

Моделювання аеродинамічних режимів в повітропроводах для системи вентиляції включає в себе кілька ключових етапів. Для коректного проектування повітропроводів необхідно враховувати різні параметри та характеристики, які визначають ефективність роботи вентиляційної системи.

Споруда цивільного захисту населення, що проектується, знаходиться в місті Хмельницький.

Природно-кліматичні умови:

- зовнішня температура у розрахунковий зимовий період: $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- глибина промерзання ґрунту: 0,7 м.

Основні параметри споруд:

- площа приміщення споруди цивільного захисту населення: $86,17\text{ м}^2$;
- об'єм приміщення споруди цивільного захисту населення: 6400 м^3 ;
- споруди цивільного захисту населення місткістю 50 осіб.

Основні характеристики систем вентиляції:

- система вентиляції: припливна з механічним спонуканням, вентиляція працює в режимі I (чистої вентиляції);

- матеріали повітропроводів: тонколистова оцинкована сталь відповідно до ГОСТ 14918-80;
- теплоізоляція: універсальна листова ізоляція з клейовим шаром, закритим адгезійною плівкою (наприклад, "THERMAFLEX Termasheet ECO SA");
- протипожежні заходи: встановлено противибухові клапани, клапани скиду надлишкового тиску, зворотні клапани.

Споруда цивільного захисту населення побудована за монолітно-каркасною технологією та майже повністю знаходиться в землі. Товщина бетонних стін та перекриття становить 0,4 м. Зверху більше 1 метра насипу землі.

Відповідно до класифікації споруд цивільного захисту населення наша споруда належить до таких типів:

- 1) за призначенням - протирадіаційне укриття (ПРУ);
- 2) за місцем розташування - окремо розташоване;
- 3) за місткістю - мале;
- 4) за формою власності - приватне;
- 5) за режимом експлуатації - подвійного призначення.

Відповідно до ДБН В.2.2-5:2023, споруди цивільного захисту населення підлягають обладнанню системами вентиляції, захисними, захисно-герметичними, противибуховими, санітарно-технічними та іншими пристроями та системами життєзабезпечення, що забезпечують їх герметизацію та автономність функціонування впродовж не менше 48 годин поспіль.

Розрахункові параметри зовнішнього та внутрішнього повітря для розробки проєктних рішень прийняті у відповідності до вимог ДБН В.2.5-67:2013, ДБН В.2.2-43:2021.

Для споруди цивільного захисту населення передбачено влаштування припливної системи вентиляції із механічним спонуканням та витяжної природної вентиляції. Повітрообмін в приміщенні забезпечує норми подачі зовнішнього повітря, а саме 10 – 15 м³ на особу, оскільки систему вентиляції

проектують, враховуючи максимальну кількість людей, яка може одночасно розташовуватися в укритті.

Розрахункова кількість повітря, яке подається в захисну споруду при режимі І (чиста вентиляція), м³/год, визначається за формулою:

$$L = QT / (1,2 (I_{вн} - I_з)), \quad (2.1)$$

де QT – кількість тепла, яке виділяється від людей, електричного освітлення, електросилового обладнання, ккал/год;

I_з – тепловміст зовнішнього повітря, який відповідає середньомісячній температурі та вологості найтеплішого місяця, ккал/кг;

I_{вн} – тепловміст внутрішнього повітря, який відповідає допустимим сполученням температури та вологості повітря, ккал/кг (визначається за графіками у залежності від розрахункових тепловмісту I_з та вологовмісту I_{вн} зовнішнього повітря по I-d діаграмі відповідного кліматичного району).

Для системи вентиляції споруди цивільного захисту населення повітропроводи виконуються із тонколистової оцинкованої сталі відповідно до ДБН В.2.5-67:2013. Між забором або викидом повітря та противибуховими захисними секціями повітропроводи передбачаються зі сталевих зварних прямошовних труб, товщина сталі 5 мм, оскільки такі повітропроводи мають значно більшу герметичність та міцність, яка може витримати ударну хвилю.

Для того щоб правильно спроектувати систему вентиляції розраховано кількість повітря, яка повинна проходити через кожен з повітропроводів. Витрати повітря в повітропроводах визначаються за формулою:

$$Q = V \cdot A, \quad (2.2)$$

де: Q — витрата повітря (м³/с),

V — швидкість повітря в каналі (м/с),

A — переріз повітропроводу (м²).

Також враховується необхідний об'єм повітря для кожної конкретної зони або приміщення.

Після визначення витрат повітря розраховується діаметр повітропроводу або площа його перерізу. Для цього використовується формула, що зв'язує витрату повітря, швидкість та розмір каналу:

$$A = \frac{Q}{a}. \quad (2.3)$$

Повітропроводи мають гідравлічний опір, який залежить від довжини каналу, його форми, матеріалу поверхні та швидкості повітря. Основними параметрами для розрахунку опору є:

- опір на стискування повітря - це пов'язано з тертям повітря об стінки каналу, яке залежить від швидкості потоку та характеристик поверхні каналу;
- коефіцієнт тертя (f) визначається за допомогою формул, що залежать від типу поверхні (гладка чи шорстка);

Втрата тиску визначена із рівняння Дарсі-Вейсбаха:

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho V^2}{2}, \quad (2.4)$$

де: ΔP — втрата тиску, Па;

f — коефіцієнт тертя;

L — довжина повітропроводу, м;

D — діаметр повітропроводу, м;

ρ — густина повітря, кг/м³;

V — швидкість повітря, м/с.

Для точного розрахунку аеродинамічного режиму враховують температуру та вологість повітря, оскільки ці фактори впливають на густину повітря та коефіцієнти тертя.

Для досягнення оптимальних параметрів системи вентиляції необхідно вибрати правильну швидкість руху повітря в повітропроводах. Вона повинна

бути такою, щоб забезпечити хорошу циркуляцію повітря без надмірних шумів та енергетичних витрат. Оптимальні швидкості зазвичай варіюються:

- для побутових приміщень: 3-5 м/с.
- для промислових приміщень: 8-12 м/с.

Для системи вентиляції споруди цивільного захиста населення оптимальною є швидкість 3-5 м/с, проте на коротких ділянках повітропроводу вона може досягати до 10 м/с.

Результати моделювання повітропроводів можна розглянути на прикладі системи П1 (рис. 2.3) та наведено в табл. 2.4.

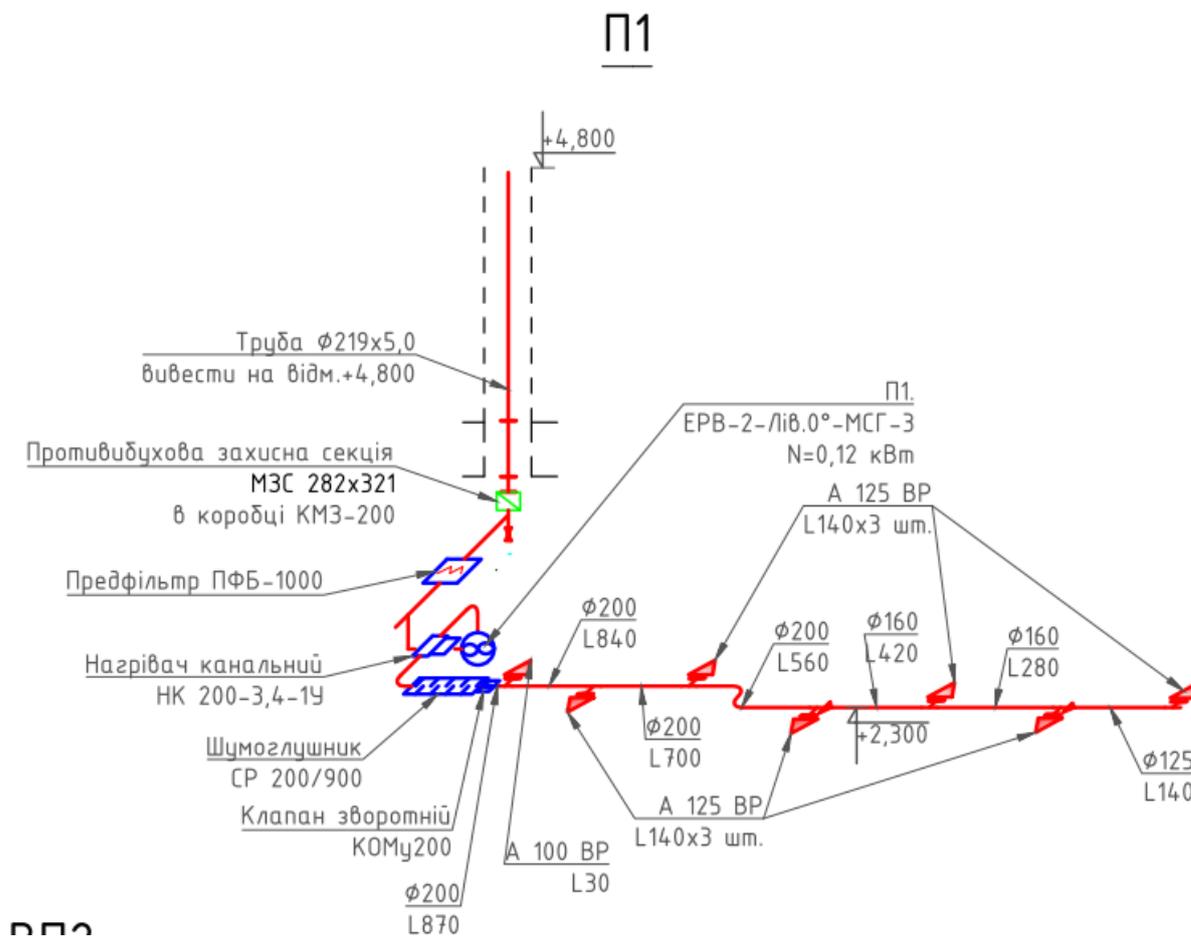


Рисунок 2.3 Розрахункова схема повітропроводів

Таблиця 2.3 Результати моделювання аеродинамічних режимів системи П1

Розміри	L,	Допустимі	Фактичні	

повітропроводу, d, мм	м3/год	швидкості V, м/с	швидкості V', м/с	Альтернативний розмір повітропроводу, a*b, мм
1	2	3	4	5
200	870	8-12	7,7	200x200
200	700	8-12	6,2	200x150
200	560	8-12	5	200x150
160	420	8-12	5,8	200x100
160	280	8-12	3,9	200x100
125	140	8-12	3,2	150x100

З метою покращення показників енергоефективності системи вентиляції в споруді цивільного захисту населення передбачено встановлення зворотнього клапана на вході припливної системи в приміщення. Це дасть можливість перекрити потрапляння холодного повітря в приміщення в холодну пору року в той час, коли система не використовується. Для збереження температури припливного повітря передбачено утеплення припливних повітропроводів. Такі заходи дадуть можливість знизити експлуатаційні витрати на підігрів припливного повітря та опалення приміщення.

2.5 ВИСНОВКИ ДО 2 РОЗДІЛУ

- 1) Обґрунтовано основні вимоги до технічних рішень проекту систем вентиляції в спорудах цивільного захисту населення. Результати порівняльних характеристик вимог до систем вентиляції дозволили

обрати один із раціональних варіантів конструктивно-технологічних рішень.

- 2) Визначено основні критерії оцінки енергоефективності проєктів конструктивно-технологічних рішень системи вентиляції захисних споруд цивільного захисту населення.
- 3) Оцінка ефективності впровадження інноваційних технологічних рішень під час влаштування системи вентиляції в захисних спорудах свідчить про доцільність використання альтернативних джерел енергії для забезпечення функціонування елементів системи забезпечення мікроклімату повітря, що надходить зовні.
- 4) У результаті проведеного моделювання аеродинамічних режимів повітропроводів для споруди цивільного захисту населення визначено основні параметри вентиляційної системи, необхідні для забезпечення належного повітрообміну та підтримання нормативного мікроклімату у захисних приміщеннях. Встановлено оптимальні діаметри повітропроводів, швидкість повітряного потоку та втрати тиску в системі, що забезпечує ефективну роботу вентиляції при мінімальних енергетичних витратах. Визначено раціональне розташування повітропроводів та місць їх підключення до вентиляційного обладнання, що сприяє рівномірному розподілу повітря в усіх зонах приміщення.
- 5) Проведене моделювання підтвердило відповідність розробленої системи вентиляції вимогам нормативних документів, зокрема щодо кратності повітрообміну, швидкості руху повітря та гігієнічних норм. Це дозволяє забезпечити надійний захист людей у разі надзвичайних ситуацій, а також створити комфортні умови перебування в укритті протягом тривалого часу.

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ

У приміщенні споруди цивільного захисту населення передбачено припливну систему із механічним спонуканням із застосуванням електровентилятора з ручним приводом (тип вентилятора ЕРВ2). Система вентиляції працює в режимі І (чистої вентиляції). Видалення повітря передбачається шляхом підпору припливного повітря через встановлення клапанів скиду надлишкового тиску та природньої витяжної вентиляції з санвузлів. Експлуатаційний підпір повітря має становити 50 Па. Довжина повітропроводу від електроручного вентилятора до найбільш віддаленого вентиляційного отвору має бути не більше ніж 30 м.

Для захисту від вибухової хвилі на припливних та витяжних повітропроводах встановлюються противибухові захисні секції.

Джерелом тепла для підігрівання припливного повітря слугує електронагрівальна установка.

Передбачено очищення припливного повітря від твердих та дрібних часток пилу шляхом встановлення фільтрів тонкого очищення повітря [тип фільтра ПФБ-1000].

Повітропроводи системи вентиляції споруди цивільного захисту населення прокладаються під стелею і виконуються із тонколистової оцинкованої сталі відповідно до ДБН В.2.5-67:2013. Між забором або викидом повітря та противибуховими захисними секціями повітропроводи передбачаються зі сталевих зварних прямошовних труб, товщина сталі 5 мм. Для запобігання утворення конденсату припливний повітропровід необхідно теплоізулювати універсальною листовою ізоляцією з клейовим шаром, закритим адгезійною плівкою. Розподіл повітря здійснюється за допомогою стельових клапанів – анемостатів.

В дверях приміщень, де встановлюється лише витяжна система вентиляції, необхідно встановити ґратки для перетоку повітря.

Для чистої вентиляції повітрязбори повинні бути роздільними та мають розміщуватися поза межами можливих завалів будівель і споруд. На повітрязборах і витяжних пристроях слід передбачити встановлення противибухових пристроїв, що мають захисний короб.

У результаті проведених розрахунків визначено необхідний об'єм повітрянотообміну для нормального функціонування споруди, обґрунтовано вибір типу вентиляції – механічної (примусової) та природньої, що забезпечує стабільну подачу та видалення повітря в умовах обмеженої зовнішньої циркуляції, підібрано необхідне вентиляційне обладнання (вентилятори, фільтри, повітропроводи) відповідно до розрахованих параметрів, забезпечено відповідність системи вентиляції вимогам з герметичності, фільтрації та регулювання повітряного обміну в умовах можливого застосування небезпечних речовин або техногенних загроз.

Таким чином, спроектована система вентиляції дозволить підтримувати допустимі параметри повітряного середовища у захисній споруді, що гарантує безпечне перебування людей протягом визначеного часу у разі надзвичайної ситуації.

3.2. ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ І ОБ'ЄМІВ РОБІТ

3.2.1. СКЛАД РОБІТ:

- Підбір, комплектація, доставка матеріалів на об'єкт;
- Встановлення вентилятора електричного з ркчним приводом ЕРВ-2-Лів0°-МСГ-3;
- Встановлення передфільтра ПБФ-1000;
- Встановлення противибухових захисних секцій МЗС 282x321;
- Встановлення коробки мнтажної для захисної секції КМЗ-200;
- Встановлення коробок мнтажних для захисних секцій КМЗ-150;

- Встановлення клапанів надлишкового тиску КНТМ-150;
- Встановлення нагрівача каналного НК 200-3,4-1 У;
- Встановлення шумоглушника СР 200/900;
- Встановлення клапана зворотного КОМу200;
- Встановлення припливно-витяжних анемостатів А 100 ВР;
- Встановлення припливно-витяжних анемостатів А 125 ВР;
- Прокладання повітропроводів із тонколистової оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм, d100 мм;
- Прокладання повітропроводів із тонколистової оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм, d125 мм;
- Прокладання повітропроводів із тонколистової оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм, d160 мм;
- Прокладання повітропроводів із тонколистової оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм, d200 мм;
- Прокладання труб сталевих електрозварних прямошовних DN100 (108x4,0);
- Прокладання труб сталевих електрозварних прямошовних DN150 (159x5,0);
- Прокладання труб сталевих електрозварних прямошовних DN200 (219x5,0);
- Влаштування ізоляції листової з клейовим шаром Thermaflex товщиною 10 мм;
- Встановлення припливно-витяжних дверних решіток МВ 430/2;
- Покриття сталевих труб олійною фарбою в 2 шари;
- Пуско-налагоджувальні роботи;
- Вивезення деталей з будівельного майданчика.

3.2.2. ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ РОБІТ

1. Підбір, комплектація, доставка матеріалів на об'єкт. Загальна вага усіх деталей 1270 кг (1,27 т). Приймаємо об'єм V – 1,27 т.
2. Встановлення вентилятора електричного з ркчним приводом ЕРВ-2-Лів0°-МСГ-3. Одиниця вимірювання – 1 шт. Кількість вентиляторів складає 1 шт., отже V=1.

3. Встановлення передфільтра ПБФ-1000. Одиниця вимірювання – 1 шт. Кількість передфільтрів складає 1 шт., отже $V=1$.
4. Встановлення противибухових захисних секцій МЗС 282x321. Одиниця вимірювання – 1 шт. Кількість противибухових секцій складає 3 шт., отже $V=3$.
5. Встановлення коробки монтажної для захисної секції КМЗ-200. Одиниця вимірювання – 1 шт. Кількість коробок монтажних складає 1 шт., отже $V=1$.
6. Встановлення коробок монтажних для захисних секцій КМЗ-150. Одиниця вимірювання – 1 шт. Кількість коробок монтажних складає 2 шт., отже $V=2$.
7. Встановлення клапанів надлишкового тиску КНТМ-150. Одиниця вимірювання – 1 шт. Кількість клапанів складає 3 шт., отже $V=3$.
8. Встановлення нагрівача каналного НК 200-3,4-1 У. Одиниця вимірювання – 1 шт. Кількість нагрівачів складає 1 шт., отже $V=1$.
9. Встановлення шумоглушника СР 200/900. Одиниця вимірювання – 1 шт. Кількість шумоглушників складає 1 шт., отже $V=1$.
10. Встановлення клапана зворотного КОМу200. Одиниця вимірювання – 1 шт. Кількість клапанів складає 1 шт., отже $V=1$.
11. Встановлення припливно-витяжних анемостатів А 100 ВР. Одиниця вимірювання – 1 шт. Кількість анемостатів складає 4 шт., отже $V=4$.
12. Встановлення припливно-витяжних анемостатів А 125 ВР. Одиниця вимірювання – 1 шт. Кількість анемостатів складає 6 шт., отже $V=6$.
13. Прокладання повітропроводів із тонколистової оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм, $d100$ мм Одиниця вимірювання – 100м. Довжина повітропроводів складає 6,0 м. Приймаємо об'єм $V=6,0$ м.
14. Прокладання повітропроводів із тонколистової оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм, $d125$ мм. Одиниця вимірювання – 100м. Довжина повітропроводів складає 1,5 м. Приймаємо об'єм $V=1,5$ м.
15. Прокладання повітропроводів із тонколистової оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм, $d160$ мм. Одиниця вимірювання – 100м. Довжина повітропроводів складає 3,5 м. Приймаємо об'єм $V=3,5$ м.

16. Прокладання повітропроводів із тонколистової оцинкованої сталі, товщиною 0,5 мм, $d=200$ мм. Одиниця вимірювання – 100м. Довжина повітропроводів складає 10,0 м. Приймаємо об'єм $V=10,0$ м.
17. Прокладання труб сталевих електрозварних прямошовних DN100 (108x4,0). Одиниця вимірювання – 100м. Довжина труб складає 2,5 м. Приймаємо об'єм $V=2,5$ м.
18. Прокладання труб сталевих електрозварних прямошовних DN150 (159x5,0). Одиниця вимірювання – 100м. Довжина труб складає 17 м. Приймаємо об'єм $V=17$ м.
19. Прокладання труб сталевих електрозварних прямошовних DN200 (219x5,0). Одиниця вимірювання – 100м. Довжина труб складає 7,0 м. Приймаємо об'єм $V=7,0$ м.
20. Влаштування ізоляції листової з клейовим шаром Thermaflex товщиною 10 мм. Одиниця вимірювання – 10м^2 . Кількість ізоляції складає $8,63\text{ м}^2$. Приймаємо об'єм $V=8,63\text{ м}^2$.
21. Встановлення припливно-витяжних дверних решіток MB 430/2. Кількість решіток складає 5 шт. Приймаємо об'єм $V=5$ шт.
22. Покриття сталевих труб олійною фарбою в 2 шари. Загальна площа фарбування складає $14,16\text{ м}^2$. Приймаємо об'єм $V=14,16\text{ м}^2$.
23. Пуско-налагоджувальні роботи. Загальна кількість систем, де проводились пуско-налагоджувальні роботи, становить 3 шт.: П1, ВП1, ВП2. Приймаємо об'єм $V=3$ шт.
24. Вивезення деталей з будівельного майданчика. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей 450 кг (0,45 т). Приймаємо об'єм $V=0,45$ т.

3.2.3. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Для забезпечення необхідного повітрообміну системи вентиляції споруди цивільного захисту населення проектом передбачено припливну систему

вентиляції з механічним спонуканням. Вентиляція працює у режимі чистої вентиляції, без рециркуляції. Основним елементом є вентилятор типу ЕРВ-2-Лів.0°-МСГ-3 потужністю 0,12 кВт, що забезпечує примусову подачу повітря. Видалення повітря організоване шляхом підпору припливного повітря із використанням клапанів скидання надлишкового тиску (КНТМ-150) та зворотних клапанів (КОМу200). Для безпеки в умовах можливого вибуху встановлюються противибухові секції (МЗС 282x321 у коробках КМЗ-150/200).

Повітропроводи виконані з тонколистової оцинкованої сталі згідно ГОСТ 14918-80 та монтуються під стелею. Для запобігання утворенню конденсату припливні повітропроводи теплоізолюються універсальною ізоляцією "ThermafleX". Повітророзподіл у приміщеннях організовано за допомогою стельових клапанів-анемостатів типу А 100 ВР, А 125 ВР. У приміщеннях із витяжною вентиляцією передбачено встановлення вентиляційних решіток у дверях для забезпечення перетоку повітря.

Етапи монтажу повітропроводів системи вентиляції зазвичай включають такі основні кроки:

1. Підготовчі роботи:

- Вивчення проєктної документації (плани, схеми, специфікації).
- Вибір типу повітропроводів (жорсткі/гнучкі, круглі/прямокутні).
- Підготовка інструментів, кріплень, ізоляційних матеріалів.
- Доставка та перевірка обладнання та матеріалів на об'єкті.

2. Розмітка траси:

- Нанесення розмітки згідно з проєктом на стіни, стелю або підлогу.
- Визначення точок кріплення повітропроводів, фасонних елементів та місць розміщення вентиляційного обладнання.

3. Монтаж кріплень:

- Установка анкерів, підвісів, консолей, напрямних.

- Перевірка рівня та відстаней між кріпленнями (зазвичай 1,5–2 м для горизонтальних ділянок).

4. Монтаж повітропроводів:

- Монтаж прямолінійних ділянок (починаючи з основного стояка чи вентиляційної установки).
- З'єднання секцій повітропроводів (фланцеве, муфтове, ніпельне тощо).
- Монтаж відгалужень, відводів, трійників, перехідників.

5. Герметизація та ізоляція:

- Герметизація стиків (стрічкою, герметиком або ущільнювачем).
- Тепло- і звукоізоляція повітропроводів, особливо в опалюваних/неопалюваних приміщеннях.

6. Монтаж вентиляційного обладнання:

- Підключення вентиляторів, фільтрів, клапанів, шумоглушників.
- Кріплення решіток, дифузорів, анестетичних панелей.

7. Контроль та випробування:

- Перевірка герметичності, відсутності вібрацій і шуму.
- Балансування системи — налаштування повітряних потоків.
- Проведення пуско-налагоджувальних робіт.

8. Здача об'єкта в експлуатацію:

- Оформлення актів виконаних робіт.
- Навчання персоналу або користувача (у разі потреби).

Запропоновані технічні рішення забезпечують:

- відповідність проєкту санітарно-гігієнічним вимогам;
- енергоефективність та автономність систем;

- вибухозахист у критичних зонах;
- простоту та безпечність монтажу згідно з серіями 5.904-1 та 4.904-69;
- уніфікацію обладнання з урахуванням технічного обслуговування та експлуатації.

Таким чином, вибрані методи виконання робіт є оптимальними для умов об'єкта, забезпечують надійність та безпеку інженерних систем.

3.2.4. ВИТРАТА МАТЕРІАЛІВ ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ МОНТАЖІ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Перелік матеріалів та обладнання для влаштування систем опалення та вентиляції наведений у відомості в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Відомість матеріалів та обладнання

Найменування	Од.вим.	К-сть
Електроручний вентилятор ЕРВ-2-лів.0-МСГ-3 з монтажним столом	шт.	1,00
Передфільтр ПФБ-1000 (аналог)	шт.	1,00
Малогабаритна захисна секція МЗС 282x321	шт.	3,00
Сталева коробка КМЗ 200	шт.	1,00
Сталева коробка КМЗ 150	шт.	2,00
Клапан надлишкового тиску КНТМ150	шт.	3,00
Нагрівач канальний НК-200-3,4-1 У	шт.	1,00
Шумоглушник d200	шт.	1,00
Зворотній клапан d200	шт.	1,00
Анемостат А125 ВРФ	шт.	6,00
Анемостат А100 ВРФ	шт.	4,00
Повітропровід з оцинкованої сталі 0,5 мм	м2	10,50
Труба сталевая прямошовна DN100	М	10,00
Труба сталевая прямошовна DN150	М	2,50
Труба сталевая прямошовна DN200	М	17,00
Ізоляція листовая з клейовим шаром, 10 мм	м2	8,63
Решітка МВ 430/2	шт.	5,00

Набір інструментів для монтажників системи опалення наведений в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Набір інструментів для монтажників системи вентиляції

№ з/п	Найменування пристроїв та засобів виміральної техніки	Кількість, шт.
1	Тура	1
2	Електродріль електрична	2
3	Перфоратор електричний	2
4	Кутова шліфмашина	2
5	Акумуляторний шурупокрут	4
6	Рівні будівельні 1м, 2м	2
7	Рулетки	4

Труби, деталі, конструкції та обладнання для систем опалення ввозяться автомашиною Renault Master.

Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Технічні характеристики автомашини

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Вантажопідйомність	кг	5000
Кількість осей:		
всього	шт	2
ведучих	шт	1
Вантажна висота	мм	2545
Найбільша швидкість	км/год	96.5
Радіус повороту	мм	12300 -17800
Колія колес:		
передні	мм	2000
задні	мм	2100
Витрата палива	л/100 км	14
Габаритні розміри:		
довжина	мм	5148
ширина	мм	3182
висота	мм	2545
Маса повна	кг	3500

3.3. ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ НОРМАТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Обґрунтування та вибір обладнання для забезпечення нормативних характеристик системи вентиляції споруди цивільного захисту населення включає декілька ключових аспектів, які необхідно врахувати для ефективної роботи системи та забезпечення безпеки людей в умовах надзвичайних ситуацій.

Для правильного вибору вентиляційного обладнання важливо врахувати нормативні вимоги та стандарти, що визначають:

- об'єм повітря, який має бути подано та видалено - залежності від типу укриття, розраховується необхідний обсяг повітря для припливної та витяжної вентиляції для забезпечення комфортних умов, це може включати мінімальні вимоги до обміну повітря на одну людину;
- природна або механічна вентиляція - в залежності від можливостей та необхідних умов, вибирають між природною (через вентиляційні шахти, отвори) та механічною (з використанням вентиляторів) вентиляцією;
- підтримка заданого температурного режиму - для укриттів важливим є контроль температури, зокрема за допомогою системи вентиляції з можливістю регулювання температури та вологості;
- запобігання накопиченню шкідливих газів - вентиляція має забезпечувати видалення шкідливих газів (наприклад, CO₂) або відновлення кисню при обмежених умовах.

Для вибору оптимального обладнання необхідно враховувати кілька важливих параметрів:

- продуктивність вентилятора - важливо вибрати вентилятор, здатний забезпечити достатній обмін повітря для конкретних умов укриття;

- тип вентилятора - залежно від необхідних характеристик, можна використовувати електроручні вентилятори, осьові вентилятори, каналні вентилятори або центральні вентиляційні системи з фільтрацією;
- рівень шуму - укриттях, де перебувають люди, важливим параметром є низький рівень шуму вентиляційного обладнання для забезпечення комфорту;
- енергоспоживання - для довготривалого функціонування важливо обрати енергоефективне обладнання;
- автономність - в разі надзвичайної ситуації може бути необхідна автономна робота вентиляційної системи (наприклад, за допомогою генераторів, сонячних батарей або інших резервних джерел енергії).

Найпоширенішими для використання в припливних та витяжних системах вентиляції споруд цивільного захисту населення є електроручні вентилятори ЕРВ. Вони призначені для застосування в припливних та витяжних системах у режимі чистої вентиляції (режим I) та фільтровентиляції (режим II). Можуть працювати від електричної мережі та ручного привода. Застосовуються переважно в захисних спорудах цивільного захисту, можуть використовуватися для вентиляції колодязів та інших споруд в умовах відсутності електроживлення. При виборі вентилятора необхідно враховувати витрату фільтровентиляції та підпору повітря у споруду. Якщо характеристики вентилятора не покривають потреб чистої вентиляції, можливе використання декількох вентиляторів ЕРВ з паралельною роботою в системі.

Споруда цивільного захисту населення, для якої розробляється проект системи вентиляції, розрахована на 50 осіб. За призначенням вона є протирадіаційним укриттям. Відповідно до ДБН В.2.2-5:2023, об'єм повітря, яке треба подати в таку споруду становить 10 – 15 м³ на одну особу. Для нашої споруди мінімальна кількість припливного повітря становить 500 – 750 м³/год. Для припливної системи вентиляції використаємо вентилятор ЕРВ-2 з двигуном 0,12 кВт виробника Укрвент. Технічні характеристики даного вентилятора

наведено на рис. 3.1 та в табл. 3.1, який надає виробник в своєму каталозі обладнання та таблиці характеристик обладнання.

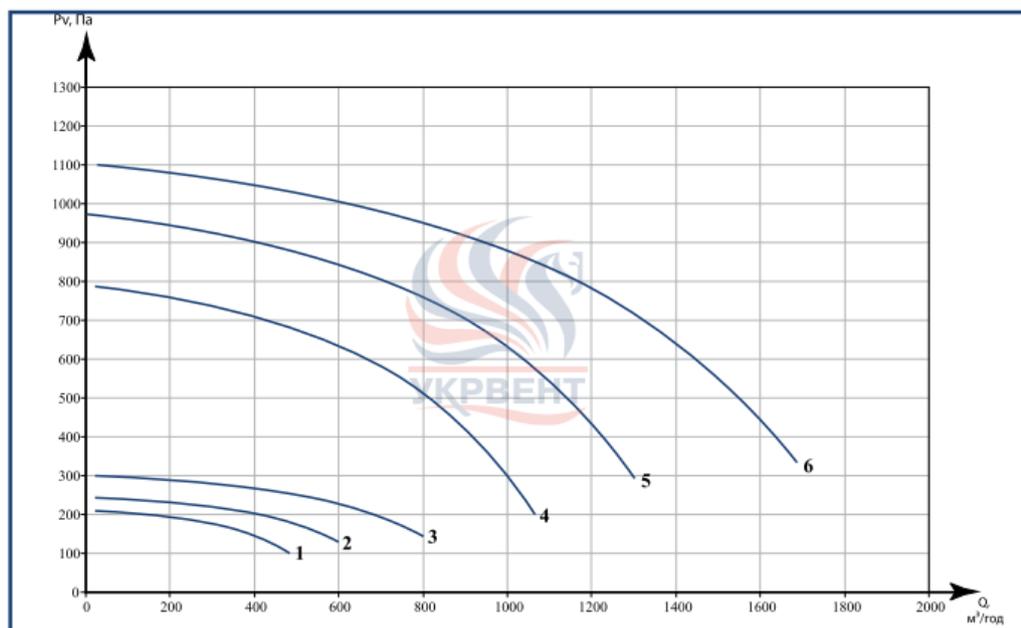


Рисунок 3.1 Графічне зображення технічних характеристик вентилятора

Таблиця 3.4 Технічні характеристики вентилятора серії ЕРВ-2

№ кривої	Потужність, кВт	Частота обертання робочого колеса, об./хв.	Кількість необхідних обертів рукоятки, об./хв.	Зусилля на рукоятці, Н/кг	Номинальний струм, А
1	0,12	1325	30-33	90/9	0,5
2	0,12	1325	30-33		0,5
3	0,12	1325	30-33		0,5
4	0,12	2700	67-72		0,73
5	0,12	2720	68-72		0,84
6	0,12	2730	68-72		1

Виходячи з наданих виробником технічних характеристик, вентилятор ЕРВ-2 повністю забезпечить всі нормативні вимоги до системи вентиляції. Також не менш важливим є те, що навіть при невеликій кількості обертів ручним приводом,

30-33 об./хв., в разі відсутності електроенергії цей вентилятор також забезпечить нормативні параметри.

Для підігріву припливного повітря використаємо кальний нагрівач НК 200-3,4-1 У виробника Вентс. Дана модель електричного калорифера відрізняється своєю енергоефективністю, оскільки вона має вбудоване регулювання температури для підігрівання повітря в системах припливної вентиляції. Для автоматичної підтримки температури повітря в каналі на заданому значенні в цій серії нагрівачів НК встановлений блок управління. Канальний нагрівач НК 200-3,4-1 У обладнаний двома термостатами захисту від перегрівання: основним та аварійним. Основний захист з автоматичним перезапуском (температура спрацьовування $+50^{\circ}\text{C}$). Після охолодження термостат автоматично замикає керуючий ланцюг нагрівача. Аварійний захист з ручним перезапуском (температура спрацьовування $+90^{\circ}\text{C}$). У разі спрацьовування живлення на нагрівач можна подати тільки після ручного скидання аварії. Оскільки дана модель нагрівача має функцію автоматичної підтримки температури повітря, це дає можливість значно знизити експлуатаційні витрати на електроенергію.

В процесі проектування системи вентиляції споруд цивільного захисту населення, які можуть бути піддані впливу шкідливих газів або пилу, важливо передбачити систему фільтрації повітря. Для нашої споруди використаємо пакетний передфільтр ПФБ-1000 виробництва Укрвент.

Основна функція предфільтра ПФБ-1000 полягає в тонкому очищенні повітря від усіх видів пилу, в тому числі радіоактивного. ПФБ-1000 використовується у всіх режимах вентиляції, у будь-яких наземних та підземних приміщеннях, у температурному діапазоні від -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Допустима відносна вологість повітря – 95%. Принцип роботи предфільтра ПФБ-1000 полягає в тому, що забруднене повітря надходить в корпус передфільтра, проходить через чотири фільтруючі секції фільтра-пакета.

Для підбору передфільтра ПФБ-1000 використовуємо технічні характеристики, надані виробником [табл. 3.2].

Таблиця 3.5 Основні технічні характеристики предфільтрів ПФБ-1000

Параметр	Одиниця виміру	Значення
Номінальна витрата повітря	м ³ /год	1000
Початковий опір при постійному потоку повітря, не більше	Па (мм вод. ст.)	245 (25)
Кінцевий опір при постійному потоку повітря, не більше	Па (мм вод. ст.)	735 (75)
Коефіцієнт підсмоктування (ступінь негерметичності), не більше	%	1
Ефективність очищення повітря при середньому діаметрі частинок 0,31 мкм, не більше	%	86

Для захисту від вибухової хвилі використовуємо малогабаритні захисні секції МЗС 282x321. Їх принцип роботи полягає в тому, що вони автоматично, під дією ударної хвилі, перекривають вентиляційні шахти чи повітропроводи та забезпечують захист від проникнення хвилі у сховище. Малогабаритні захисні секції захищають від впливу ударної хвилі великої тривалості з тиском від 0,3 до 10 кгс/см² та спрацьовують за 0,4 с.

Підпір припливного повітря в споруді та видалення таким чином відпрацьованого повітря здійснюється за допомогою клапанів надлишкового тиску КНТМ-150. Клапани надлишкового тиску КНТМ призначені для встановлення на повітроводах вентиляційних систем для автоматичної підтримки постійного надлишкового тиску заданої величини у суміжних приміщеннях та для забезпечення перетікання повітря з одного приміщення до іншого тільки в одному напрямку.

Таким чином, забезпечення нормативних характеристик системи вентиляції укриття потребує ретельного підходу до вибору обладнання, з урахуванням вимог до продуктивності, фільтрації повітря, енергоефективності та безпеки користувачів.

3.4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці є важливою складовою науково-дослідної діяльності та проектування інженерних систем, зокрема вентиляційних систем у спорудах цивільного захисту населення. Відповідно до Закону України «Про охорону праці», під час проектування систем життєзабезпечення необхідно враховувати вимоги безпеки для персоналу, обслуговуючого обладнання, та осіб, які перебувають у захисних спорудах.

Енергоефективна система вентиляції в спорудах цивільного захисту не тільки забезпечує належні параметри мікроклімату, а також її функціонування в умовах ускладненої обстановки: при обмеженому енергопостачанні, підвищеному ризику забруднення повітря, хімічної чи біологічної загрози тощо. Енергоефективність такої системи підвищує надійність, зменшує навантаження на резервні джерела живлення та сприяє довготривалому функціонуванню в автономному режимі.

Під час монтажу та технічному обслуговуванні устаткування вентиляційних систем працівники можуть піддаватися дії небезпечних факторів: електричного струму, шуму, пилу, гострих кромek обладнання. Відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», з метою зниження ризиків дії небезпечних факторів необхідно:

- застосовувати індивідуальні засоби захисту: каски, рукавиці, окуляри, респіратори;
- проводити інструктаж з охорони праці перед початком робіт;
- дотримуватися правил безпечної експлуатації електрообладнання;
- забезпечити належне освітлення та вентиляцію під час монтажних робіт у закритих приміщеннях.

Система вентиляції є однією з найважливіших систем життєзабезпечення, тому разі надзвичайної ситуації вона повинна забезпечувати:

- підтримання надлишкового тиску у приміщеннях для недопущення проникнення забрудненого повітря;
- очищення повітря за допомогою фільтрів тонкого очищення, у тому числі фільтрів ПГФ (протигазових фільтрувальних);
- автономну роботу при відключенні зовнішніх джерел електроенергії;
- можливість швидкого перемикання на режими рециркуляції повітря або повного перекриття подачі ззовні;
- аварійне оповіщення та централізоване керування.

У спорудах цивільного захисту населення важливо забезпечити пожежну безпеку, оскільки евакуація може бути ускладнена або неможлива. Основні заходи із забезпечення пожежної безпеки:

- використання вогнестійких матеріалів у конструкції вентиляційної системи;
- застосування димовидалення та протипожежних клапанів;
- наявність автоматичної пожежної сигналізації;
- організація систем аварійного відключення подачі повітря та електроживлення;
- дублювання енергоживлення для забезпечення роботи вентиляції в умовах надзвичайних ситуацій.

Важливою є безпечна експлуатація устаткування системи вентиляції в споруді цивільного захисту населення. Під час роботи вентиляційної системи в споруді цивільного захисту населення необхідно регулярно проводити технічне обслуговування та профілактичні огляди, контролювати герметичність повітроводів і фільтрів, дотримуватись інструкцій з експлуатації вентиляційного обладнання, уникати перевантаження електромереж, що живлять систему. Для забезпечення безпеки під час експлуатації системи необхідно розробити

інструкції дій персоналу на випадок аварії або надзвичайної ситуації, провести навчання та тренування персоналу, забезпечити доступ до засобів зв'язку та сигналізації, мати в наявності плани евакуації та схеми аварійного відключення систем.

Енергоефективна система вентиляції у спорудах цивільного захисту населення враховує енергетичну доцільність та вимоги безпеки життєдіяльності в умовах надзвичайних ситуацій. Дотримання чинних нормативів та використання сучасних технологій дозволяє забезпечити безпечну, економічну та ефективну роботу вентиляційних систем в екстремальних умовах.

3.5. ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ

- 1) Розглянуто організаційно-технологічні аспекти реалізації проєктних рішень щодо системи вентиляції споруди цивільного захисту населення. Об'єкт проєктування — протирадіаційне укриття місткістю 50 осіб, розташоване в місті Хмельницький, відповідає чинним нормативним вимогам та стандартам у галузі цивільного захисту.
- 2) Розроблено проєкт вентиляційної системи комбінованого типу (механічна припливна та природна витяжна вентиляція), яка дозволить забезпечити належний повітрообмін у режимі «чистої вентиляції». Методом чисельного моделювання підтверджено, що при використанні вентилятора ЕРВ-2 забезпечується необхідний об'єм повітря — не менше 500–750 м³/год, що відповідає нормативам.
- 3) Для підтримання необхідного температурного режиму передбачено використання енергоефективного каналного нагрівача НК 200-3,4-1 У з вбудованим терморегулюванням. Забезпечення очищення повітря буде реалізовано шляхом включення у систему вентиляції передфільтра ПФБ-1000, який ефективно затримує пил, включаючи радіоактивні частинки. Також передбачено заходи протипожежного та протиаварійного захисту, а

саме — установлення противибухових клапанів, герметизація повітропроводів, ізоляція та антикорозійний захист.

- 4) Загалом, спроектована система вентиляції є ефективною, енергоощадною та відповідає критичним параметрам, необхідним для забезпечення життєдіяльності людей у захисній споруді протягом щонайменше 48 годин в умовах надзвичайної ситуації.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

4.1. ЛОКАЛЬНИЙ КОШТОРИС ОБ'ЄКТУ

Об'єкт монтажу системи опалення та вентиляції - це споруда цивільного захисту населення для працівників комерційного підприємства.

Кошторисна документація до магістерської кваліфікаційної роботи складена у відповідності до КНУ Настанова з визначення вартості будівництва. (від 01.11.2021 зі змінами).

Локальний кошторис розроблений в поточному рівні цін на трудові і матеріально-технічні ресурси. В локальному кошторисі визначено кошторисну вартість робіт, яка містить в собі прямі та загальновиробничі витрати.

Прямі витрати враховують заробітну плату робітників, вартість експлуатації будівельних машин і механізмів, вартість матеріалів, виробів і конструкцій. Загальновиробничі витрати будівельно-монтажної організації входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Для розрахунку загальновиробничі витрати групуються в три блоки:

- а) засоби на заробітну плату робітників;
- б) відрахування на соціальні заходи;
- в) інші статті загально - виробничих витрат.

Склад, об'єми робіт та необхідну кількість витратних матеріалів наведено у третьому розділі роботи. Основою для розроблення кошторису є креслення елементів системи вентиляції захисної споруди та технічні розрахунки (розділ 2,3).

Кошторисна документація складена за допомогою програмного комплексу «Будівельні Технології: Кошторис».

Локальний кошторис на влаштування системи опалення наведено в табл.

4.1. Вартість робіт становить 323,41828 тис. грн.

КОШТОРИС НА МОНТАЖ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ В СПОРУДІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

Локальний кошторис на будівельні роботи №02-01-01
на влаштування системи вентиляції

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість	323,41828	тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	0,17078	тис.люд.год.
Кошторисна заробітна плата	24,60931	тис. грн.
Середній розряд робіт	3,6	розряд

Складений за поточними цінами станом на "20 травня" 2025 р.

№ Ч. ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год.		
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин		
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	КБ20-31-2	Уст ановлення вент илят орів радіальних масою до 0,12 т	шт	1	<u>2353,85</u> 1904,95	- -	2353,85	1904,95	- -	14,0400	-	14,04 -

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2	С130-68 варіант 1	Вентилятор електро-ручний ЕРВ -2-лів.0-МСГ-3 з монтажним столом	шт	1	<u>44113,27</u> -	- -	44113,27	-	- -	- -	- -	
3	КБ20-45-1	Уст ановлення фільтр рів повітряних	фільтр р	1	<u>2768,15</u> 2370,77	- -	2768,15	2370,77	- -	15,8400	-	15,84 -

4	C1630-1051 варіант 1	Передфільтр ПФБ-1000 (аналог)	шт	1	<u>23380,76</u> -	-	23380,76	-	-	-	-
5	КБ20-13-1	Уст ановлення клапанів	1 клапан	10	<u>258,79</u> <u>237,44</u>	-	2587,90	2374,40	-	1,7500	17,5
6	C130-376 варіант 1	Зворотній клапан d200	шт	1	<u>388,07</u> -	-	388,07	-	-	-	-
7	C130-417 варіант 1	Клапан надлишкового тиску КНТМ150	шт	3	<u>13958,63</u> -	-	41875,89	-	-	-	-
8	C130-417 варіант 2	Малогабаритна захисна секція МЗС 282x321	шт	3	<u>12042,73</u> -	-	36128,19	-	-	-	-
9	C130-417 варіант 3	Сталева коробка КМЗ 200	шт	1	<u>27902,03</u> -	-	27902,03	-	-	-	-
10	C130-417 варіант 4	Сталева коробка КМЗ 150	шт	2	<u>27902,03</u> -	-	55804,06	-	-	-	-
11	КБ20-34-1	Уст ановлення агрегатів повітряно-опалювальних	1 агрегат	1	<u>1804,96</u> <u>1708,88</u>	-	1804,96	1708,88	-	12,7500	12,75
12	C1630-1480 варіант 1	Нагрівач каналний НК-200- 3,4-1 У	шт	1	<u>14253,87</u> -	-	14253,87	-	-	-	-

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	КБ20-25-2	Уст ановлення шумоглушників вентильних, діаметр обичайки 200 мм	1 шт	1	<u>257,42</u> <u>251,01</u>	-	257,42	251,01	-	1,8500	1,85
14	C130-233 варіант 1	Шумоглушник, діаметр 200 мм	шт	1	<u>2497,80</u> -	-	2497,80	-	-	-	-
15	КБ20-3-1	Прокладання повітряних проводів з оцинкованої сталевої сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,5 мм	100м ²	0,105	<u>36690,40</u> <u>35089,05</u>	-	3852,49	3684,35	-	261,8000	27,49
16	C130-1124 варіант 1	Повітроводи з оцинкованої сталі товщиною 0,5 мм	м ²	10,5	<u>626,16</u> -	-	6574,68	-	-	-	-
17	КБ24-1-4	Прокладання трубопроводів надземне, діаметр р т руб 100 мм	1000м	0,01	<u>121196,7</u> <u>8</u> <u>121196,7</u> <u>8</u>	-	1211,97	1211,97	-	809,7600	8,1
18			м	10	<u>828,04</u> -	-	8280,40	-	-	-	-

19	C113-160 варіант 1 КБ24-1-6	Труба сталева прямошовна, діаметр 100мм Прокладання т рубопроводів надземне, діамет р т руб 150 мм	1000м	0,0025	<u>157404,9</u> 5 157404,9	- - -	393,51	393,51	- - -	- 0 -	- 2,63 -
20	C113-171 варіант 1	Труба сталева прямошовна діаметр 150мм	м	2,5	<u>1021,86</u> -	- -	2554,65	-	- -	- -	- -

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	КБ24-1-7	Прокладання т рубопроводів надземне, діамет р т руб 200 мм	1000м	0,017	<u>174000,3</u> 6 174000,3	- -	2958,01	2958,01	- -	1162,560 0 -	- 19,76 -
22	C113-187 варіант 1	Труба сталева прямошовна, діаметр 200 мм,	м	17	<u>1282,31</u> -	- -	21799,27	-	- -	- -	- -
23	КБ20-10-1	Уст ановлення повіт ророзподільників, призначених для подавання повіт ря у робочу зону, масою до 20 кг	1 шт	10	<u>305,65</u> 298,18	- -	3056,50	2981,80	- -	2,0700 -	20,7 -
24	C130-226 варіант 1	Анемостат А125 ВРФ	шт	6	<u>176,50</u> -	- -	1059,00	-	- -	- -	- -
25	C130-226 варіант 2	Анемостат А100 ВРФ	шт	4	<u>150,15</u> -	- -	600,60	-	- -	- -	- -
26	КБ20-11-1	Уст ановлення ґрат жалюзійних площею у просвіт і до 0,25 м2	1 ґрат а	5	<u>249,94</u> 249,94	- -	1249,70	1249,70	- -	1,8200 -	9,1 -
27	C130-595-1 варіант 1	Решітка МВ 430/2	шт	5	<u>219,57</u> -	- -	1097,85	-	- -	- -	- -
28	КБ26-27-1	Ізоляція плоских та криволінійних поверхонь листами із спіненого каучуку, поліетилену	10 м2	0,863	<u>927,73</u> 927,73	- -	800,63	800,63	- -	6,6700 -	5,76 -
29	C114-36 варіант 1	Ізоляція листова з клейким шаром, 5мм	10м2	0,863	<u>2178,88</u> -	- -	1880,37	-	- -	- -	- -

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30	КБ15-171-3	Олійне фарбування білилами з додаванням кольору ст алевих т руб за два рази	100м2	0,1416	<u>13923,60</u> 8421,90	- -	1971,58	1192,54	- -	60,5500	8,57 -
		Разом прями витрати по кошторису					315457,43	23082,52	- -		164,09 -
		Разом будівельні роботи, грн.					315457,43				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					292374,91				
		всього заробітна плата, грн.					23082,52				
		Загальновиробничі витрати, грн.					7960,85				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					6,69				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					1526,79				
		Всього будівельні роботи, грн.					323418,28				

		Всього по кошторису					323418,28				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					170,78				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					24609,31				

Загальна кошторисна вартість влаштування системи вентиляції захисних споруд визначається за зведеним кошторисним розрахунком, в якому враховується кошторисний прибуток, адміністративні витрати, кошти на покриття ризиків учасників інвестиційного процесу, кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами, вартість проектних робіт, кошти на зведення та розбирання тимчасових будівель і споруд виробничого та допоміжного призначення, передбачених даним проектом, і становить 390,70463 тис. грн.

4.2. ЗАГАЛЬНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Техніко-економічні показники проекту влаштування системи вентиляції захисних споруд визначаються сумарними характеристиками. Основним показником є кошторисна вартість монтажу системи, яка визначається відповідно діючим нормам із врахуванням встановлених надбавок на накладні витрати та планові накопичення. Значення основних техніко-економічних показників наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Техніко-економічні показники

Назва показника	Одиниця виміру	Величина показника
1	2	3
Кошторисна вартість	тис. грн	323,41828
Загальна кошторисна трудомісткість	люд-год	170,78
Середній розряд робіт	Розряд	3,6

Продовження табл. 4.2

1	2	3
Трудомісткість на влаштування системи опалення	люд-дні	21,05
Тривалість виконання робіт по влаштуванню системи вентиляції	люд-дні	149,73
Середня чисельність робочих виконання робіт	люд.	3
Максимальна чисельність робітників виконання робіт	люд.	4
Загальна кошторисна зарплата	тис. грн	23,083

4.3 ВИСНОВКИ ДО 4 РОЗДІЛУ

Визначено основні величини техніко-економічних показників, які характеризують трудомісткість та тривалість виконання робіт, середню та максимальну чисельність робітників. Наведено результати складеної кошторисної документації: локальні кошториси. Загальна кошторисна вартість проведення робіт, враховуючи вартість матеріалів, становить 323,41828 тис. грн.

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи було досягнуто поставлену мету — розроблено науково обґрунтовані технічні рішення для створення енергоефективної системи вентиляції захисної споруди цивільного захисту з урахуванням сучасних вимог до безпеки, надійності та енергозбереження.

Основні висновки дослідження:

1. Проаналізовано сучасний стан систем вентиляції у захисних спорудах, виявлено їх основні недоліки — низький рівень енергоефективності, застарілі конструкції, обмежена автономність та недостатня адаптованість до надзвичайних ситуацій.
2. Розроблено концепцію енергоефективної вентиляційної системи, яка враховує специфіку експлуатації споруд як у повсякденному режимі, так і в умовах надзвичайних ситуацій. Застосовано поєднання пасивних та активних елементів вентиляції, що дозволило знизити енергоспоживання і підвищити автономність роботи системи.
3. Проведено теплотехнічні та аеродинамічні розрахунки, результати яких підтверджують відповідність системи нормативним вимогам щодо кратності повітрообміну, швидкості повітряного потоку та параметрів мікроклімату.
4. Верифіковано ефективність запропонованої системи шляхом порівняння з нормативними значеннями, а також аналізу ефективності аналогічних рішень. Доведено, що впроваджена система забезпечує необхідний рівень безпеки та комфорту в укритті за мінімального споживання енергії.
5. Обґрунтовано доцільність використання альтернативних джерел енергії, зокрема сонячних панелей, що дозволяє забезпечити тривалу автономну роботу вентиляційної системи навіть за повної відсутності централізованого енергопостачання.
6. Практична цінність дослідження полягає в можливості впровадження результатів у проектну практику та модернізацію існуючих об'єктів, а також у навчальному процесі технічних закладів вищої освіти.

Таким чином, результати магістерської роботи мають як теоретичну, так і прикладну значущість, спрямовану на підвищення рівня безпеки та енергоефективності у сфері цивільного захисту населення.

Отже, проектування системи вентиляції для споруд цивільного захисту населення – це надзвичайно важливий і відповідальний етап в процесі проектування та будівництва таких споруд. Правильно влаштована система вентиляції зможе забезпечити збереження життя людей, які будуть знаходитись в укритті, забезпечивши їх повітрям. В процесі проектування та будівництва споруд цивільного захисту населення потрібно суворо дотримуватись вимог нормативних документів щодо підбору обладнання для забезпечення нормативних параметрів системи, вибору матеріалів та комплектуючих, способів монтаж, а також подальшого введення в експлуатацію та технічного обслуговування вентиляційної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. КОДЕКС ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ. URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>.
2. ДБН В.2.2-5:2023: Захисні споруди цивільного захисту К.: Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 112 с.
3. ДБН В.2.2-43:2021 Будівлі та споруди. Складські будівлі. Основні положення. URL https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98057.
4. НПАОП 0.00-4.12-05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. URL https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=24622.
5. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ щодо визначення потреби у фонді захисних споруд цивільного захисту.
URL <https://dsns.gov.ua/upload/2/3/4/1/8/3/7/metodicni-rekomendaciyipdf-metodicni-rekomendaciyi.pdf>.
6. Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ Про охорону праці.
URL https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61107.
7. ІНСТРУКЦІЯ щодо утримання захисних споруд цивільної оборони у мирний час. URL https://zakon.cc/law/document/read/z1180-06?utm_source=chatgpt.com.
8. ВИМОГИ ДО ОБЛАШТУВАННЯ БОБОСХОВИЩ ТА УКРИТТІВ У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ.
URL https://dnpb.gov.ua/my/bomb_housing.pdf?utm_source=chatgpt.com.
9. Методичні рекомендації ДСНС України щодо обладнання мобільних укриттів, 2022.
10. Постанова КМУ № 138 від 10.03.2017 р. «Про затвердження Порядку обліку захисних споруд цивільного захисту». URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/138-2017-п>.
11. ДСТУ 9077:2021 Засоби очищення повітря захисних споруд цивільного захисту. Загальні технічні вимоги. URL https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=94524.

- 12.ДБН В.2.5-67:2013: Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. К.: Мінрегіонбуд, 2013. 141 с.
- 13.ДСТУ Б А. 3.2-12: 2009: Системи вентиляційні. Загальні вимоги. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 8 с.
- 14.Ільченко Ю.В. «Технічні засоби цивільного захисту населення». Київ. 2021.
- 15.Петренко С.М., Кравченко А.І. "Інженерні системи безпеки будівель". Харків. 2020.
- 16.Екологічна безпека та цивільний захист. Практикум [Електронне видання]: для студентів бакалаврів спеціальностей: 121 Інженерія програмного забезпечення. / КПІ ім.Ігоря Сікорського; Уклад.: Н.А. Праховнік, Ю.О. Полукаров, Е.В. Землянська, Н.Ф. Качинська. – Електронне видання (1 файл, 4,56 Мб). К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 166 с.
- 17.Джеджула В. В. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ. 2021. 71 с.
- 18.Джеджула В. В. Енергоефективність систем вентиляції: критерії оцінювання та фактори впливу. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2016. № 1. с. 110–113.
- 19.Ратушняк Г.С., Роговська Ю.Й. Система вентиляції захисних споруд цивільного захисту з альтернативним джерелом енергії. Матеріали LIV науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 24-27 березня 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/23309/19286>
- 20.Ратушняк Г.С., Роговська Ю.Й. Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», Вінниця, 15-16 червня 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/23230/19278>
- 21.Ратушняк Г. С., Степанковський Р. В. Регулювання витрати аеродинамічних потоків в системах вентиляції та аспірації: монографія. Вінниця: ВНТУ. 2015. 112 с.

22. Слободян Н. М., Панкевич О. Д., Ободянська О. І. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ. 2017. 102 с.
23. Ратушняк Г.С., Лялюк О.Г. Засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ. 2008. 221 с.
24. Каталог продукції «Вентиляція бомбосховищ». URL <https://ukrvent.com.ua/wp-content/uploads/2024/01/ventilyacziya-bomboshovishha.pdf>.
25. Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція») [Електронний ресурс] / уклад.: Г. С. Ратушняк, О. Д. Панкевич, І. В. Коц. Вінниця: ВНТУ. 2023. 62 с.
26. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Дослідження захисних споруд цивільного захисту за місткістю» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та форм навчання [Електронний ресурс] / уклад.: М. О. Журавель, О. Б. Курков. Запоріжжя: Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2019. 18 с. URL <https://eir.zp.edu.ua/server/api/core/bitstreams/866dda93-d06c-473f-a0d9-67933d8f9853/content>.
27. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічного завдання з навчальної дисципліни «Захисні споруди цивільного захисту» (для студентів денної та заочної форми навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 263 «Цивільна безпека», освітня програма «Цивільний захист») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: О. С. Скрипник, В. В. Барбашин. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 34 с. URL https://eprints.kname.edu.ua/58913/1/2020_158%D0%9C%20%D0%BF%D0%B5%D1%87%20%D0%9C%D0%92%20%D0%A0%D0%93%D0%A0%20%28%D0%97%D0%A1%D0%A6%D0%97%29.pdf

ДОДАТОК А – Технічне завдання
Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Погоджено:

Директор ТОВ «Тензор-ЕВ»
Жила М. В.
« 10 » 2025 року



Затверджено:

Завідувач кафедри ІСБ
проф., к.т.н. Ратушняк Г.С.
« 10 » 2025 року



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи:

«Енергоефективна система вентиляції захисної споруди цивільного захисту»

Розробив

ст.гр.ТГ-23мз

Роговська Ю.Й.

Керівник

к.т.н., професор

Ратушняк Г. С.

Вінниця 2025

ДОДАТОК Б
ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи «Енергоефективна система вентиляції захисної споруди цивільного захисту» _____

Тип роботи: _____
Магістерська кваліфікаційна робота
(МКР)

Підрозділ кафедра _____
ІСБ ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності TURNITIN

Оригінальність 82% Схожість 18%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____


(підпис)

Слободян Н.М. _____

(прізвище, ініціали)

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

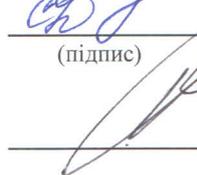
Автор роботи _____


(підпис)

Роговська Ю.Й. _____

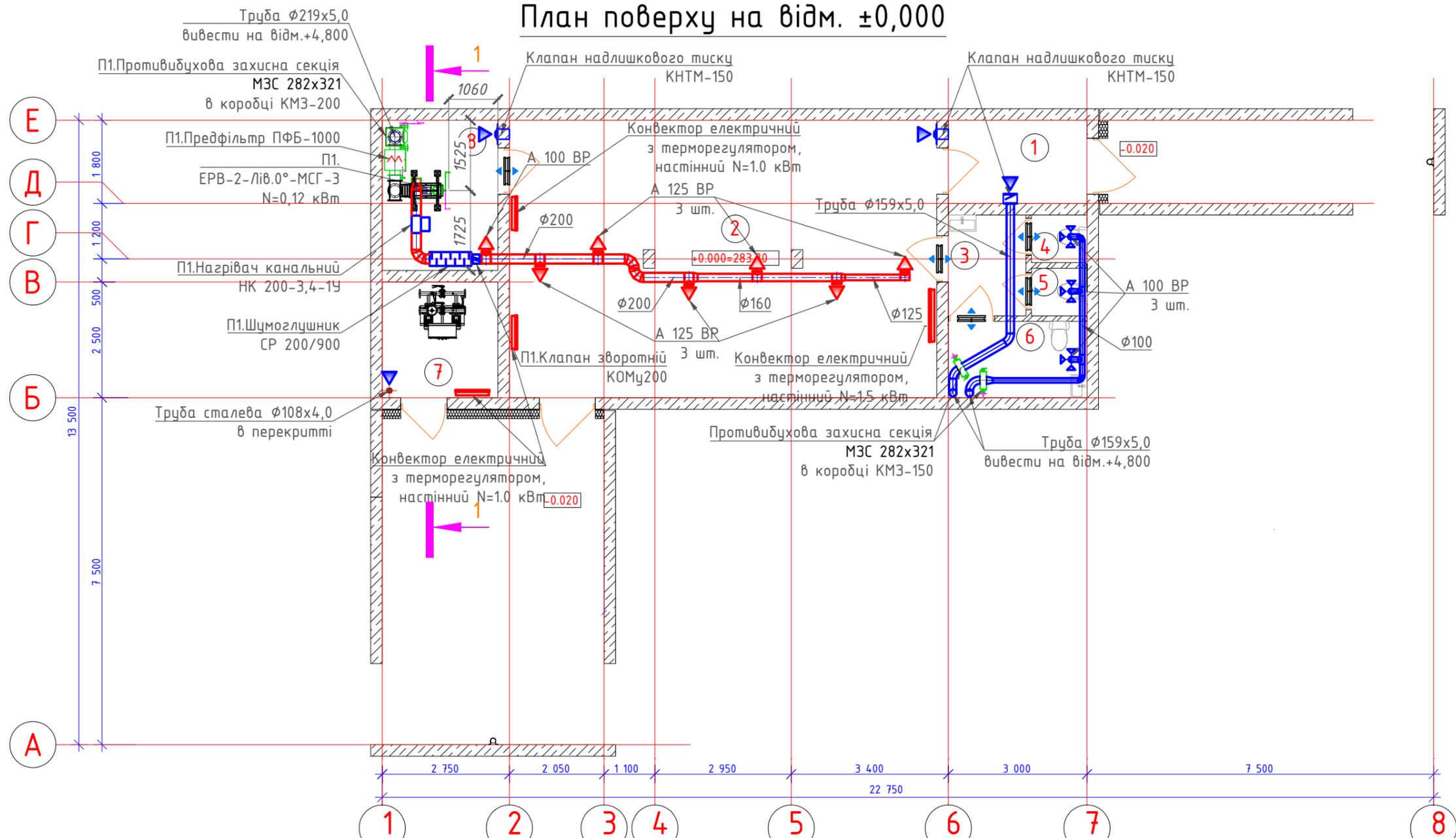
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____



Ратушняк Г.С. _____

План поверху на відм. ±0,000



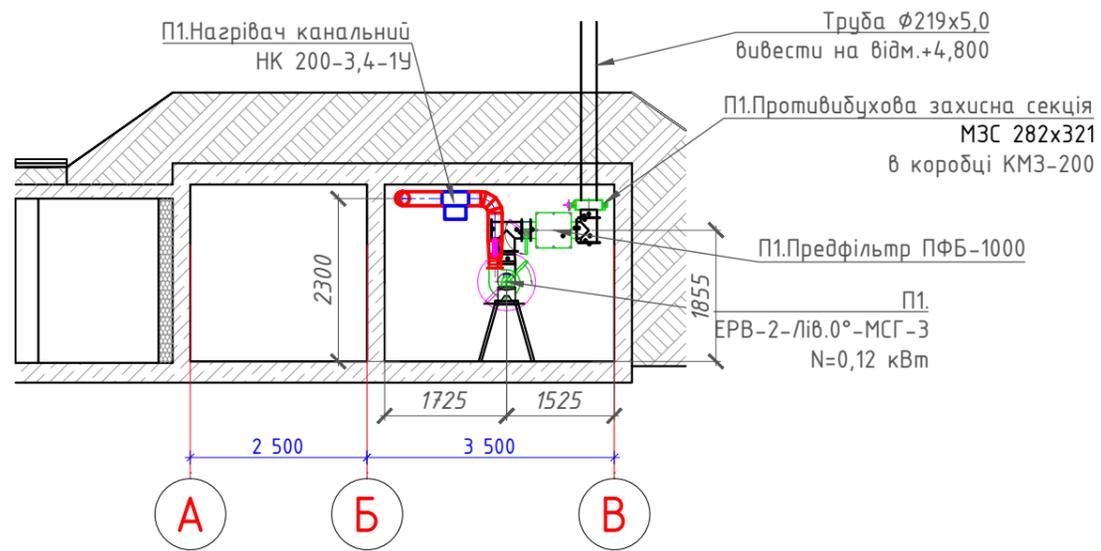
Експлікація приміщень поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа, м ²	Кат. приміщення
1	Приміщення для зберігання одягу	5,40	
2	Приміщення для розташування переховуваних	55,30	
3	Тамбур-шлюз	3,66	
4	Санвузол чоловічий	1,24	
5	Санвузол жіночий	1,24	
6	Санвузол (для маломобільних груп населення)	4,95	
7	Насосна	6,25	Д
8	Вентиляційна	8,13	
Загальна площа підвалу:		86,17	

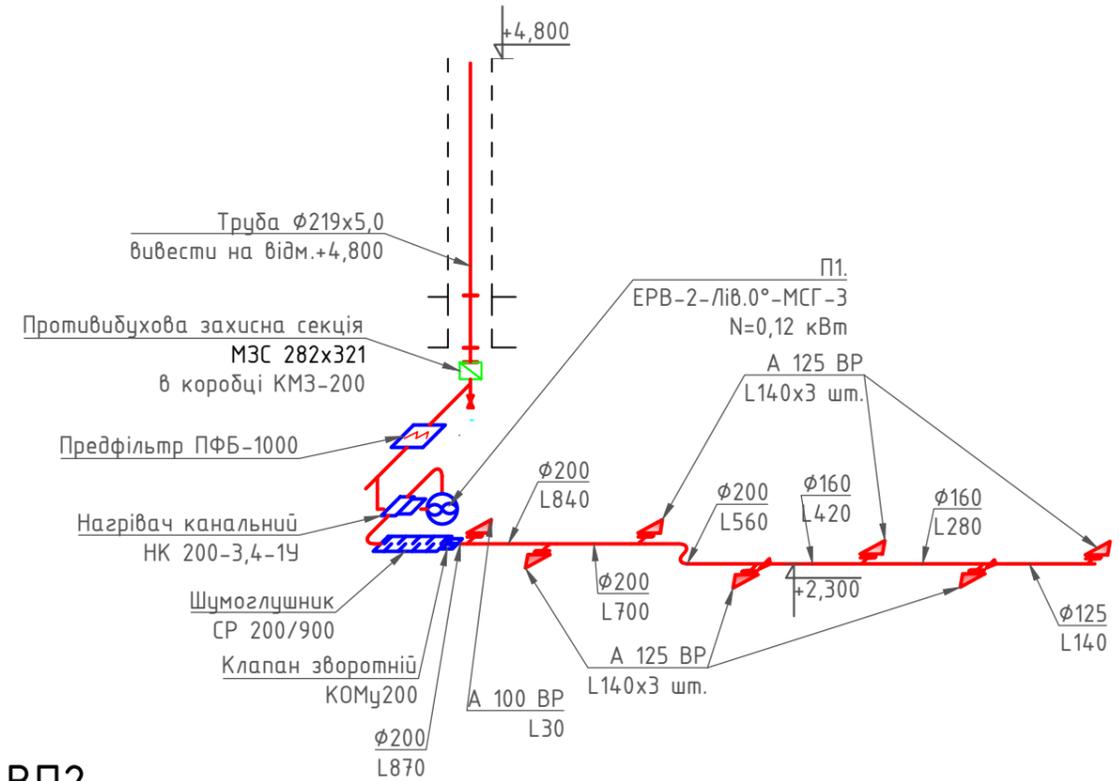
Зм.	Кіль.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив								
Перевірів								
ГІП						План поверху на відм ±0,000		

Погоджено:
Замість інв. №
Підпис та дата
Інв. № ориг.

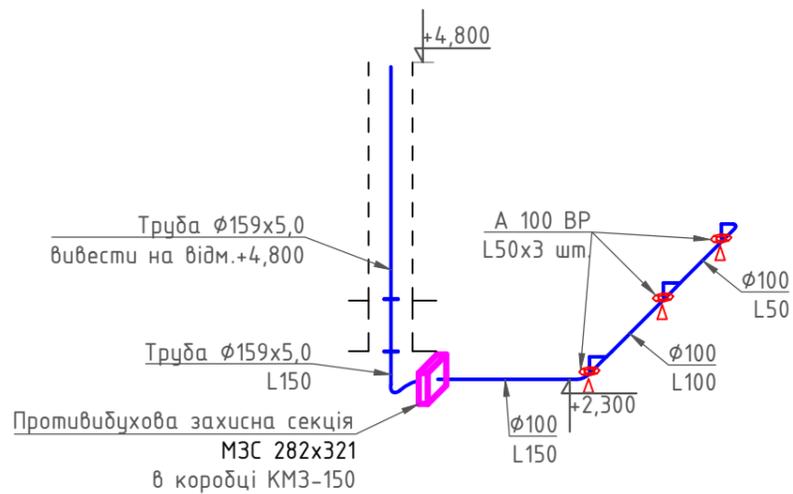
Розріз 1-1



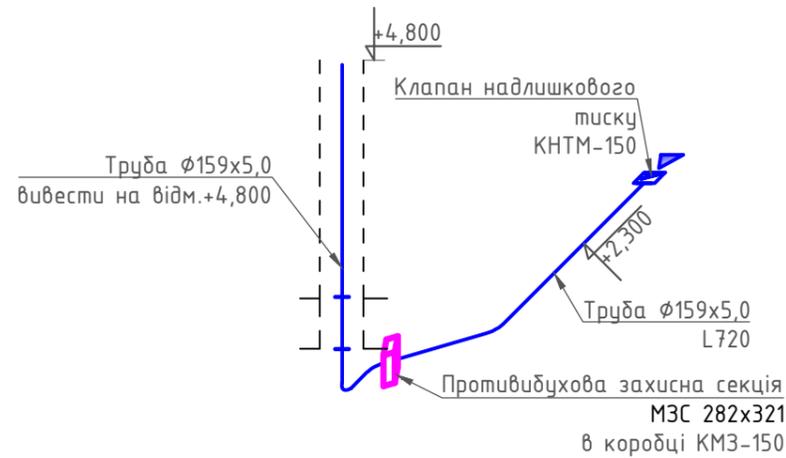
П1



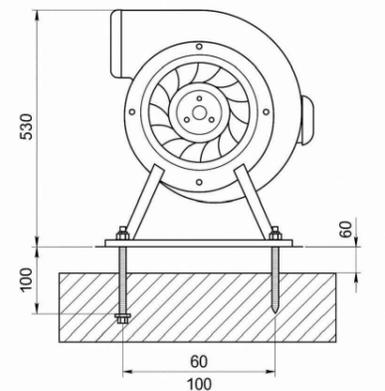
ВП1



ВП2



Вузол кріплення вентилятора



Погоджено:	
Замість інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ориг.	

Зм.	Кіль.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів	
Розробив									
Перевірів									
ГІП									
Розріз 1-1; П1; ВП1; ВП2; Вузол кріплення вентилятора.									