

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплогазопостачання та вентиляція

(назва кафедри)

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

на тему:

Розробка проектних рішень систем формування мікроклімату та протидимного
захисту житлово-офісного комплексу з об'єктами торгово-розважальної,
ринкової, соціальної інфраструктури та паркінгами і місті Київ

(назва)

Бугайов Михайло Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплогазопостачання та вентиляція

(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

„___” _____ 20__ року

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

на тему:

Розробка проектних рішень систем формування мікроклімату та протидимного захисту житлово-офісного комплексу з об'єктами торгово-розважальної, ринкової, соціальної інфраструктури та паркінгами і місті Київ
(назва)

Виконав студент групи ТВм-24-2
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(спеціальність)

Теплогазопостачання і вентиляція
(спеціалізація)

Бугайов Михайло Володимирович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник Рибачов С.Г.
(прізвище та ініціали)

канд. техн. наук, доцент
(вчене звання, науковий ступінь)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології
Кафедра: Теплогазопостачання та вентиляції
Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр
Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Спеціалізація: Теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

„___” _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Бугайов Михайло Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи Розробка проектних рішень систем формування мікроклімату та протидимного захисту житлово-офісного комплексу з об'єктами торгово-розважальної, ринкової, соціальної інфраструктури та паркінгами у місті Київ

затверджена наказом ректора КНУБА № _____ від «__» _____ 2025 року

2. Керівник роботи Рибачов Сергій Григорович

канд. техн. наук, доцент

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту _____ 2025 року

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ.

1. Вихідні дані та характеристика об'єкта

2. Проектні рішення систем мікроклімату (опалення, вентиляція)

3. Комплексні системи протидимного захисту

4. Науково-дослідна частина

5. Автоматизація та диспетчеризація систем протидимного захисту

6. Технологія та організація будівельно-монтажних робіт з монтажу повітроводів систем протидимного захисту

5. Графічний матеріал за розділам

Плакат 1. Ознайомча частина. Генеральний план. Фасади. Візуалізація.

Плакат 2. Опалення. План першого поверху.

Плакат 3. Опалення. План типового поверху.

Плакат 4. Вентиляція. План підвального поверху. Розташування обладнання.

Плакат 5. Вентиляція. План першого поверху. Розташування обладнання.

Плакат 6. Вентиляція. Аксонометричні схеми вентиляційних систем.

Плакат 7. Системи протидимного захисту. План підвального поверху.

Плакат 8. Системи протидимного захисту. План першого поверху.

Плакат 9. Системи протидимного захисту. План типового поверху.

Плакат 10. Аксонометричні схеми систем протидимного захисту.

Плакат 11. Розрахункові схеми систем протидимного захисту.

Плакат 12. Принципові електротехнічні схеми автоматизації систем протидимного захисту.

Плакат 13. Настанови з монтажу та експлуатації систем протидимного захисту.

6. Календарний план виконання роботи: а) наукова частина; б) практична частина).

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Вступ.	19.09.25
1. Вихідні дані	26.09.25
2. Проектні рішення систем мікроклімату (опалення, вентиляція)	17.10.25
3. Комплексні системи протидимного захисту	28.10.25
4. Науково-дослідна частина	21.11.25
5. Автоматизація та диспетчеризація систем протидимного захисту	28.11.25
6. Технологія та організація будівельно-монтажних робіт з монтажу повітроводів систем протидимного захисту	28.11.25
Висновки	05.12.25
Остаточне оформлення роботи	12.12.25
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	

7. Консультанти розділів дипломної роботи.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1	Рибачов С. Г., доцент		
Розділ 2	Рибачов С. Г., доцент		
Розділ 3	Рибачов С. Г., доцент		
Розділ 4	Рибачов С. Г., доцент		
Розділ 5	Сенчук М. П., доцент		
Розділ 6	Соболевська Л. Г., асистент		

8. Дата видачі завдання ____ . ____ .2025 р. _

Зав. кафедри

(підпис)

Предун К.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Рибачов С.Г.

(прізвище та ініціали)

Магістр

(підпис)

Бугайов М.В.

(прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary) до кваліфікаційної випускної роботи студента:				Прізвище, ім'я та по батькові студента	
Заклад вищої освіти	Київський національний університет будівництва і архітектури				
Тема КРМ	Розробка проектних рішень систем формування мікроклімату та протидимного захисту житлово-офісного комплексу з об'єктами торгово-розважальної, ринкової, соціальної інфраструктури та паркінгами у місті Київ				
	Development of design solutions for microclimate formation and smoke protection systems for a residential and office complex with retail, entertainment, market, social infrastructure, and parking facilities in the city of Kyiv				
Освітній ступень	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання				
Факультет	Факультет інженерних систем та екології				
Кафедра	Теплогазопостачання та вентиляції				
Спеціальність	Будівництво та цивільна інженерія				
Освітня програма	Теплогазопостачання та вентиляції				
Керівник	Рибачов С. Г., канд. техн. наук, доцент				
Обсяг роботи:	Пояснювальна записка				Креслень формату А1
	сторінок	розділів	таблиць	рисунків	
	86	6	3	12	
Розділ 1. Вихідні дані та характеристика об'єкта	Об'єктом проектування є житловий комплекс (Будинки №5 та №6) змінної поверховості (8 поверхів) із вбудованими приміщеннями громадського призначення та підземним паркінгом, що проектується у м. Київ (І кліматична зона).				
Розділ 2. Проектні рішення систем мікроклімату (опалення, вентиляція)	Розроблено децентралізовану схему теплопостачання: для житлових квартир - індивідуальні газові двоконтурні котли; для громадських приміщень - електричні котли та конвектори. Система вентиляції житлової частини-природна, через канали-супутники. Для вбудованих приміщень (комерція) запроєктовано механічну припливно-витяжну вентиляцію з рекуперацією тепла. Для паркінгу передбачено примусову вентиляцію для асиміляції CO.				
Розділ 3. Комплексні системи протидимного захисту	Розроблено рішення для протидимного захисту шляхів евакуації та паркінгу. Для підземного гаража запроєктовано механічну систему димовидалення з поділом на димові зони та систему механічної компенсації видаленого повітря. Забезпечено підпір повітря (системи класу «F») у шахти пожежних ліфтів та їхні тамбур-шлюзи. Передбачено системи скидання надлишкового тиску для забезпечення зусилля відкривання дверей не більше 100 Н.				
Розділ 4. Науково-дослідна частина	Проведено порівняльний аналіз ефективності класичної та імпульсної (струменевої) систем димовидалення для умов розглянутого паркінгу. Встановлено, що через наявність значної кількості конструктивних перешкод (балок, капітелей) та інженерних комунікацій, використання імпульсної системи є недоцільним, тому обрано класичну				

	систему. Також досліджено питання взаємодії систем протидимного захисту з архітектурно-планувальними рішеннями, системою вентиляції та системою автоматичного спринклерного пожежогасіння.
Розділ 5. Автоматизація та диспетчеризація систем протидимного захисту	Розроблено принципові алгоритми роботи інженерних систем при отриманні сигналу «ПОЖЕЖА» від системи пожежної сигналізації. Передбачено автоматичне відключення загальнообмінної вентиляції, закриття вогнезатримуючих клапанів, відкриття клапанів протидимного захисту та послідовний запуск протидимних вентиляторів.
Розділ 6. Технологія та організація будівельно-монтажних робіт з монтажу повітроводів систем протидимного захисту	Розроблено технологічну карту на монтаж повітроводів системи протидимного захисту великого перерізу з нанесенням вогнезахисної системи типу «FІХ-М» для забезпечення нормативної межі вогнестійкості. Описано методи контролю якості та вимоги до безпеки праці при виконанні висотних робіт на будівництві.
Висновки по роботі:	У кваліфікаційній роботі магістра вирішено актуальне науково-технічне завдання забезпечення нормованих параметрів мікроклімату та пожежної безпеки житлового комплексу в умовах щільної забудови. Обґрунтовано та розраховано комбіновані системи опалення та вентиляції, що забезпечують енергоефективність експлуатації будівлі. На основі аналізу архітектурних рішень доведено перевагу класичної системи димовидалення для підземного паркінгу складної конфігурації над імпульсною. Проведено аналіз сумісної роботи систем протидимного захисту з суміжними розділами. Виконано аналіз спільного використання елементів систем протидимного захисту та систем загальнообмінної вентиляції. Розроблені рішення гарантують безпечну евакуацію людей та відповідають чинним будівельним нормам України.
<p>Ключові слова: житловий комплекс, підземний паркінг, мікроклімат, протидимний захист, димовидалення, імпульсне димовидалення, підпір повітря, компенсація повітря, вогнестійкість.</p> <p>Keywords: residential complex, underground parking, microclimate, smoke protection, smoke exhaust, air pressurization, air compensation, fire resistance.</p>	

Керівник

Рибачов С. Г.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент

Бугайов М. В.

(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. Вихідні дані та характеристика об'єкта.....	6
1.1. Архітектурно-планувальні рішення житлового комплексу.....	6
1.2. Кліматологічні дані для м. Київ.....	9
2. Проєктні рішення систем мікроклімату (опалення, вентиляція)	11
2.1. Проєктування системи опалення.....	11
2.2. Загальнообмінна вентиляція та кондиціонування.....	15
2.3. Вентиляція підземного паркінгу	16
2.4. Результати розрахунків та підбору обладнання систем формування мікроклімату	19
3. Комплексні системи протидимного захисту.....	21
3.1. Літературний огляд специфіки влаштування систем протидимного захисту в буудівляї та спорудах	21
3.2. Загальні положення з влаштування системи протидимного захисту	25
3.3. Концепція протидимного захисту житлового комплексу	30
3.4. Розрахунок системи димовидалення з підземного паркінгу.....	41
3.5. Розрахунок систем зі створення різниці тисків.....	45
3.6. Підбір обладнання для систем протидимного захисту	47
4. Науково-дослідна частина.....	50
4.1. Аналіз впливу архітектурно-планувальних рішень на ефективність роботи систем протидимного захисту	50
4.2. Дослідження взаємодії системи димовидалення з автоматичним водяним спринклерним пожежогасінням.....	55
4.3. Дослідження можливості впровадження спільних системи протидимного захисту з системами загальнообмінної вентиляції	59
4.4. Аналіз вибору типу системи димовидалення для паркінгу	64
5. Автоматизація та диспетчеризація систем протидимного захисту	71
5.1. Алгоритм роботи систем вентиляції при сигналі «ПОЖЕЖА»	71

5.2. Автоматизація систем димовидалення та систем зі створення різниці тисків при сигналі «ПОЖЕЖА»	73
6. Технологія та організація будівельно-монтажних робіт з монтажу повітроводів систем протидимного захисту	76
Загальні висновки	82
Список використаних джерел	85

ВСТУП

Об'єкт проектування - нове будівництво житлової забудови багатоквартирних будинків з влаштуванням вбудованих приміщень громадського призначення, підземного гаража (паркінгу) та об'єктів інженерної інфраструктури у м. Київ. В об'єм дослідження та проектування кваліфікаційної роботи входить дві житлові секції 8-поверхові секції з вбудованим підземним гаражем.

Метою роботи слугує створення комплексного проекту систем життєзабезпечення та безпеки для багатофункціональної будівлі, з розробкою проєктних рішень систем протидимного захисту та формування мікроклімату, що враховують архітектурно-планувальні особливості об'єктів соціальної інфраструктури, паркінгів та житлових зон в умовах щільної забудови м. Києва.

Вид будівництва - нове будівництво.

Сучасне містобудування в місті Київ, та в Україні загалом, можна охарактеризувати досить стрімким розвитком багатофункціональних комплексів, що включають водночас об'єкти як житлової, так і громадської, торгово-розважальної, соціальної інфраструктури, з влаштуванням містких підземних гаражів. Влаштування даного комплексу різнотипних об'єктів пояснюється складовими дефіцитом земельних ресурсів та стрімко зростаючими вимогами до комфорту мешканців новітніх забудов.

Забезпечення нормативних та комфортних параметрів мікроклімату в будівлях з досить складною сучасною архітектурою та різним за функціональними властивостями приміщень є суттєво важливим для здоров'я, комфортного життя та працездатності людей. Різні зони комплексів (житлові частина, офісні приміщення, паркінги і т.д.) мають кардинально відмінні один від одного режими експлуатації, теплові навантаження та вимоги щодо повітрообміну, що вимагає від себе впровадження досить гнучких та енергоефективних проєктних рішень систем опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВіК).

Особливої уваги в даній кваліфікаційній роботі набуває питання пожежної безпеки. Для житлових комплексів новітніх забудов, у відповідності до діючих нормативно-правових документів в Україні фактично завжди вимагається впровадження комплексу систем протидимного захисту (СПДЗ), що є одним з головних елементів забезпечення безпечної евакуації людей з будівель у випадку виникнення пожежі. Загальновідомим статистичним фактом про пожежі є те, що основною з причин трагічних наслідків для людей при евакуації є не полум'я, а отруєння продуктами горіння. У зв'язку з впровадженням сучасних специфічних елементів архітектурного проєктування, ми можемо стикнутись з рядом труднощів, що пов'язані з планувальними рішеннями, наявністю атріумів, довгих та складних за концепцією коридорів, та іншими рішеннями, які створюють суттєво специфічні аеродинамічні умови, та які необхідно враховувати при проєктуванні систем протидимного захисту. Окрім того, актуальним з точки зору наукового та практичного підходу є дослідження взаємодії систем димовидалення та систем зі створення різниці тисків з системами автоматичного водяного спринклерного пожежогасіння, загальнообмінної вентиляції, та інших розділів для підвищення ефективності, надійності та оптимізації фінансових витрат Замовника.

Таким чином, впровадження комплексних рішень, що можуть поєднувати ефективний мікроклімат та надійний протидимний захист в умовах суттєво щільної забудови містка Києва, є актуальним науково-технічним завданням.

Для досягнення поставленої мети в кваліфікаційній роботі вирішуються наступні завдання:

1. Проведення аналізу вихідних даних, архітектурно-планувальних рішень об'єкта та кліматологічних умов будівництва, а також визначення пожежного навантаження для різних функціональних зон.
2. Виконання розрахунків теплових навантажень та теплового балансу приміщень, розробка проєктних рішення систем опалення та загальнообмінної вентиляції для житлової частини, вбудованих громадських приміщень та підземного гаража.

3. Розробка концепції влаштування систем протидимного захисту протидимного захисту, виконання розрахунків систем димо- і тепловидалення та системи зі створення різниці тисків (підпору повітря), здійснення правильного підбору основного обладнання.
4. Дослідження впливу архітектурно-планувальних рішень на ефективність роботи систем протидимного захисту та аналіз їх взаємодії з суміжними інженерними розділами.
5. Розробка алгоритму автоматизації та диспетчеризації систем вентиляції та систем протидимного захисту при сигналі «ПОЖЕЖА».
6. Розробка технології та організації виконання будівельно-монтажних робіт, зокрема монтажу повітроводів великого перерізу та вогнестійкої ізоляції.

1. Вихідні дані та характеристика об'єкта

1.1. Архітектурно-планувальні рішення житлового комплексу

Кваліфікаційна робота магістра «Розробка проектних рішень систем формування мікроклімату та протидимного захисту житлово-офісного комплексу з об'єктами торгово-розважальної, ринкової, соціальної інфраструктури та паркінгами і місті Київ»

Житловий комплекс, що розробляється, складається з десяти 8-поверхових будинків, що об'єднані підземним рівнем гаражів (паркінгів). Планувальні рішення забезпечують комфорт мешканців: внутрішній двір являє собою закриту пішохідною зоною. Водночас, для гарантування оперативного доступу екстрених служб до будь-якої точки об'єкту, проектом забезпечені проїзди для пожежних автомобілів як по зовнішньому периметру, так і по внутрішніх пішохідних алеях та озеленених ділянках. Загальний комплекс складається з десятих будинків та паркінгу і планується виконуватись у 5 черг.

В об'ємі кваліфікаційної роботи передбачається аналіз та проектування Будинків № 5 та №6 з підземним гаражем під ними, що відносяться до 3 черги будівництва.

Мешканці Будинків №5 та №6 будуть мати доступ до укриття, що розміщується у першій черзі будівництва (1-й пусковий, будинок 1). Це укриття розраховане на мешканців усіх проєктованих житлових будинків комплексу для використання під час небезпечних ситуацій. Укриття розраховано на 1163 особи (930 особи мешканців і 233 осіб користувачів комерційних приміщень).

Архітектурно-планувальна концепція являє собою будівництво двох багатофункціональних секцій, Будинків №5 та №6, в якості ключових елементів квартальної забудови. Кожна з секцій містить в собі житлові квартири, окремі площі громадського призначення, необхідні об'єкти інженерної інфраструктури підземний гараж. Комплекс формує собою чітку просторову структуру з внутрішніми дворами та головною пішохідною алеєю. Головною ідеєю

будівництва комплексу є забезпечення сучасного, закритого від автомобільного трафіку, комфортного та безпечного житлового простору.

Будинок №5 складається з двох житлових секцій (5.1 та 5.2) та підземного наражу. Поверховість житлових секцій складає 8 поверхів. Вище рівня цокольного поверху будинки мають житлову функцію. У рівні цокольного поверху передбачається розміщення громадських комерційних приміщень, що розташовуються з фасадної частини будинку. На рівні підземного поверху передбачається розташування підземного гаражу. В будинку передбачається розташування двох сходово-ліфтових вузлів.

Будинок №6 складається з однієї секції та підземного гаражу. Поверховість будинку складає 8 поверхів. Вище рівня 1-го поверху будинки мають житлову функцію. На рівні першого поверху передбачається розміщення громадських комерційних приміщень з фасадної частини будинку. На рівні підземного поверху передбачається розташування підземного гаражу. В будинку передбачається розташування одного сходово-ліфтового вузла.

Проектування Будинків №5 та №6 виконано із розрахунку на II-й ступінь вогнестійкості. Мінімально необхідні показники вогнестійкості будівельних конструкцій та допустимі групи поширення вогню суворо відповідають вимогам Таблиці 1 ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».

Для локалізації пожежі та захисту шляхів евакуації передбачається влаштування ряду протипожежних заходів, які чітко відокремлюють функціонально різні частини забудови:

- паркінг: підземна автостоянка відокремлена від житлової та громадської зон протипожежними перекриттями REI 180 та стінами REI 150.
- вертикальні комунікації та технічні зони: Огороджувальні конструкції ліфтових шахт, ліфтових холів, тамбур-шлюзів та технічних приміщень спроектовані з вогнестійкістю, що відповідає вимогам до відповідних

протипожежних стін, перегородок та перекриттів. Зокрема, шахта ліфта має клас вогнестійкості REI 120, а хол пожежного ліфта – REI 45.

- змішані функції: приміщення громадського призначення відділені від житлової частини будівлі протипожежними стінами та перекриттями з нормованою вогнестійкістю.

- внутрішні перегородки: міжсекційні ненесучі стіни, міжквартирні самонесучі конструкції, а також перегородки, що розмежують загальні коридори та інші приміщення, виконані зі ступенем вогнестійкості EI 45.

Будинок в повному обсязі забезпечується необхідною кількістю евакуаційних виходів та шляхів евакуації. Їхні габаритні розміри та оздоблення відповідають усім чинним нормам пожежної безпеки.

Евакуація з приміщень підземного гаража відбувається безпосередньо назовні.

Вертикальне сполучення між паркінгом та житловою частиною будівлі здійснюється за допомогою ліфтів, що повністю відповідають нормативним вимогам до пожежних ліфтів.

Клас вогнестійкості заповнення прорізів у всіх протипожежних перешкодах визначається відповідно до Таблиці 2 ДБН В.1.1-7:2016.

Для зовнішнього оздоблення та утеплення фасадної системи передбачається застосування виключного негорючих матеріалів. Зокрема, для теплоізоляції фасаді передбачається застосування мінераловатних плит.

Огороджувальні конструкції:

- стіни та фасади: Для утеплення зовнішніх стін застосовуються мінераловатні плити розрахункової товщини, що забезпечує мінімальний опір теплопередачі $R_{q \min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

- покриття (покрівля): Теплоізоляція суміщених покриттів будівлі спроектована таким чином, щоб показник опору теплопередачі становив не менше $R_{q \min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

- цоколь та фундаменти: утеплення цих підземних конструкцій виконується екструдованими пінополістирольними плитами, що запобігає втратам тепла через ґрунт та мінімізує ризик утворення містків холоду.

Світлопрозорі конструкції:

Теплотехнічні характеристики віконних блоків, зовнішніх дверей та світлопрозорих фасадних систем підібрані з обов'язковим дотриманням нормативних вимог:

- світлопрозорі фасадні системи та вікна повинні мати опір теплопередачі не нижче $Rq \min = 0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

- зовнішні дверні блоки забезпечують показник опору теплопередачі не менше $Rq \min = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Таким чином, застосований комплекс рішень гарантує досягнення нормативних показників теплопровідності по всіх зовнішніх огорожувальних конструкціях.

1.2. Кліматологічні умови для м. Київ

Таблиця 1.

№	Показник	Значення	Одиниця виміру
1	Будівельно-кліматична зона	I	—
2	Середня температура повітря за рік	8,4	°С
3	Параметри холодного періоду		
3.1	Розрахункова температура найхолоднішої доби	-22	°С
3.2	Розрахункова температура найхолоднішої п'ятиденки (забезпеченість 0,92)	-20	°С
3.3	Тривалість опалювального періоду	180	діб
3.4	Середня температура опалювального періоду	-0,1	°С
3.5	Кількість градусо-діб опалювального	3618	гр.-діб

	періоду (ГСОП)		
3.6	Середня швидкість вітру за опалювальний період	3,5	м/с
4	Параметри теплого періоду		
4.1	Розрахункова температура зовнішнього повітря (суха)	24,5	°C
4.2	Середній максимальний тиск водяної пари	15,3	гПа
4.3	Середня швидкість вітру в теплий період	2,4	м/с

2. Проектні рішення систем мікроклімату (опалення, вентиляція)

2.1. Проектування системи опалення

Кваліфікаційною роботою передбачається влаштування комбінованої системи опалення житлового комплексу, а саме:

- житлові приміщення: індивідуальне водяне опалення від газових котлів;
- громадських нежитлових приміщень: індивідуальне водяне опалення від електричних котлів;
- нежитлових приміщень спільного користування: індивідуальне електроповітряне опалення;
- підземний гараж – опалення не передбачається.

Водяні системи опалення житлових приміщень.

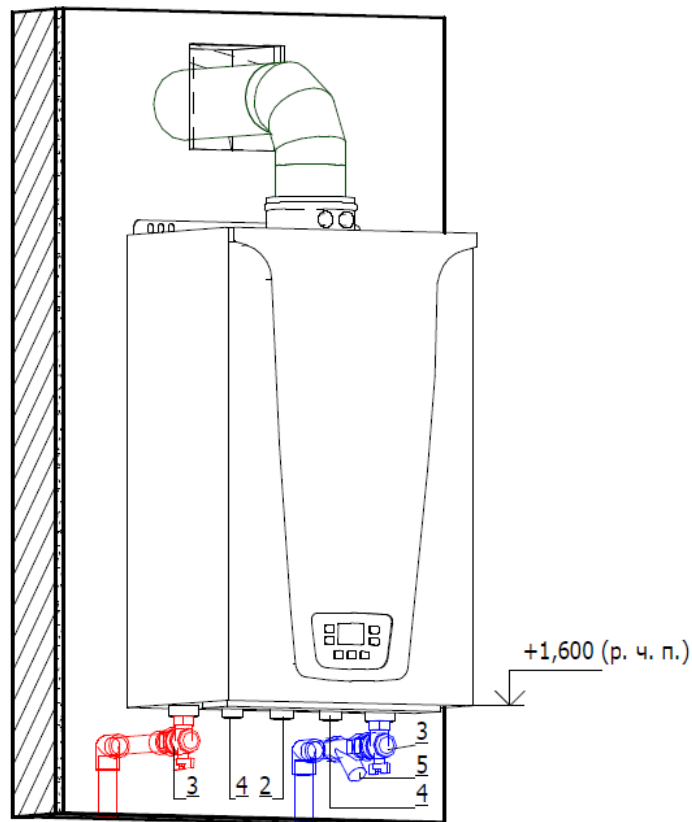
В якості джерела теплоти передбачається застосування індивідуальних газових водогрійних двоконтурних конденсаційних котлів з закритими камерами згорання. Котли додатково в собі передбачають під'єднання мережі гарячого водопостачання для забезпечення господарських потреб мешканців будинків. Котли оснащуються запобіжними клапанами.

Трубопровідні мережі передбачаються закритими двотрубними з нижнім розведенням і примусовою циркуляцією теплоносія з температурним режимом у зворотному/подавальному трубопроводі 60/80 °С. Робочий тиск в мережі передбачається 0,2 МПа.

Циркуляція теплоносія забезпечується за рахунок насоса, що є складовою частиною водогрійного котла. Для компенсації температурного розширення теплоносія передбачається влаштування мембранного розширювального баку, який є вбудованим у водогрійний котел.

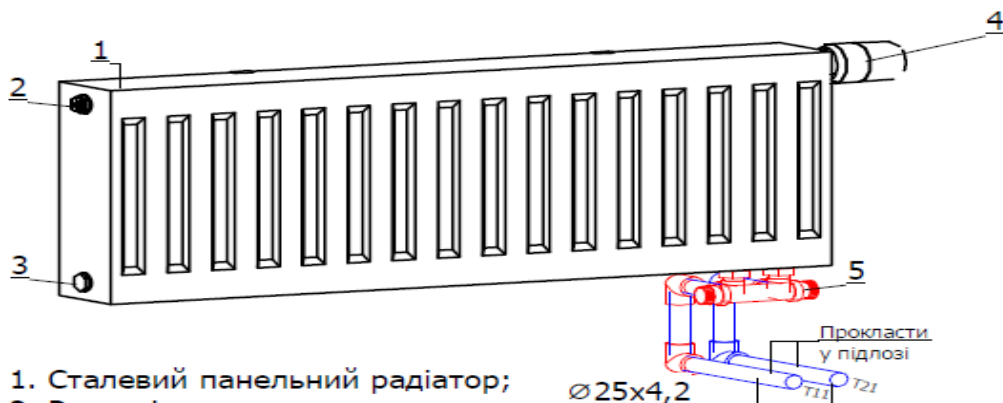
Трубопровідні мережі передбачаються поліпропіленові, армовані алюмінієм, у тепловій ізоляції з спіненого синтетичного каучуку. Прокладання трубопроводів передбачається прихованим у підлозі і/або в стінах. У зонах проходження трубопроводів крізь стіни влаштовуються гільзи з негорючих матеріалів. В якості компенсації температурних подовжень трубопроводів передбачається використання безпосередньо їх поворотів.

В якості опалювальних приладів передбачається використання сталевих стінових радіаторів з нижнім під'єднанням. Для радіаторів передбачається їх оснащення термостатичними регульовальними клапанами на подавальних патрубках та механічними повітровідниками.



1. Котел газовий настінний CLas One 24 ;
2. Підключення газопроводу G3/4 (див. розділ ГВП);
3. Кран кульовий кутовий з накидною гайкою G3/4;
4. Підключення В1, Т3, Ø1/2 (див. розділ ВК);
5. Фільтр грубої очистки G3/4.

Рис.1 Вузол влаштування газового настінного котла



1. Сталевий панельний радіатор;
2. Розповітрявач;
3. Заглушка;
4. Головка термостатична Danfoss RAW 5126;
5. Запірний клапан Danfoss RLV-KB.

Рис.2 Вузол влаштування сталевого панельного радіатора

Проектом передбачається влаштування вбудованих димохідних систем (ДСПГ) зі збірних керамзитобетонних шахт з коаксіальними сталевими легованими трубами всередині для відведення продуктів згорання в атмосферу та подачі повітря на горіння в газових котлах.

Коаксіальні канали котлів у місцях перетину внутрішніх стін прокладаються у футлярах, зазори між котрими заповнюються вогнетривким розчином на всю товщину стін.

У нижній точці легової труби кожної ДСПГ передбачене відведення конденсату з підключенням через нейтралізатори конденсату до системи побутової каналізації будинку.

У нижній частині легової труби ДСПГ передбачений ревізійний люк для огляду й очищення та засувка для вирівнювання тяги.

Виведення шахти ДСПГ передбачається вище рівня покрівлі будівлі на 2 м до повітрязабірного каналу і на 3 м до гирла димовідвідного каналу.

Водяні системи опалення нежитлових приміщень.

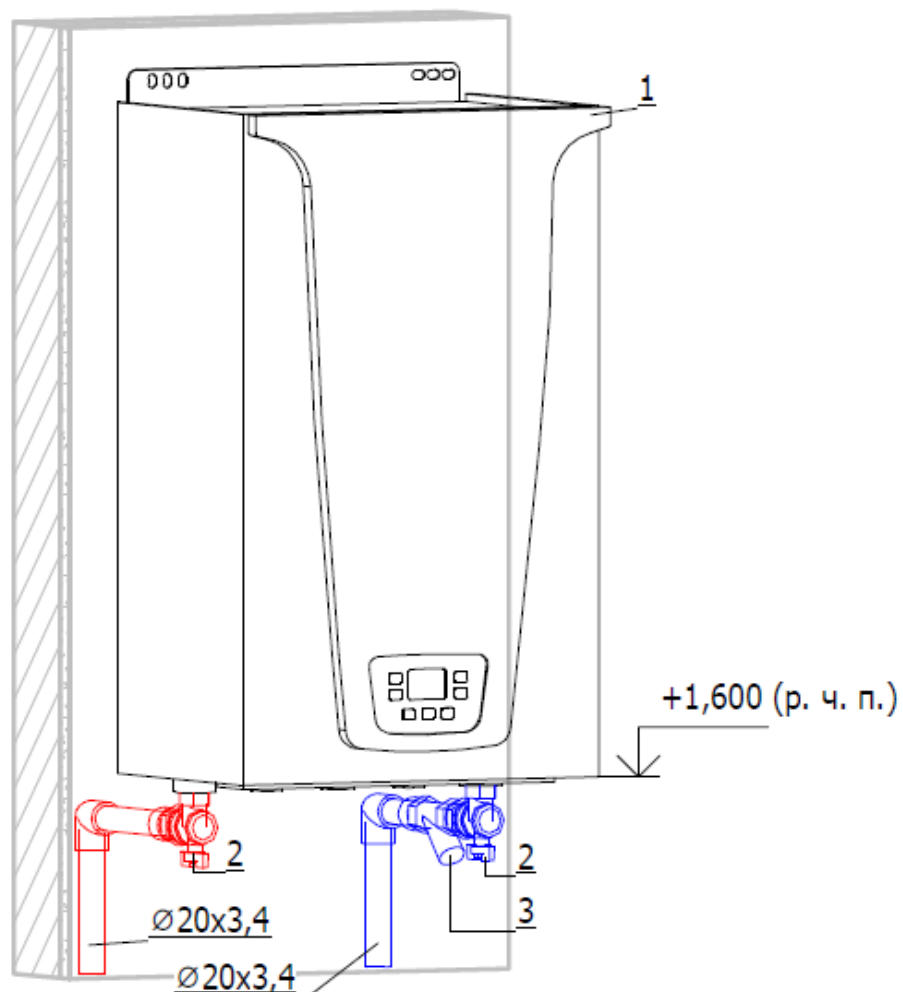
В якості джерела теплоти передбачається влаштування індивідуальних електричних водогрійних котлів з вбудованим циркуляційним насосом і мембранним розширювальним баком.

Трубопровідні мережі передбачаються закритими з нижнім розведенням і примусовою циркуляцією теплоносія з температурним режимом у зворотному/подавальному трубопроводі 50/70 °С. Робочий тиск в мережі передбачається 0,2 МПа.

Трубопроводи передбачаються поліпропіленові, армовані алюмінієм, у теплової ізоляції з спіненого синтетичного каучуку. Прокладання трубопроводів передбачається прихованим у підлозі і/або в стінах. У зонах проходження трубопроводів крізь стіни влаштовуються гільзи з негорючих матеріалів. В якості компенсації температурних подовжень трубопроводів передбачається використання безпосередньо їх поворотів.

В якості опалювальних приладів передбачається влаштування мідно-алюмінієвих внутрішньопідлогових конвекторів з природною конвекцією повітря. Конвектори передбачаються з їх оснащенням термостатичними регулювальними клапанами на подавальному патрубку та механічними повітровідвідниками.

Для приміщень, де теплової потужності конвекторів недостатньо, додатково передбачається влаштування сталевих панельних радіаторів з нижнім під'єднанням. Радіатори передбачаються з їх оснащенням термостатичними регулювальними клапанами на подавальному патрубку та механічними повітровідвідниками.



- 1) Котел електричний Tenko.
- 2) Кран кутовий кутовий G3/4.
- 3) Фільтр грубої очистки G3/4.

Рис.3 Вузол влаштування електричного котла

Електричні системи опалення.

В якості джерела теплоти для електричних систем опалення передбачається влаштування окремих електричних конвекторів з природною конвекцією повітря з централізованим і дублюючим локальним увімкненням.

2.2. Загальнообмінна вентиляція і кондиціонування

Проектні рішення системи вентиляції комплексу розроблені з урахуванням функціонального зонування будівлі. Для житлової частини кваліфікаційною роботою прийнято схему влаштування загальнообмінної вентиляції з природним спонуканням. Надходження свіжого повітря до житлових приміщень передбачається неорганізованим шляхом через віконні прорізи житлових кімнат. Видалення забрудненого повітря здійснюється з приміщень кухонь, ванних кімнат та санвузлів через індивідуальні вертикальні канали-супутники. З метою запобігання перетіканню повітря між поверхами та покращення акустичного комфорту, приєднання каналів-супутників до збірної витяжної шахти виконується через поверх (вище вентиляованого приміщення). Сама шахта монтується з керамзитобетонних вентиляційних блоків, що розміщуються у спеціальних стінових каналах. Викид витяжного повітря в атмосферу організовується на висоті не менше 2 м вище рівня покрівлі будинків, при цьому транзитна ділянка шахти, що проходить над покрівлею, підлягає обов'язковій тепловій ізоляції для запобігання появи конденсації вологи.

Для вбудованих приміщень громадського призначення кваліфікаційною роботою запроєктовано систему примусової припливно-витяжної вентиляції. Повітрообмін даної системи забезпечується індивідуальними підвісними вентиляційними установками, які розміщуються безпосередньо у приміщеннях, що ними обслуговуються. З метою підвищення енергоефективності інженерних систем, вентиляційні агрегати передбачаються з оснащенням рекуператорами для утилізації теплоти витяжного повітря, а догрів припливного повітря до

нормованих параметрів у холодний період року здійснюється вбудованими електричними нагрівачами. Забір свіжого повітря виконується через фасадні решітки на висоті не менше 2 м від рівня землі. Видалення відпрацьованого повітря передбачено через окремі вертикальні транзитні канали, сформовані з цегляної кладки, з виведенням устя шахти на висоту не менше 2 м вище покрівлі будівлі та влаштуванням теплової ізоляції зовнішніх ділянок, для запобігання появи конденсації вологи.



Рис.4 Підвісна ПВУ з протипотоковим ентальпійним або полістироловим рекуператором

2.3. Вентиляція підземного паркінгу

Для можливості підтримки нормативно допустимих санітарно-гігієнічних параметрів повітряного середовища у приміщеннях підземного гаражу кваліфікаційною роботою запроєктовано систему примусової припливно-витяжної загальнообмінної вентиляції з механічним спонуканням. Розрахункова продуктивність системи визначена на основі аналізу інтенсивності руху автотранспорту та необхідності асиміляції шкідливих викидів, ключовим з яких є оксид вуглецю (CO), до рівня гранично допустимих концентрацій (ГДК). Окрім санітарно-гігієнічної функції, система вентиляції паркінгу забезпечує

попередження утворення вибухонебезпечних концентрацій парів палива, що можуть виділяти автомобілі. подача припливного свіжого повітря здійснюється за допомогою механічних каналних вентиляторів, які нагнітають повітря вздовж проїздів, створюючи надлишковий тиск та спрямовуючи рух повітря до зон витяжки, що забезпечує рівномірне провітрювання всього об'єму паркінгу та виключає собою утворення «застійних зон».

Витяжна частина системи спроектована з урахуванням фізичних властивостей вихлопних газів автомобілів різної температури та щільності. Видалення забрудненого повітря передбачається організувати рівномірно з двох зон: 50% об'єму видаляється з верхньої зони приміщення (для вловлювання легких фракцій газів та теплого повітря, що піднімається вгору), а інші 50% - з нижньої зони, безпосередньо від підлоги, для ефективного видалення важких газів та пилу. Забірні решітки нижньої зони розташовуються на висоті не більше ніж 0,5 м від рівня підлоги. Мережа магістральних повітроводів виготовляється з листової оцинкованої сталі класу щільності «В» на фланцевих з'єднаннях. Для забезпечення нормованої межі вогнестійкості транзитних ділянок, на поверхню металевих повітроводів наноситься спеціалізоване вогнезахисне покриття, товщина якого визначається розрахунком відповідно до необхідного класу вогнестійкості (EI).

Архітектурно-планувальні рішення передбачають використання капітальних цегляних шахт для вертикального транспортування повітря. Забір свіжого повітря здійснюється через фасадні повітрозабірні пристрої (жалюзійні решітки), що розташовуються на висоті не менше 2 м від рівня землі, що унеможлиблює потрапляння снігових заметів, пилу та сміття всередину системи. Викид витяжного повітря передбачено через шахти, гирла яких виведені на висоту не менше 2 м вище рівня покрівлі найвищої прибудованої частини будівлі, що забезпечує ефективне розсіювання шкідливих речовин в атмосфері та запобігає їх потраплянню у вікна мешканців житлового комплексу. Всі ділянки повітроводів та шахт над покрівлею підлягають обов'язковій

тепловій ізоляції для запобігання охолодженню потоку, зниженню тяги та утворенню конденсату на внутрішніх стінках каналів у холодний період року.

Особлива увага при проектуванні додатково приділяється пожежній безпеці житлового комплексу. У місцях перетину вентиляційними повітrowодами протипожежних перешкод (стін, перекриттів, перегородок, що відокремлюють пожежні відсіки) встановлюються автоматичні нормально відкриті вогнезатримуючі клапани. Клас вогнестійкості клапанів (ЕІ) підбирається рівним класу вогнестійкості будівельної конструкції, яку перетинає повітrowід. Клапани оснащуються електроприводами з зворотною пружиною, що забезпечує їх гарантоване закриття при надходженні керуючого сигналу від системи пожежної сигналізації та диспетчеризації, тим самим блокуючи поширення вогню та продуктів горіння вентиляційною мережею до суміжних приміщень.

Влаштування припливних та витяжних каналних механічних установок передбачається безпосередньо в об'ємі паркінгу, що ними обслуговується під перекриттям.

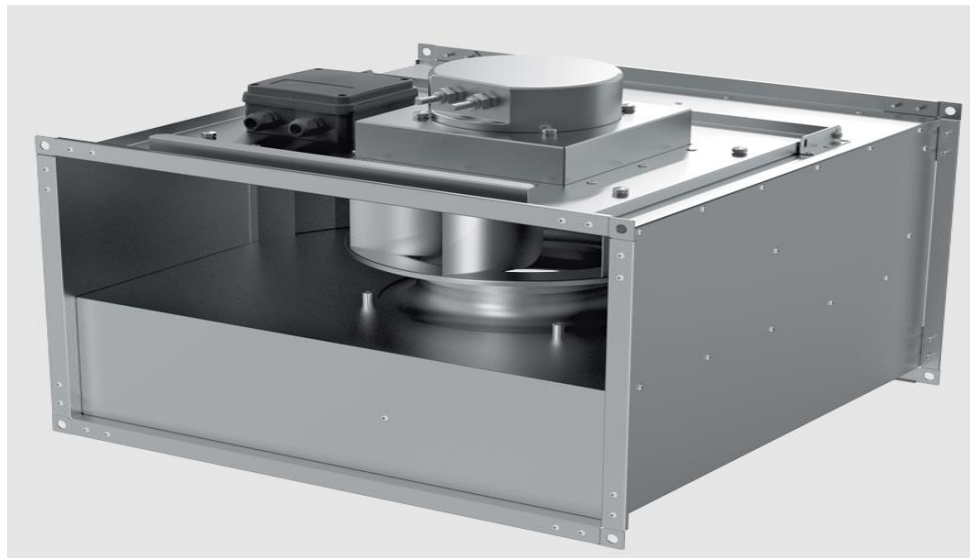


Рис.5 Канальний відцентровий вентилятор з назад загнутими лопатками

2.4 Результати розрахунків та підбору обладнання систем формування мікроклімату

Таблиця 2.

Поверх, № приміщ.	Функція	Площа заг., м ²	Витрата припл. повітря, м ³ /год.	Витрата вит. повітря, м ³ /год.	Витрата теплоти заг., Вт	Модель опалювальної установки	Модель вентиляційної установки	Споживана електрика, Вт
-1 пов.								5 933
	паркінг С9	1 264.4	5 200	6 400	0		ВКП 800х500 ЛЗ ЕС, 6 400 м ³ /год., 370 Па (2 шт.)	5 850
1.IV	електрощито ва	10.1		100	0		ВКМ 125 ЕС, 230 В, 83 Вт	83
1 пов.								96 648
	комори	81.1	0	600			див. велосипедну	
021	велосипедна	26.8	0	200			ВКМ 315 ЕС, 230 В, 183 Вт	183
020	пральня	24.4	800	1 000			ВКМ 315 ЕС, 230 В, 183 Вт	183
024	лапкомийна +тамбур	7.9		30	760		природна витяжка 150х150	
025	санвузол	5.5		20	300		природна витяжка 150х150	
026	візочна	16.7		60	1 020	див. хол	природна витяжка 300х150	
0.VI	хол (без коридору)	41.8		140	2 510	Noirot Spot E-3 Plus 1000W (3 шт.)	природна витяжка 300х150	3 000
001	комерція	19.9	150	150	1 290	Tenko Digital SDKE+ 3/220 SSR, 3.0 кВт, 230 В	ВУЕ 300 ПБЕ ЕС, 150 м ³ /год., 330 Па, з ел.нагрівачем 1.5 кВт, 230 В	4 680
002	комерція	29.8	250	250	1 700	Tenko Digital SDKE+ 3/220 SSR, 3.0 кВт, 230 В	ВУЕ 300 ПБЕ ЕС, 250 м ³ /год., 190 Па, з ел.нагрівачем 1.5 кВт, 230 В	4 680
003	комерція	53.8	450	450	3 160	Tenko Digital SDKE+ 4.5/220 SSR, 4.5 кВт, 230 В	ВУЕ 550 ПБЕ ЕС, 450 м ³ /год., 230 Па, з ел.нагрівачем 2.0 кВт, 230 В	6 822
004	комерція	57.0	450	450	3 330	Tenko Digital SDKE+ 4.5/220 SSR, 4.5 кВт, 230 В	ВУЕ 550 ПБЕ ЕС, 450 м ³ /год., 230 Па, з ел.нагрівачем 2.0 кВт, 230 В	6 822
005	комерція	69.6	600	600	4 110	Tenko Digital SDKE+ 4.5/220 SSR, 4.5 кВт, 230 В	ВУЕ 900 ПБЕ ЕС, 600 м ³ /год., 360 Па, з ел.нагрівачем 3.3 кВт, 230 В	8 242
022	кінотеатр	33.0	500	500	1 740	Noirot Spot E-3 Plus 1500W (1 шт.)	ВУЕ 550 ПБЕ ЕС, 500 м ³ /год., 170 Па, з ел.нагрівачем 2.0 кВт, 230 В	3 822
023	спортзала	212.4	4 100	4 100	11 710	Tenko Digital SDKE+ 12/380 SSR, 12.0 кВт, 380 В	ВУТ 3000 ПБВ ЕС, 4100 м ³ /год., 280 Па, з вод.нагрівачем, 380 В	14 226
024	комерція	48.2	400	400	2 990	Tenko Digital SDKE+ 4.5/220 SSR, 4.5 кВт, 230 В	ВУЕ 550 ПБЕ ЕС, 400 м ³ /год., 310 Па, з ел.нагрівачем 2.0 кВт, 230 В	6 822

Поверх, № приміщ.	Функція	Площа заг., м ²	Витрата припл. повітря, м ³ /год.	Витрата вит. повітря, м ³ /год.	Витрата теплоти заг., Вт	Модель опалювальної установки	Модель вентиляційної установки	Споживана електрика, Вт
1.П	хол	27.7		100	1 630	Noirot Spot E-3 Plus 1500W (1 шт.)	природна витяжка 300x150	1 500
100	візочна	20.1		70	1 690	Noirot Spot E-3 Plus 1500W (1 шт.)	природна витяжка 300x150	1 500
101	комерція	61.8	500	500	3 540	Tenko Digital SDKE+ 4.5/220 SSR, 4.5 кВт, 230 В	ВУЕ 550 ПБЕ ЕС, 500 м3/год., 170 Па, з ел.нагрівачем 2.0 кВт, 230 В	6 822
102	комерція	30.3	250	250	3 010	Tenko Digital SDKE+ 3/220 SSR, 3.0 кВт, 230 В	ВУЕ 300 ПБЕ ЕС, 250 м3/год., 190 Па, з ел.нагрівачем 1.5 кВт, 230 В	4 680
103	комерція	31.2	250	250	2 140	Tenko Digital SDKE+ 3/220 SSR, 3.0 кВт, 230 В	ВУЕ 300 ПБЕ ЕС, 250 м3/год., 190 Па, з ел.нагрівачем 1.5 кВт, 230 В	4 680
104	комерція	72.6	600	600	4 010	Tenko Digital SDKE+ 4.5/220 SSR, 4.5 кВт, 230 В	ВУЕ 900 ПБЕ ЕС, 600 м3/год., 360 Па, з ел.нагрівачем 3.3 кВт, 230 В	8 242
105	комерція	91.9	750	750	5 450	Tenko Digital SDKE+ 6.0/220 SSR, 6.0 кВт, 230 В	ВУЕ 900 ПБЕ ЕС, 750 м3/год., 240 Па, з ел.нагрівачем 3.3 кВт, 230 В	9 742

3. Комплексні системи протидимного захисту

3.1 Загальні положення з влаштування систем протидимного захисту

Аналіз фахової української літератури свідчить про те, що забезпечення пожежної безпеки сучасних багатофункціональних комплексів є одним із пріоритетних завдань інженерного проектування. Як зазначають у своїй фундаментальній праці Ткачук А. Я. та Богдан А. В., статистика надзвичайних ситуацій в Україні демонструє невтішну тенденцію: понад 70% летальних випадків під час пожеж спричинені не термічним впливом вогню, а саме отруєнням токсичними продуктами горіння та втратою орієнтації через щільне задимлення евакуаційних шляхів [22]. У зв'язку з цим, науковці наголошують, що систему протидимного захисту (СПДЗ) слід розглядати не як допоміжну, а як критично важливу інженерну мережу, від надійності якої безпосередньо залежить життя людей.

Теоретичні основи руху димових газів ґрунтуються на законах термодинаміки та аеродинаміки. У роботах Пукача В. В. детально розглядається фізика процесу задимлення приміщень. Автор вказує, що рушійною силою розповсюдження диму є різниця тисків, що виникає внаслідок перепаду температур між осередком горіння та навколишнім середовищем (ефект тяги), а також під впливом вітрового навантаження на будівлю [24]. Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділяють явищу стратифікації диму - утворенню чіткого шару продуктів горіння під стелею. Збереження цього шару непорушним протягом часу, необхідного для евакуації, є головним завданням при розрахунку систем димовидалення, що підтверджується дослідженнями українських вчених у галузі тепломасообміну.

В українській технічній літературі, зокрема у монографіях Поспелова Б. Б., наводиться розлога класифікація систем протидимного захисту, які

поділяються за способом спонукання руху повітря на природні та механічні (примусові) [23].

Що стосується природного димовидалення, науковці зазначають, що системи з природним спонуканням (через zenітні ліхтарі, віконні фрамуги, димові люки, тощо) є енергоефективними та економічно вигідними, проте мають суттєві обмеження. Як вказується у посібнику Нижника В. В., ефективність таких систем критично залежить від погодних умов (температури зовнішнього повітря, швидкості та напрямку вітру) та висоти будівлі [25]. У літній період, коли температура всередині та ззовні приміщення може вирівнюватися, тяга суттєво зменшується, що може призвести до відмови системи. Тому для багатоповерхових житлових комплексів та підземних споруд українські нормативи та експерти рекомендують надавати перевагу системам з механічним спонуканням.

Системи примусового видалення диму вважаються більш надійними та керованими. Ткачук А. Я. у підручнику «Вентиляція та кондиціювання повітря» описує конструктивні особливості таких систем, акцентуючи увагу на вимогах до вогнестійкості обладнання. Вентилятори димовидалення повинні зберігати працездатність при температурах 400°C або 600°C протягом 120 хвилин, що висуває особливі вимоги до матеріалів та конструкції робочих коліс [22].

Окремим важливим аспектом, що висвітлюється в літературі, є проблема компенсації видаленого повітря. Згідно з дослідженнями Дешка В. І., ігнорування необхідності організованого припливу свіжого повітря (системи компенсації) призводить до створення надмірного розрідження у приміщенні. Це, у свою чергу, унеможлиблює відкриття евакуаційних дверей людьми (через перепад тиску сила тиску на дверне полотно може перевищувати 1000 Н) та знижує продуктивність вентиляторів димовидалення [26]. Автори наполягають на обов'язковому аеродинамічному балансуванні протидимних систем витяжки та припливу.

Влаштування протидимного захисту в підземних паркінгах є темою активних дискусій в українській науковій спільноті. Ємець В. І. у своїх працях проводить порівняльний аналіз двох основних концепцій: традиційної каналної системи та імпульсної (струменевої) вентиляції [27].

Класичний підхід передбачає розгалужену мережу повітроводів, через які здійснюється забір диму. Перевагою є прогнозованість повітряних потоків. Проте, як зазначають експерти [25, 27], у сучасних паркінгах з низькими стелями та насиченими інженерними комунікаціями прокладання габаритних коробів димовидалення є складним завданням, що часто конфліктує з архітектурними рішеннями та зменшує корисний об'єм приміщення.

Імпульсна система протидимної вентиляції набуває все більшого поширення в Україні. В основі методу лежить використання осьових або відцентрових вентиляторів (jet fans), які передають імпульс повітряним масам, переміщуючи їх до точок видалення без використання повітроводів. У роботах Нижника В. В. підкреслюється, що такі системи є високоефективними для видалення чадного газу (CO) у повсякденному режимі, а також дозволяють ліквідувати «застійні зони» [25]. Однак, для режиму пожежі проектування таких систем вимагає складного математичного моделювання (CFD), оскільки наявність колон та балок може суттєво викривляти струмені та знижувати ефективність захисту.

Для житлових багатоповерхових будинків, що є частиною комплексу, ключовим елементом захисту є системи підпору повітря (створення надлишкового тиску). Поспелов Б. Б. зазначає, що створення надлишкового тиску в діапазоні 20-50 Па у шахтах ліфтів та на сходових клітках є єдиним дієвим методом запобігання проникненню диму на шляхи вертикальної евакуації [23]. Автори звертають увагу на складність регулювання таких систем: при відкритті дверей тиск різко падає, а при закритті - зростає, що

вимагає використання частотних перетворювачів на вентиляторах або систем скидання надлишкового тиску.

Сучасний погляд на протидимний захист, висвітлений у монографії «Моніторинг та управління системами протипожежного захисту», передбачає інтегрований підхід. Система димовидалення не може існувати відокремлено від інших інженерних мереж будівлі. Автори [23] детально розписують алгоритми взаємодії: при спрацюванні пожежної сигналізації автоматика повинна не лише запустити вентилятори димовидалення, але й відключити загальнообмінну вентиляцію (для запобігання роздуванню вогню), опустити ліфти на основний посадковий поверх та розблокувати системи контролю доступу.

Особливий інтерес становлять дослідження сумісної роботи систем димовидалення та автоматичного водяного пожежогасіння (спринклерів). У працях Ткачука А. Я. розглядається фізичний ефект охолодження димових газів розпиленою водою. Це явище, відоме як дестратифікація, може призвести до опускання охолодженого диму вниз, у зону дихання людей, що ускладнює евакуацію [22]. Тому українські науковці рекомендують враховувати цей фактор при розрахунку продуктивності систем димовидалення, закладаючи певний запас потужності для видалення пароповітряної суміші.

Питання енергоефективності, підняті у роботах Дешка В. І., стосуються переважно герметичності систем. Значні витіки повітря через нещільності повітроводів та будівельних шахт призводять до необхідності використання потужнішого обладнання, що збільшує капітальні та експлуатаційні витрати [26]. Автор наголошує на важливості якісного монтажу та використання сучасних ущільнюючих матеріалів.

Щодо вогнестійкості, то українська література [25] акцентує на необхідності захисту транзитних повітроводів. Метал за високих температур швидко втрачає несучу здатність та деформується, порушуючи

герметичність системи. Тому застосування вогнезахисних покриттів (наприклад, базальтових матів або спеціальних фарб) є обов'язковою умовою надійності системи, що детально регламентується не лише нормами, а й технологічними картами виконання робіт.

Проведений аналіз літературних джерел дозволяє зробити наступні узагальнення, що будуть покладені в основу проєктних рішень дипломної роботи:

1. Влаштування механічних систем протидимного захисту є безальтернативним рішенням для висотних житлових комплексів та підземних паркінгів, оскільки природні системи не забезпечують гарантованої надійності в будь-яку пору року.

2. При проєктуванні захисту підземних паркінгів необхідно проводити ретельний аналіз архітектурно-планувальних рішень. Як свідчать джерела [25, 27], за наявності складної геометрії перекриттів (балок), класична канална система є більш пріоритетною перед імпульсною.

3. Критично важливим є комплексний підхід до автоматизації, який забезпечує чіткий алгоритм дій, а саме випереджальний запуск витяжки відносно припливу (компенсації) та створення дисбалансу тисків для захисту евакуаційних шляхів, як це рекомендовано у працях Поспелова Б. Б. [23].

4. Розрахункові методики повинні враховувати не лише об'єм диму, що утворюється від горіння пожежного навантаження, але й вплив суміжних систем (таких як спринклерного пожежогасіння) та фактичні втрати тиску в мережі [22, 24].

3.2 Загальні положення з влаштування систем протидимного захисту

Застосування систем протидимного захисту житлового комплексу передбачається з метою:

- забезпечення умов для безпечного евакуювання людей у випадку пожежі;

- забезпечення умов для гасіння пожежі та проведення пожежно-рятувальних робіт пожежними підрозділами;
- зниження ймовірності займання предметів, обладнання, речовин і матеріалів під впливом теплового випромінювання;
- зниження впливу високих температур на конструкції будівлі під час пожежі;
- зменшення збитків від продуктів термічного розкладу та гарячих газів.

Для захисту житлового комплексу прийнято влаштування систем протидимного захисту з механічним спонуканням, з влаштуванням протипожежного вентиляційного обладнання, що має відповідну сертифікацію на можливість його застосування.

Системи протидимного захисту об'єкту складаються з систем димо- і тепловидалення, припливних систем заміщення (компенсації) повітря, систем зі створення різниці тисків (підпору повітря) та систем скидання надлишкового тиску.

Система димо- і тепловидалення – це комплекс технічних засобів і пристроїв, що призначаються для створення бездимного прошарку нижче стабільного шару диму, шляхом його видалення з приміщень, окремо виділених димових зон та шляхів евакуювання людей, у випадку пожежі. Система димовидалення може виконуватись класичним методом з механічним спонуканням (з влаштуванням вентиляторів димовидалення), природним методом (за рахунок влаштування зенітних ліхтарів, віконних фрамуг, що відкриваються автоматично), а також методом імпульсного димовидалення (виключно для автомобільних гаражів).

Система заміщення (компенсації) повітря – припливна система, що є частиною комплексу систем протидимного захисту, яка забезпечує надходження холодного повітря ззовні будівлі до приміщення, що обладнано системою димо- і тепловидалення, тим самим заміщуючи об'єм гарячих димових газів, що видаляються. Для ефективного контролю за шаром диму,

що утворюється під перекриттям приміщення, припливне повітря має бути спрямоване таким чином, щоб воно обов'язково потрапляло виключно нижче рівня димового шару, що буде запобігати контакту припливного повітря з димом, для уникнення збурювання диму та ефекту Вентурі. Жоден з прорізів протидимного захисту не повинен призначатись одночасно для функцій видалення та для припливу повітря, в якості уникнення їх взаємопов'язаного впливу та забезпечити належний рух повітряних потоків. Система компенсації повітря може виконуватись у виконанні з механічним спонуканням (влаштування припливних вентиляторів) та природним чином (шляхом влаштування автоматичних припливних прорізів, таких як припливні клапани, жалюзі, ворота і т.д.).

Система зі створення різниці тисків (підпору повітря) – це досить складна частина інженерного комплексу систем протидимного захисту, що складається з вентиляторів, повітроводів, протипожежних клапанів та інших вентиляційних пристроїв. Система підпору повітря може виконуватись лише у виконанні з механічним спонуканням (влаштуванням припливних вентиляторів). Основне призначення системи підпору повітря полягає у цілеспрямованому створенні контрольованого перепаду тиску між приміщенням, що захищається, та приміщенням в якому виникла пожежа (зоною задимлення). Це є критично важливим елементом для забезпечення безпечної евакуації людей у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Ключовим принципом роботи систем підпору повітря є запобігання задимленню шляхів евакуації будівлі. Це досягається шляхом створення надлишкового тиску в просторах, що захищаються (сходові клітки, ліфта або інше), який є вищим ніж тиск у зоні виникнення пожежі, що буде унеможливити проникнення диму та чадних газів. Таким чином, система фактично створює «пожежобезпечні зони», де двері та інші прорізи функціонують в якості повітряних завіс, блокуючи рух продуктів згорання до приміщень, що є важливими для безпеки.

Перед початком проектування систем підпору повітря, у відповідності з ДСТУ EN 12101-6:2016 слід визначитись з класом системи, у відповідності до таблиці 3.

Таблиця 3.

Клас системи	Приклади використання	Розрахункові параметри
Система класу А	Для шляхів евакуації. Захист для місця перебування	4.2 і рисунок 2, відповідно до ДСТУ EN 12101-6:2016
Система класу В	Для шляхів евакуації та організації гасіння пожежі	4.3 і рисунок 3, відповідно до ДСТУ EN 12101-6:2016
Система класу С	Для шляхів евакуації з одночасною евакуацією	4.4 і рисунок 4, відповідно до ДСТУ EN 12101-6:2016
Система класу D	Для шляхів евакуації. Можлива наявність осіб, які сплять	4.5 і рисунок 5, відповідно до ДСТУ EN 12101-6:2016
Система класу Е	Для шляхів евакуації з поетапною евакуацією	4.6 і рисунок 6, відповідно до ДСТУ EN 12101-6:2016
Система класу F	Система пожежогасіння та шляхи евакуації	4.7 і рисунок 7, відповідно до ДСТУ EN 12101-6:2016

Після визначення класу системи підпору повітря ми приймаємо необхідні розрахункові параметри для подальшої можливості проектування та розрахунку систем.

Система скидання надлишкового тиску – складова частина систем протидимного захисту, що безпосередньо пов'язана з просторами, в яких передбачається створення надлишкового тиску системами підпору повітря. Основна функція даних систем полягає у запобіганню утворенню надмірних (вище нормативних) тисків в просторах, що захищаються системами підпору повітря, що можуть ускладнювати або повністю запобігати безпечній евакуації людей через евакуаційні виходи через необхідність прикладення суттєвих зусиль на відкриття дверей (відповідно до ДСТУ EN 12101-6:2016 максимальне зусилля, що прикладається на відкриття евакуаційних дверей не має перевищувати 100 Н). Скидання тиску має бути виконано таким чином, що дасть змогу забезпечувати повний контроль над повітряним потоком та підтримувати тиск на рівні, що необхідний для ефективної роботи систем протидимного захисту загалом.

Необхідність влаштування систем скидання надлишкового тиску з'являється у зв'язку з наявністю розрахункових параметрів мінімальної швидкості потоку повітря (0,75 м/с та більше) через відкриті двері просторів, що захищаються системами зі створення різниці тисків. Відповідно в умовах зачинених дверей витрата на вентиляторі підпору повітря, що підбирається на необхідну швидкість потоку через відкриті двері, значно перевищує необхідну витрату повітря для створення нормативного діапазону надлишкового тиску в просторах, що захищаються.

Найбільш поширений варіант влаштування систем скидання надлишкових тисків передбачає собою влаштування протипожежних клапанів з гравітаційним спонуканням, що в умовах нормального та нормативного тисків знаходяться в закритому положенні, а при його перевищенні відкриваються під дією підвищеного тиску за рахунок спеціально підготовленої пружини виробником відповідного обладнання. При всьому цьому повітря, що скидається повинне потрапляти безпосередньо назовні будівлі, або в приміщення, що забезпечується

належними шляхами витоків у випадку пожежі (відкритими прорізами, системами димовидалення, тощо) для систем класу «F». Протипожежний клапан, що передбачається для скидання тиску має мати такі параметри, щоб він міг забезпечувати повну витрату надлишкового повітря, яка визначається шляхом віднімання сумарної величини витоків в умовах зачинених дверей простору від необхідної загальної витрати повітря за найбільш несприятливих умов його подавання.

Протипожежні клапани скидання надлишкового тиску мають бути обладнанні термочутливим пристроєм (наприклад легкоплавкою вставкою), у випадку розриву якого клапан блокується у закритому положенні, що в свою чергу не дасть змоги пожежі поширюватись у суміжні приміщення та простори.

Альтернативним варіантом для запобігання утворення надмірних тисків в просторах, що захищені системами підпору повітря, можуть застосовуватись вентилятори зі змінною витратою повітря. Але водночас при цьому встановлені дуже суворі вимоги щодо швидкодії даного типу системи, а саме: використання таких вентиляторів допускається лише в тому випадку, якщо система здатна забезпечити більше ніж 90% від нової необхідної (змінної) об'ємної витрати повітря протягом 3 секунд після відчинення або зачинення дверей. Дана нормативна вимога гарантує, що система в змозі миттєво адаптуватись до зміни опору, уникаючи критичних коливань тиску.

3.3 Концепція протидимного захисту житлового комплексу

Об'єктом дослідження влаштування систем протидимного захисту даної кваліфікаційної роботи є житлові секції №5 та №6 з вбудованим підземним паркінгом (гаражем). Для захисту даної частини житлового комплексу передбачається влаштування наступного ряду систем СПДЗ:

- система класичного димовидалення приміщень підземного гаража;

- система компенсації повітря підземного гаражу, що захищається системою димо- і тепловидалення, з механічним спонуканням;
- система зі створення різниці тисків (підпору повітря) шахт ліфтів, що сполучають паркінг з житловими поверхами будівлі;
- система зі створення різниці тисків (підпору повітря) тамбур-шлюзів пожежних ліфтів, що сполучають паркінг x житловими поверхами будівлі.

У відповідності до наявності природного освітлення поверхових коридорів через сходові клітки типу СК1, влаштування систем димовидалення та компенсації повітря для них не передбачається

Кваліфікаційною роботою передбачається поділ приміщення паркінгу на дві димові зони, димовидалення з кожної з яких передбачається однією спільною системою димовидалення з єдиним вентиляційним агрегатом (вентилятором димовидалення), що розташовується на рівні покрівлі будівлі.

Для унеможливлення потрапляння продуктів згорання однієї димової зони в іншу, передбачається влаштування протипожежних клапанів димовидалення на спільному повітроводі, що шляхом автоматизації відповідно до алгоритму регулюють зону фіксації пожежі. Додатково для цієї ж цілі, відповідно до нормативних вимог передбачається влаштування протидимної завіси, що є головним елементом поділу димових зон. В якості протидимної завіси в нашому випадку передбачається влаштування балки під перекриттям над прорізом воріт, низ якої передбачається на висоті 2,5 м над рівнем підлоги паркінгу.

В загальному, система димовидалення паркінгу складається з: димоприймальних пристроїв (клапанів/решіток); лінійних повітроводів, що обробляються вогнестійкою ізоляцією; фасонних елементів повітроводу (трійники, відводи); автономної шахти димовидалення, що виводиться на рівень покрівлі будівлі; підключеного до шахти вентилятору димовидалення, що комплектується гнучкими вставками, зворотним клапаном, захисним зонтом, захистом електродвигуна, тощо.

Повітроводи системи димовидалення прокладаються під перекриттям паркінгу, з уникненням заниження проїзду машин нижче 2,2 м від рівня підлоги. Для можливості кріплення повітроводів до перекриття вільна відстань між верхньою гранню повітроводу та стелею передбачається не менше 50 мм.

В межах протипожежного відсіку, що обслуговується системою димовидалення передбачається обробка повітроводів та їх фасонних елементів ізоляцією з негорючих матеріалів класом вогнестійкості не менше EI 45. Поза межами протипожежного відсіку, що обслуговується – не менше EI 150.

Автономна шахта димовидалення підземного паркінгу передбачається у виконанні з цегляної кладки з затиранням швів зсередини. Шахта передбачається класом вогнестійкості не менше EI 150, у зв'язку з її транзитним прокладанням поза межами протипожежного відсіку паркінгу.

В обслуговуваному приміщенні паркінгу димоприймальні пристрої (клапани та решітки) розташовуються таким чином, щоб забезпечити необхідні умови для димовидалення:

- низ димоприймального пристрою повинен бути не нижче за рівень верху дверного прорізу приміщення паркінгу (не нижче 2,2 м);
- низ димоприймального пристрою повинен бути розташований на висоті не менше 100 мм від рівня низу конструкції, що розділяє суміжні димові зони;
- один димоприймальний пристрій обслуговує площу димової зони зону, не більшу за 900 м²;
- відстань від найвіддаленішої точки обслуговуваної димової зони до димоприймального пристрою не перевищує 20 м.

Влаштування вентилятору димовидалення на рівні покрівлі будівлі передбачається на окремо відведеному для нього бетонному фундаменті, до якого він жорстко закріплюється. Для компенсації вібрації при роботі

вентилятора димовидалення та уникнення пошкодження елементів його кріплення передбачається влаштування віброізолюючих елементів в точках кріплення його опори та влаштування гнучких вставок в зонах підключення елементів повітроводу до вентилятора. Для захисту вентилятору димовидалення від атмосферних опадів, уникнення проникнення холодного повітря всередину будівлі та уникнення випадку конденсату, передбачається влаштування захисного зонту на стороні нагнітання та зворотного клапану на стороні всмоктування.

Викид продуктів згорання в атмосферу вентилятором здійснюється на відстані не менше ніж 5 м від повітрязабірних пристроїв припливних систем протидимного захисту (компенсації та підпору повітря), на висоті не меншій за 2 м від рівня покрівлі та не меншій за 1 м від рівня верху повітрязабірних пристроїв припливних систем протидимного захисту (компенсації та підпору повітря). У відповідності до п. 10.7.4 ДБН В.2.5-56:2014 допускається викид продуктів згорання на меншій за 2 м висоті від рівня покрівлі, за умови її захисту негорючими матеріалами в радіусі не менше 2 м від краю викидного прорізу, в даному випадку диктуючими параметрами для визначення відмітки викиду диму в атмосферу будуть слугувати повітрязабірні пристрої систем протидимного захисту.

Для заміщення (компенсації) повітря, що видалається з димових зон підземного паркінгу (під час пожежі) разом з димовими газами, кваліфікаційною роботою передбачається влаштування окремої системи компенсації повітря з механічним спонуканням, що складається з припливних пристроїв (клапанів та решіток); лінійних повітроводів, що обробляються вогнестійкою ізоляцією; фасонних елементів повітроводу (трійники, відводи); автономної шахти компенсації повітря, що виводиться на рівень 1 поверху будівлі; підключеного до шахти осьового припливного вентилятору, що комплектується гнучкою вставкою, зворотним клапаном, захисною антивандальною сіткою, тощо.

Приплив повітря в приміщення паркінгу виконується припливними пристроями в його нижню зону, забезпечуючи уникнення перевищення швидкості потоку повітря 5 м/с на шляхах евакуації мешканців. Опуск припливних пристроїв в нижню зону виконується повітrowодами в вогнестійкій ізоляції в зонах та закутках, що не перешкоджають безпечній евакуації людей. Припливні пристрої розташовуються таким чином, щоб забезпечувати мінімальну висоту між його верхнім рівнем та низом димоприймального пристрою не менше 1 м, для уникнення можливості збурення шару диму та виникнення ефекту Вентурі, що може ускладнювати евакуацію людей з приміщень та призвести до трагічних наслідків, включаючи отруєння продуктами згорання.

У досить частих випадках проектування систем, існує нормативна та технічна можливість використання в'їздних воріт паркінгу в якості припливних прорізів систем компенсації повітря, що відкриваються автоматично, у випадку отримання сигналу «ПОЖЕЖА». Але в нашому випадку паркінг є центральною складовою частиною великого комплексу підземної автостоянки, запровадження даного рішення виявляється неможливим, у зв'язку з влаштуванням виїздів в суміжних попередньо передбачених протипожежних відсіках паркінгу інших черг. І відповідно забір повітря з суміжних протипожежних відсіків є нормативно забороненим для умов уникнення розповсюдження пожежі.

Магістральні повітrowоди системи компенсації повітря прокладаються під перекриттям паркінгу, з уникненням заниження проїзду машин нижче 2,2 м від рівня підлоги. Для можливості кріплення повітrowодів до перекриття вільна відстань між верхньою гранню повітrowоду та стелею передбачається не менше 50 мм. В зонах опуску повітrowодів до припливних пристроїв передбачається їх кріплення до колон, стін та інших будівельних конструкцій.

В межах протипожежного відсіку, що обслуговується системою компенсації повітря передбачається обробка повітроводів та їх фасонних елементів ізоляцією з негорючих матеріалів класом вогнестійкості не менше EI 45. Поза межами протипожежного відсіку, що обслуговується – не менше EI 150. Повітроводи, що прокладаються ззовні, нормативно не передбачається обробляти вогнезахисними матеріалами, у зв'язку з чим їх прокладання передбачається у відкритому стані.

Автономна шахта компенсації повітря підземного паркінгу передбачається у виконанні з цегляної кладки з затиранням швів зсередини. Шахта передбачається класом вогнестійкості не менше EI 150, у зв'язку з її транзитним прокладанням поза межами протипожежного відсіку паркінгу (в межах 1 поверху будівлі).

Забір повітря для системи компенсації повітря виконується одразу вхідним колектором припливного вентилятору на рівні 1-го поверху будівлі з її фасадної частини на висоті не менше 2 м від рівня землі. Для кріплення вентилятору на фасаді будівлі передбачається використання фасадної рами, що кріпиться до стіни для жорсткого закріплення вентиляційного обладнання.

Розрахунок витрати повітря на підбір вентилятора системи компенсації повітря має відповідати необхідному об'ємному обсягу повітря для забезпечення повної заміни забрудненого продуктами згорання повітря, що видаляються системою димовидалення, з урахуванням додаткових підсмоктувань через нещільність огорожуючих конструкцій паркінгу. Додатково для дотримання правильного повітряного балансу, при розрахунку витрати припливного повітря слід враховувати додаткові витрати повітря з об'ємів приміщень, що захищаються системами зі створення різниці тисків, що утворюються за рахунок відкривання дверей або надходять через системи (клапани) скидання надлишкового тиску.

Для захисту житлового комплексу від поширення пожежі та продуктів згорання через евакуаційні та інші шляхи, кваліфікаційною роботою передбачається влаштування систем зі створення різниці тисків, що передбачають подачу повітря для створення надлишкового тиску в шахти ліфтів, що сполучають паркінг з житловою частиною будівлі, та в їх тамбур-шлюзи на кожному поверсі.

У відповідності до (б) п. 6.48 ДБН В.2.3-15:2007 сполучення підземних паркінгів з наземними житловими частинами будівель допускається лише ліфтами, що прирівнюються до пожежних, у відповідності до чого виконавці архітектурного розділу забезпечують влаштування тамбур-шлюзів на кожному з поверхів будівлі та прибудованими до них шахтами підпору повітря. Дані додаткові рішення несуть за собою комфорт та легкий доступ мешканців житлової забудови до приміщення паркінгу, що беззаперечно має окупність при продажі квартир з точки зацікавлення покупців.

У відповідності до планувальних рішень, передбачених виконавцями архітектурного розділу, евакуаційні виходи з паркінгу забезпечується сходами безпосередньо назовні, що дозволяє уникнути додаткового влаштування тамбур-шлюзів 1-го типу з підпором повітря на рівні підвального поверху. Дане рішення забезпечує безпечну евакуацію людей з рівня підземного гаража, та досить суттєво економить кошти забудовника, що дозволяє передбачити ціни на покупку квартир більш доступнішими.

Для житлового комплексу, у відповідності до ДСТУ EN 12101-6:2016 системи зі створення різниці тисків передбачаються класом «F», що фактично вважається найбільш надійним з точки зору безпеки людей, у випадку виникнення пожежі.

Для шахт ліфтів, що прирівнюються до пожежних, передбачається влаштування автономних систем підпору повітря, з його подачею безпосередньо у їх верхній зоні на рівні покрівлі будівлі. У відповідності до вимог ДСТУ EN 12101-6:2016 до систем класу «F», для шахт ліфтів

вимагається рівномірна подача повітря на кожні 30 м їх висоти, але у зв'язку з відсутністю перевищення сумарної висоти наших шахт вказаних 30 м, як і раніше зазначалось, передбачається лише одна точка подачі свіжого повітря.

Система підпору повітря шахт пожежних ліфтів складається з: припливного прорізу у верхній частині, що захищається сіткою, для уникнення потрапляння в систему сторонніх предметів; невеликої ділянки повітровою, що прокладається відкрито на рівні покрівлі та підключається до шахти; підключеного до ділянки повітровою осьового припливного вентилятору, що комплектується гнучкою вставкою, зворотним клапаном, захисною антивандальною сіткою, тощо. В якості додаткового регулювального елемента при пусконаладженні системи передбачаються влаштування дроселюючого пристрою біля вентилятора на рівні покрівлі, що при виході на нормативні параметри блокується в необхідному стані монтажною організацією. На рівні покрівлі вентилятор влаштовується на окремо відведеному для нього фундаменті.

Розрахунок витрати повітря для створення надлишкового тиску у ліфтовій шахті, у відповідності до розрахункових параметрів для систем класу «F», приймаються з урахування необхідності досягнення надлишкового тиску в ліфтовій шахті в межах 50 Па (+/- 10%), в умовах зачинених ліфтових порталів. При розрахунку системи необхідно враховувати витіки повітря крізь нещільності будівельних конструкцій, вентиляційні отвори, та площі нещільностей ліфтових порталів (площа нещільностей приймається у відповідності до таблиць А.3, А.4, А.5, А.6 ДСТУ EN 12101-6:2016).

Влаштування систем скидання надлишкового тиску для просторів ліфтових шахт, що захищаються системами підпору повітря не передбачається, у зв'язку з початковим виведенням систем на єдиний параметр різниці тисків в умовах зачиненого простору.

Система підпору повітря тамбур-шлюзів пожежних ліфтів складається з: припливних клапанів з електроприводами на кожному поверсі будівлі, що монтуються в автономних шатах; невеликої ділянки повітропроводу, що прокладається відкрито на рівні покрівлі та підключається до шахти підпору повітря; підключеного до ділянки повітропроводу осьового припливного вентилятору, що комплектується гнучкою вставкою, зворотним клапаном, захисною антивандальною сіткою, тощо. В якості додаткового регулювального елемента при пусконаладженні системи підпору в тамбур-шлюзи передбачається влаштування дроселюючого пристрою біля вентилятора на рівні покрівлі, що при виході на нормативні параметри блокується в необхідному стані монтажною організацією. На рівні покрівлі вентилятор влаштовується на окремо відведеному для нього фундаменті.

Для тамбур-шлюзів пожежного ліфту, у відповідності до п. 5.11 ДСТУ-Н Б В.2.2-38:2013 створення надлишкового тиску передбачається не тільки на поверсі пожежі, але й суміжних до нього поверхах.

Розрахунок витрати повітря для створення надлишкового тиску у тамбур-шлюзах пожежного ліфту у відповідності до розрахункових параметрів для систем класу «F» та п. 5.11 ДСТУ-Н Б В.2.2-38:2013, приймаються з урахування необхідності досягнення мінімальної швидкості повітря 1,3 м/с через одні відчинені двері тамбур-шлюзу. В умовах зачинених дверей параметр надлишкового тиску у кожному з ліфтових холів має сягати 45 Па (+/- 10%). При розрахунку необхідної об'ємної витрати повітря, що забезпечується припливним вентилятором, необхідно враховувати витоки повітря крізь нещільності будівельних конструкцій шахти підпору повітря, та площі нещільностей закритих стулок дверей на суміжних до пожежі поверхах (площа нещільностей приймається у відповідності до таблиць А.3, А.4, А.5, А.6 ДСТУ EN 12101-6:2016).

В межах протипожежного відсіку, що не обслуговується системою підпору повітря (транзит на рівні паркінгу) передбачається обробка

повітроводів та їх фасонних елементів ізоляцією з негорючих матеріалів класом вогнестійкості не менше EI 150. Повітроводи, що прокладаються ззовні, нормативно не передбачається обробляти вогнезахисними матеріалами, у зв'язку з чим їх прокладання передбачається у відкритому стані.

Автономна шахта підпору повітря тамбур-шлюзів пожежного ліфту передбачається у виконанні з цегляної кладки з затиранням швів зсередини. Шахта передбачається класом вогнестійкості не менше EI 60, у зв'язку з її прокладанням в межах протипожежного відсіку житлової частини комплексу, що нею обслуговується.

Для уникнення перевищення нормативних зусиль на відкриття дверей ліфтового холу (не більше 100 Н), кваліфікаційною роботою передбачається влаштування систем скидання надлишкового тиску з тамбур-шлюзів пожежного ліфту.

На рівні підвального поверху (рівень паркінгу) система передбачає собою скидання надлишкового тиску через протипожежні передбачені для цього клапан, з їх розташуванням в нижній зоні приміщень та потраплянням повітря в нижню зону паркінгу, що забезпечується належними шляхами витоків (це виконується системою димовидалення, що працює, або відкритими воротами в стаціонарному режимі, у випадку виникнення пожежі на рівні 1 поверху житлової частини). Це дає змогу частково використовувати повітря, що скидається в якості системи заміщення (компенсації) повітря, що видаляється системою димовидалення гаража.

Для наземних рівнів житлової частини будівлі система скидання надлишкового тиску з тамбур-шлюзів пожежного ліфту передбачається шляхом влаштування протипожежних клапанів в стінах безпосередньо самих тамбур-шлюзів їх нижній зоні з скиданням повітря у об'єм поверхових житлових коридорів будівлі. У зв'язку з об'ємно-планувальними рішенням житлова частина в зонах місць загального користування фактично

являє собою єдиний об'єм на всіх поверхи будівлі (окрім підвального), завдяки влаштуванню сходової клітки типу СК-1, що виконується без дверей, та сполучається з усіма житловими поверхами на вестибюлем. У відповідності до вище наведеного, для влаштування належного шляху витоків повітря, що скидається, передбачається влаштування єдиного стінового викидного клапану з електроприводом у верхній частині сходової клітки.

Клапани скидання надлишкового тиску передбачаються у протипожежному виконанні, що дозволяє влаштовувати їх в об'ємі протипожежних перешкод. З обох фасадних частин клапану він закривається декоративними решітками, у зв'язку з чим він не несе за собою суттєвих недоліків з естетичної точки зору.

Після влаштування клапанів в завчасно підготовлені для них отвори, передбачається заповнення нещільностей навколо нього протипожежними проходками, для виведення протипожежного класу стіни на нормативно необхідні параметри.

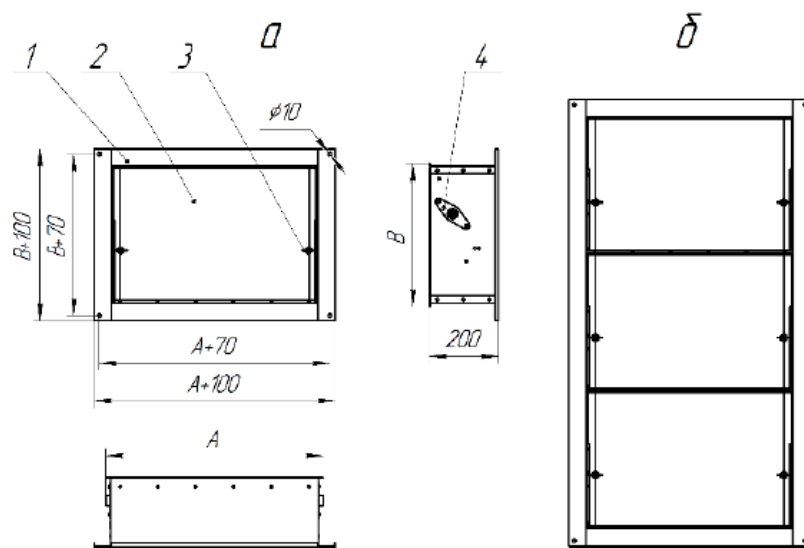
Конструкція клапанів складається із зовнішнього корпусу з фланцевими з'єднаннями, лопаток та механізму автоматичного закриття, який спрацьовує під дією пружинного механізму. Механізм укомплектований регульованими пружинними вузлами. За допомогою налаштування натягу пружин у механізмі, змінюючи їх положення, треба досягти необхідного надлишкового тиску, який буде відкривати клапан. Значення початкового тиску для відкривання клапану складає 20 Па.

По периметру лопаток та корпусу протипожежного клапану проклеєна термоушільнююча стрічка, яка необхідна для герметизації зазорів та забезпечує захист від гарячих газів, полум'я та диму у разі виникнення пожежі.

У разі виникнення пожежі, відбувається локалізація високих температур полум'я поблизу поверхонь деталей клапану. Для таких випадків

в конструкції клапану передбачена спеціальна плавка вставка, яка з'єднана з механізмом відкриття лопатки. Під дією високих температур плавка вставка «розплавляється» і відбувається запирання механізму відкриття лопатки, тим самим обмежується постачання кисню до осередку займання та усунення розповсюдження пожежі.

Клапани, які виконали свою пряму функцію за призначенням під час пожежі підлягають заміні на нові.



а – клапан у виконанні з однією лопаткою; б – клапан у багатолопаточному виконанні (кількість лопаток відповідно технічній документації залежить від розміру В)
 1 – корпус; 2 – лопатка поворотного типу; 3 – пружинний механізм для налаштування тиску відкриття клапану; 4 – підшипниковий вузол

Рис.6 Габаритні та приєднувальні розміри стінового клапану скидання надлишкового тиску

3.4 Розрахунок системи димовидалення з підземного паркінгу

Розрахунок системи димовидалення паркінгу виконується згідно до настанов викладених у ДСТУ EN 12101-5:2016. При розрахунку системи ми маємо враховувати тип приміщень, матеріалів, що в ньому зберігаються, додаткових зовнішніх факторів, з урахуванням кліматичних умов, нещільностей будівельних конструкцій шахти димовидалення, тощо.

Для початку розрахунку ми маємо ознайомитись з нормативною базою, відповідно до якої маємо виконувати розрахунки витрати повітря, що

видаляється системою димовидалення та аеродинамічні розрахунки, завдяки яким кінцево ми зможемо підібрати правильне вентиляційне обладнання з використанням його аеродинамічних параметрів.

Виконання розрахунку витрати повітря:

1. У відповідності до таблиці 1 ДСТУ EN 12101-5:2016 приймаємо вихідні параметри для розрахунку системи димовидалення:

Вид приміщення	Площа пожежі (A_f), м ²	Периметр пожежі (P), м	Інтенсивність тепловиділення з одиниці площі (q_f), кВт·м ⁻²
Торгівельні приміщення			
Зі спринклерами зі звичайною швидкістю спрацювання	10	12	625
Зі спринклерами зі спеціальною швидкістю спрацювання	5	9	625
За відсутності спринклерів	Усе приміщення	Ширина прорізу	1200
Офісні приміщення			
Зі спринклерами зі звичайною швидкістю спрацювання	16	14	225
За відсутності спринклерів і пожежі, розміри якої обмежено наявним горючим матеріалом	47	24	255
За відсутності спринклерів і передбачуваного охоплення пожежею усього приміщення, яке виникає після перебігу пожежі, обмеженої наявним горючим матеріалом (див. 6.3)	Усе приміщення	Ширина простору	255
Номер готелю			
Зі спринклерами зі звичайною швидкістю спрацювання	2	6	250
За відсутності спринклерів	Усе приміщення	Ширина прорізу	100
Автомобільна стоянка (палаючий автомобіль)	10	12	400
Примітка. Для цілей проектування площу пожежі, яка обслуговується СДТВ, не потрібно плутати з розрахунковою площею, захищеною спринклерною системою, яку вказано в BS 5306-2.			
^a Якщо приміщення повністю охоплено пожежею, то частина генерованої теплоти може утворюватись у полум'ї поза межами прорізу цього приміщення. Температура газів, які виходять з прорізу, рідко перевищує 1000 °С.			

2. У відповідності до формули В.2 ДСТУ EN 12101-5:2016 розраховуємо витрату повітря, що надходить у шлейф диму, який підіймається від осередку пожежі, виражений у кілограмах за секунду (кг/с):

$$M_f = C_e \cdot P \cdot Y^{(3/2)}, \text{ кг/с};$$

де, C_e – коефіцієнт захоплення для шлейфа диму від осередку пожежі великих розмірів. Для великих приміщень $C_e = 0,19$;

P – периметр осередку пожежі, виміряний у горизонтальній площині;

Y – висота шару чистого повітря під летким шаром диму в резервуарі диму, тобто відстань між нижньою межею осередку пожежі до шару диму.

$$M_f = 0,19 \cdot 12 \cdot 2,5^{(3/2)} = 9 \text{ кг/с.}$$

3. Визначаємо значення конвекційного теплового потоку від димових газів:

$$Q_f = 0,8 \cdot q_f \cdot A_f, \text{ кВт};$$

де 0,8 – коефіцієнт, що приймається згідно ДСТУ EN 12101-5:2016, відповідно до типу руху димових газів;

q_f – інтенсивність тепловиділення з одиниці площі;

A_f – площа пожежі в плані.

$$Q_f = 0,8 \cdot 400 \cdot 10 = 3200 \text{ кВт.}$$

4. Визначаємо перевищення температурою шару диму значення температури навколишнього середовища:

$$\Theta_f = Q_f / (c \cdot M_f), \text{ }^\circ\text{C};$$

де c – питома теплоємність газів при температурі $450 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$\Theta_f = 3200 / (1,17 \cdot 9) = 304 \text{ }^\circ\text{C.}$$

5. Визначаємо середню температуру газів в шарі диму

$$t_f = t_{\text{ambient}} + \Theta_f, \text{ }^\circ\text{C};$$

де t_{ambient} – розрахункова температура зовнішнього повітря у теплий період року.

$$t_f = 28,7 + 304 = 332,7 \text{ }^\circ\text{C.}$$

6. Визначаємо середню температуру газів в шарі диму:

$$T_f = t_f + 273,15, \text{ К};$$

$$T_f = 332,7 + 273,15 = 605,85 \text{ К.}$$

7. Визначаємо об'ємну витрату повітря, яку необхідно видалити з приміщення паркінгу:

$$V_f = (M_f \cdot T_f) / (\rho_{\text{amb}} \cdot T_{\text{amb}}), \text{ м}^3/\text{с};$$

де ρ_{amb} – густина повітря за температури навколишнього середовища;

T_{amb} – абсолютна температура навколишнього середовища.

$$V_f = (9 \cdot 605,85) / (1,1654 \cdot 301,85) = 15,5 \text{ м}^3/\text{с} = 55801 \text{ м}^3/\text{год}$$

8. Визначаємо витрату повітря на вентиляторів димовидалення з урахуванням додаткових втрат в ділянках шахти та повітроводів:

$$V_v = V_f \cdot 1,15, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$V_v = 55801 \cdot 1,15 = 64170 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Виконання розрахунку витрати повітря:

1. Визначаємо масову швидкість на ділянках системи для системи димовидалення:

- Решітка димовидалення РДХ-950×550-0-2шт ($S_{кл} = 0,9252 \text{ м}^2$): $V_{кл} = G / S_{кл} = 9 / 0,9252 = 9,7 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;
- Шахта 1580×575(h) ($S_{пов} = 0,9 \text{ м}^2$): $V_{пов1} = G / S_{пов} = 9 / 0,9 = 10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;
- Повітровід з оцинкованої сталі 1600×500(h) ($S_{пов} = 0,8 \text{ м}^2$): $V_{пов1} = G / S_{пов} = 9 / 0,8 = 11,25 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;
- Повітровід з оцинкованої сталі 1000×450(h) ($S_{пов} = 0,45 \text{ м}^2$): $V_{пов2} = G / S_{пов} = 4,5 / 0,45 = 10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

2. Визначаємо значення динамічного тиску на ділянках системи:

- Решітка димовидалення ($S_{кл} = 0,9252 \text{ м}^2$): $R_{кл} = V_{кл}^2 / 2 / \rho = 9,7^2 / 2 / 0,51 = 92,2 \text{ Па}$;
- Шахта ($S_{пов} = 0,9 \text{ м}^2$): $R_{пов1} = V_{пов1}^2 / 2 / \rho = 10^2 / 2 / 0,51 = 98 \text{ Па}$;
- Повітровід 1600×500 ($S_{пов} = 0,8 \text{ м}^2$): $R_{пов1} = V_{пов1}^2 / 2 / \rho = 11,25^2 / 2 / 0,51 = 124 \text{ Па}$;
- Повітровід 1000×450 ($S_{пов} = 0,45 \text{ м}^2$): $R_{пов2} = V_{пов2}^2 / 2 / \rho = 10^2 / 2 / 0,51 = 98 \text{ Па}$.

3. Визначаємо втрати тиску на ділянках системи:

- Решітка димовидалення: $\Delta R_{кл} = (\Sigma z) \times R_{кл} = 387,2 \text{ Па}$ (де $\Sigma z = 4,2$; $R_{кл} = 92,2 \text{ Па}$);

- Шахта: $\Delta P_{пов1} = (\Sigma Z) \times R_{пов} + H \times l \times k = 110 \text{ Па}$ (де $\Sigma Z = 1$; $R_{пов} = 98 \text{ Па}$; $k = 2,1$; $l = 30 \text{ м}$; $H = 0,19 \text{ Па/м}$);
- Повітровід 1600×500: $\Delta P_{пов1} = (\Sigma Z) \times R_{пов} + H \times l \times k = 86 \text{ Па}$ (де $\Sigma Z = 0,66$; $R_{пов} = 124 \text{ Па}$; $k = 1$; $l = 21 \text{ м}$; $H = 0,19 \text{ Па/м}$);
- Повітровід 1000×450: $\Delta P_{пов1} = H \times l \times k = 150 \text{ Па}$ (де $\Sigma Z = 1,5$; $R_{пов} = 98 \text{ Па}$; $k = 1$; $l = 20 \text{ м}$; $H = 0,13 \text{ Па/м}$).

4. Загальні втрати тиску системи: $\Sigma \Delta P = 733 \text{ Па}$.

5. Гравітаційний тиск: $P_{гр} = 9,81 \times h \times (\rho_z - \rho_d) = 203 \text{ Па}$

6. Тиск з врахуванням гравітаційної складової: $\Sigma \Delta P \text{ розр.} = 733 - 203 = 530 \text{ Па}$.

У відповідності до виконаних розрахунків системи димовидалення паркінгу, підбір вентилятора димовидалення має виконуватись на мінімальні параметри 64170 м³/год та повний тиск 530 Па.

3.5 Розрахунок систем зі створення різниці тисків

Розрахунок систем зі створення різниці тисків (підпору повітря) виконується згідно до настанов викладених у ДСТУ EN 12101-6:2016. При розрахунку системи ми маємо враховувати габарити дверей тамбур-шлюзів, додаткових зовнішніх факторів, з урахуванням кліматичних умов, нещільностей будівельних конструкцій шахт підпору повітря, тощо.

Для початку розрахунку ми маємо ознайомитись з нормативною базою, відповідно до якої маємо виконувати розрахунки витрати повітря, що має нагнітатись системою підпору повітря та аеродинамічні розрахунки, завдяки яким кінцево ми зможемо підібрати правильне вентиляційне обладнання з використанням його аеродинамічних параметрів.

Виконання розрахунку витрати повітря для систем зі створення різниці тисків:

1. Витрата повітря, що має забезпечити вентилятор для створення в ліфтовій шахті нормативного значення надлишкового тиску (50 Па):

$$\mathbf{L_{вент} = 0,83 \cdot n \cdot A \cdot \sqrt{P} \cdot 1,15, \text{ м}^3/\text{с};}$$

де n – кількість ліфтових порталів в шахті, через які відбувається витік повітря;

A – площа прорізу для витоку повітря (щілини закритого ліфтового порталю), що приймається згідно табл. А.3 ДСТУ EN 12101-6:2016;

P – нормативне значення надлишкового тиску у ліфтовій шахті;

1,15 – коефіцієнт, що враховує втрати повітря на шляху до шахти (повітроводи, шахта підпору повітря).

$$\mathbf{L_{вент} = 0,83 \cdot 9 \cdot 0,06 \cdot \sqrt{50} \cdot 1,15 = 3,65 \text{ м}^3/\text{с} = 13140 \text{ м}^3/\text{год.}}$$

2. Витрата повітря, що має забезпечити вентилятор для подачі повітря в тамбур-шлюзи пожежного ліфту:

$$\mathbf{L_{вент} = ((A_d \cdot V_d) \cdot 3600) + (n \cdot L_k \cdot 1,5)) \cdot 1,15, \text{ м}^3/\text{год};}$$

де n – кількість поверхів, на яких створюється підпір повітря в тамбур-шлюзи пожежного ліфту;

A_d – площа відкритого дверного полотна тамбур-шлюзу;

V_d – мінімально необхідне значення швидкості потоку повітря крізь одні відчинені двері тамбур-шлюзу;

L_k – витрата повітря в системі через один зачинений клапан підпору повітря (визначається відповідно до технічних даних виробника);

1,15 – коефіцієнт, що враховує втрати повітря на шляху до шахти (повітроводи, шахта підпору повітря).

$$\mathbf{L_{вент} = ((1,89 \cdot 1,3 \cdot 3600) + (8 \cdot 110 \cdot 1,5)) \cdot 1,15 = 3,65 \text{ м}^3/\text{с} = 11690 \text{ м}^3/\text{год.}}$$

3. Визначаємо мінімально площу перетину клапану скидання надлишкового тиску з тамбур-шлюзів пожежного ліфту:

$$\mathbf{A_k = ((L_t - L_v) / 3600) / (0,83 \cdot \sqrt{P_s}), \text{ м}^2;}$$

де L_t – загальна витрата повітря, що надходить до приміщення тамбур-шлюзу пожежного ліфту;

L_v – загальна витрата повітря з тамбур-шлюзу через витоки в умовах зачинених дверей;

P_s – надлишковий тиск в тамбур-шлюзі пожежного ліфту, при досягненні якого має відкритись клапан скидання надлишкового тиску.

$$\mathbf{A_k = ((8845 - 470) / 3600) / (0,83 \cdot \sqrt{60}) = 0,362 \text{ м}^2;}$$

З урахуванням мінімальної можливості відкриття клапанів скидання надлишкового тиску на двох поверхах, мінімальну площу клапану скидання надлишкового тиску ділимо на 2 і отримуємо – 0,181 м² (мінімальна площа «живого» перетину клапану скидання надлишкового тиску на одному поверсі).

У відповідності до каталогу українського виробника «УКРВЕНТ» приймаємо влаштування клапану скидання надлишкового тиску габаритом 700x350(Н):



Клапани протипожежні вогнезатримуючі КП-1

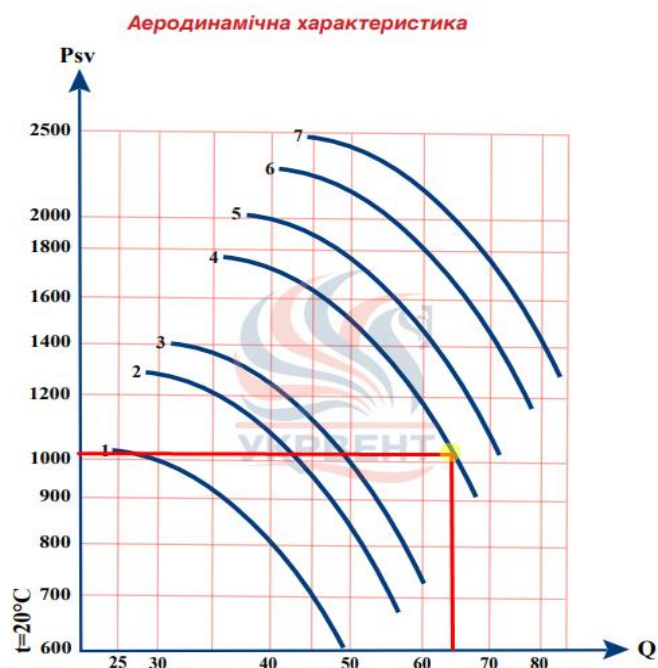
Площа живого перерізу м² клапанів вогнезатримуючий КП-1 з функцією скидання надлишкового тиску

	Висота																								
	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1
250	0,039	0,05	0,06	0,071	0,076	0,087	0,097	0,108	0,117	0,129	0,139	0,15	0,155	0,166	0,176	0,187	0,197	0,208	0,218	0,229	0,240	0,251	0,262	0,273	0
300	0,049	0,062	0,075	0,088	0,095	0,108	0,121	0,134	0,147	0,16	0,173	0,186	0,193	0,206	0,219	0,232	0,245	0,258	0,271	0,284	0,297	0,310	0,323	0,336	0
350	0,058	0,074	0,089	0,105	0,113	0,129	0,144	0,16	0,175	0,191	0,206	0,222	0,23	0,246	0,261	0,277	0,292	0,308	0,323	0,339	0,355	0,371	0,387	0,403	0
400	0,068	0,086	0,104	0,122	0,132	0,15	0,168	0,186	0,204	0,222	0,24	0,258	0,268	0,286	0,304	0,322	0,34	0,358	0,376	0,394	0,412	0,430	0,448	0,466	0
450	0,077	0,098	0,118	0,139	0,15	0,171	0,191	0,212	0,232	0,253	0,273	0,294	0,305	0,326	0,346	0,367	0,387	0,408	0,428	0,449	0,470	0,491	0,512	0,533	0
500	0,087	0,11	0,133	0,156	0,169	0,192	0,215	0,238	0,261	0,284	0,307	0,33	0,343	0,366	0,389	0,412	0,435	0,458	0,481	0,504	0,527	0,550	0,573	0,596	0

3.6 Підбір обладнання систем протидимного захисту

1. Підбір вентилятора димовидалення за каталогами виробника «УКРВЕНТ»:

BP-80-70-12,5-ДУ



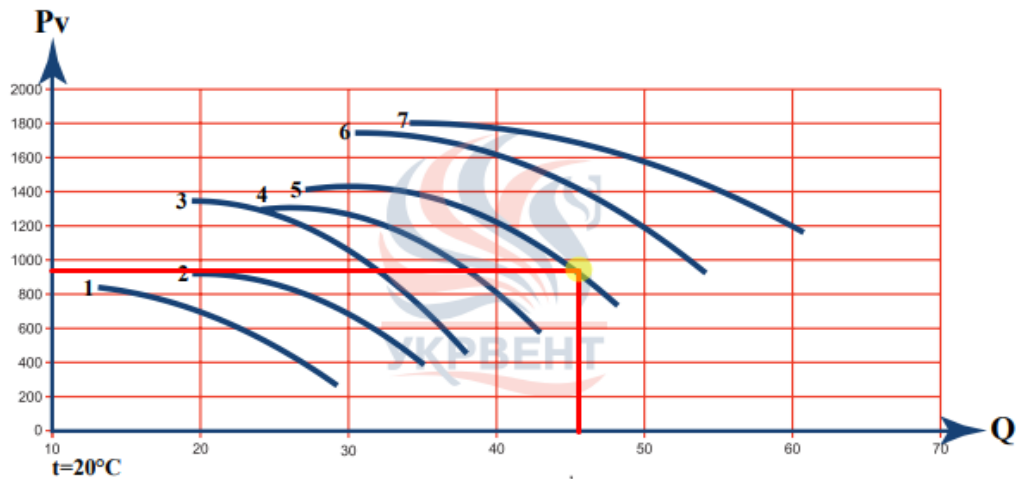
Вентилятор димовидалення ВР-80-70-12,5-ДУ-600-Лів.0°-30/735.

Параметри: 64170 м³/год; 1015 Па; 30 кВт; 735 об/хв; 1005 кг.

2. Підбір вентилятора заміщення (компенсації повітря):

ВО-7,1

Аеродинамічна характеристика



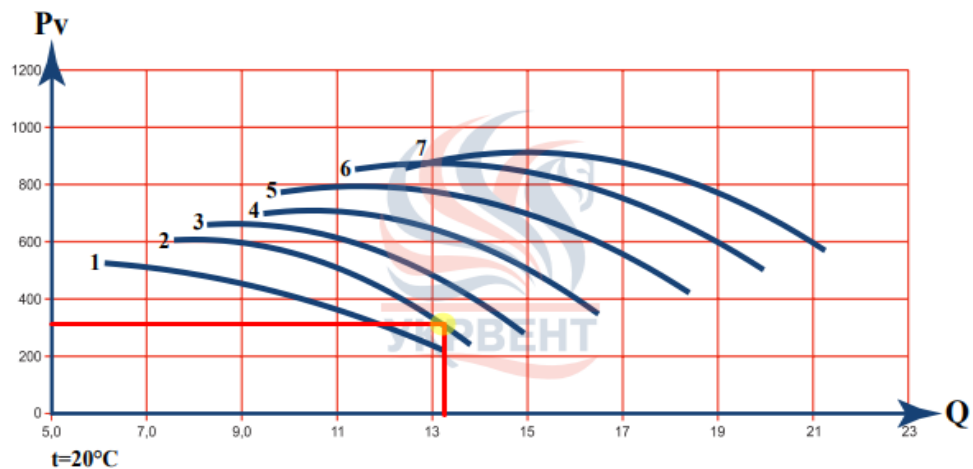
Вентилятор припливний осьовий ВО-7,1-01-О-18,5/2920.

Параметри: 46160 м³/год; 920 Па; 18,5 кВт; 2920 об/хв; 204 кг.

3. Підбір вентилятора підпору повітря шахти пожежного ліфту:

ВО-5

Аеродинамічна характеристика



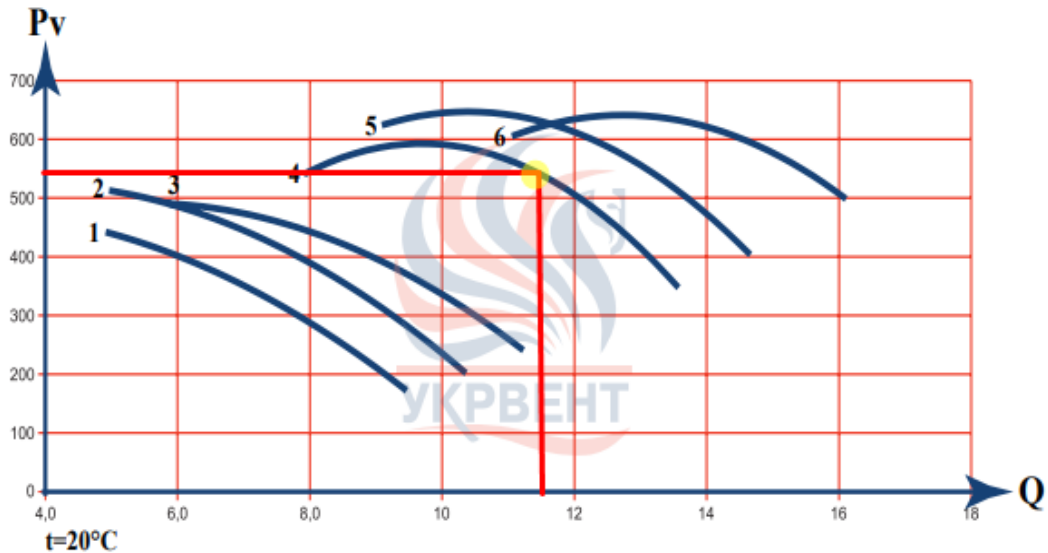
Вентилятор припливний осьовий ВО-5-01-О-1,5/2790.

Параметри: 13140 м³/год; 320 Па; 1,5 кВт; 2790 об/хв; 44,5 кг.

4. Підбір вентилятора підпору повітря в тамбур-шлюзи пожежного ліфту:

VO-4,5

Аеродинамічна характеристика



Вентилятор припливний осьовий VO-4,5-01-О-3,0/2820.

Параметри: 11690 м³/год; 540 Па; 3,0 кВт; 2820 об/хв; 47 кг.

Позначення системи	Кількість систем	Найменування приміщення (технологічного устаткування), що обслуговується	Тип установки агрегату	Вентилятор						Електродвигун			Примітка	
				Тип виконання по вибухозахисту	№	схема виконання	положення	L, м³/год	P, Па	число полюсів	Тип виконання по вибухозахисту	N, кВт		n, об/хв
Д1	1	Приміщення паркінгів	димовидалення	ВР-80-70	12,5	01	Лів,0°	64170	1015	8	в комплекті	30,0	735	380 В 1005 кг
КП1	1	Приміщення паркінгів	компенсація повітря	ВО	7,1	01	осьовий	46160	920	2	в комплекті	18,5	2920	380 В 204 кг
ПД1	1	Шахта пожежного ліфту	підпір повітря	ВО	5	01	осьовий	13140	320	2	в комплекті	1,5	2790	380 В 44,5 кг
ПД2	1	Тамбур-шлюзи пожежного ліфту	підпір повітря	ВО	4,5	01	осьовий	11690	560	2	в комплекті	3,0	2820	380 В 47 кг
ПД3	1	Шахта пожежного ліфту	підпір повітря	ВО	5	01	осьовий	13140	320	2	в комплекті	1,5	2790	380 В 44,5 кг
ПД4	1	Тамбур-шлюзи пожежного ліфту	підпір повітря	ВО	4,5	01	осьовий	11690	560	2	в комплекті	3,0	2820	380 В 47 кг
ПД5	1	Шахта пожежного ліфту	підпір повітря	ВО	5	01	осьовий	13140	320	2	в комплекті	1,5	2790	380 В 44,5 кг
ПД6	1	Тамбур-шлюзи пожежного ліфту	підпір повітря	ВО	4,5	01	осьовий	11690	560	2	в комплекті	3,0	2820	380 В 47 кг

Рис.7 Загальна таблиця характеристик вентиляційного обладнання систем протидимного захисту

4. Науково-дослідна частина

4.1 Аналіз впливу архітектурно-планувальних рішень на ефективність роботи систем протидимного захисту

Ефективність влаштування систем протидимного захисту зазвичай розглядається як фінал правильно підбраного обладнання (вентиляторів, клапанів з електроприводами, клапанів скидання надлишкового тиску, автоматизацію протипожежного обладнання) та коректності аеродинамічних розрахунків. Проте, на що може вказати практика та різні науково-технологічні дослідження, початковою причиною успішної або навпаки неефективної роботи систем являє собою саме архітектурно-планувальні рішення будівлі, що проєктується. Геометрія передбачених архітекторами просторів диктує фізичні властивості руху димових газів, розповсюдження полум'я, тощо. І у випадку наявності суттєвих нормативних порушень у плануванні шляхів евакуації, заходів пожежної безпеки, наявності пожежобезпечних зон, жодна з систем протидимного захисту не здатна виступити в якості повного компенсаційного заходу.

В даному підрозділі передбачається проаналізувати ключові фактори впливу архітектурно-планувальних рішень на елементи та загальну роботу систем протидимного захисту.

В першу чергу розглянемо роботу систем димо- і тепловидалення з приміщень. Для даної системи суттєвими вихідними параметрами слугують загальна висота приміщення, наявність балок та інших будівельних або дизайнерських конструкцій, що можуть заважати димоприймальним пристроям системи димовидалення ефективно виконувати забір продуктів згорання з верхнього шару диму.

Діючи нормативні документи в Україні слугують єдиним комплексом, що трактує необхідні вимоги щодо ефективності роботи систем протипожежного захисту та пожежної безпеки в цілому. Основними вимогами являються такі як кількість евакуаційних виходів, відстань до них,

їх ширина, залежність необхідності влаштування додаткових заходів пожежної безпеки у залежності від максимальної кількості осіб, що одночасно можуть знаходитись в приміщенні. Додатково нормативи своїми вимогами диктують мінімальні висоти приміщень, що тісно пов'язується з мінімальними прошарками утворення шарів диму під перекриттям приміщень. Як висновок необхідно прийняти, що різні нормативні документи та їх вимоги не є незалежними один від одного, а слугують єдиним комплексом заходів, які необхідні для ефективної роботи заходів пожежної безпеки та експлуатації будівель та споруд різного призначення. До того ж нормативні вимоги України постійно оновлюються, тим самим збільшуючи коефіцієнт пожежної безпеки, ефективної та комфортної експлуатації будівель, запозичивши рішення як з українського, так і з міжнародного досвіду будівництва та проектування.

З урахуванням впровадження в будівництві сучасного футуристичного дизайну будівель та споруд, які диктує Замовник та команда архітекторів, може виникати необхідність впровадження не лише складних та нетипових конструктивних рішень, але й необхідність застосування особливих рішень та розрахунків для систем протидимного захисту. Загальна українська практика полягає у можливості вирішення певних ненормативних або загально особливих проєктних рішень, шляхом їх погодження або відкидання уповноваженими органами у сфері будівництва та забудови, які розглядають дані нетипові рішення з точки зору пожежної безпеки. Додатково однією з умов комісії уповноваженого органу може бути необхідність проведення CFD-моделювання виникнення пожежі, для аналізу можливості безпечної евакуації людей з будівлі, в якій використовуються нетипові або ненормативні проєктні рішення, з можливим застосуванням певних компенсуючих заходів, в якості яких можуть виступати елементи систем протидимного захисту та інші елементи суміжних протипожежних систем.

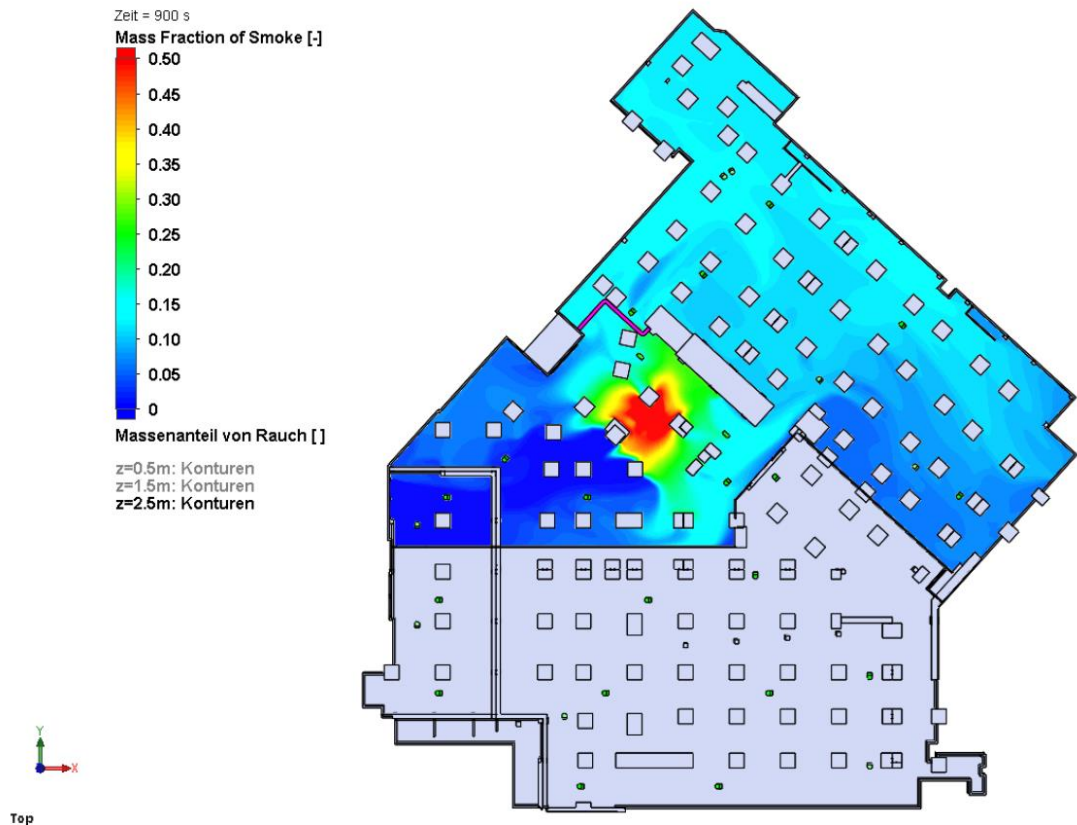


Рис.8 Приклад виконання CFD моделювання імпульсної системи димовидалення паркінгу

Розглянувши елемент CFD моделювання системи імпульсного димовидалення паркінгу, можемо повернутись до аналізу прямої залежності систем димовидалення від архітектурно-планувальних рішень. Система імпульсного димовидалення паркінгу може виступити як основний приклад залежності ефективності роботи системи від планування, типу та розміру огорожуючих конструкцій паркінгу.

У зв'язку з тим, що імпульсна система являє собою не традиційне видалення диму, а фактично керування напрямком його руху, за рахунок влаштування під перекриттям паркінгу імпульсних струменевих вентиляторів, що влаштовуються таким чином, щоб забезпечити рух диму в зону з якої він видяється загальним вентиляційним агрегатом на рівні покрівлі прибудованої будівлі (зазвичай). У відповідності до цього архітектурно конструктивні елементи, такі як колони, балки, капітелі, пілони, загальна форма паркінгу, тощо можуть значно зменшувати

ефективність роботи імпульсної системи, або навіть повністю унеможливити її застосування. Кінцевий висновок може надати саме CFD моделювання, яке повністю моделює процес виникнення пожежі та роботи системи імпульсного димовидалення та враховує усі архітектурні елементи, які підвантажуються окремою моделлю. У зв'язку з можливістю отримання негативного висновку щодо можливості впровадження імпульсної системи димовидалення паркінгу, сильно важливо на ранній стадії особисто оцінити можливі складнощі та перепони на шляхах потоків імпульсних в зони видалення повітря та диму, так як виконання проєкту CFD моделювання є суттєво коштовним для Замовника.

При проєктуванні системи димовидалення коридорів слід зазначити, що розміщення та висота дверей евакуаційних виходів відносно нижнього рівня димоприймальних пристроїв є максимально критичними факторами. У випадку влаштування високих евакуаційних дверей в коридорах, залишаючи між ними та перекриттям фактично перемичку, унеможливує правильне влаштування системи димовидалення, так як фактично димовий шар буде утворюватись нижче рівня верху дверного прорізу, що в свою чергу буде забезпечувати прямий доступ до розповсюдження диму на шляхи евакуації, що є нормативно недопустимим. У зв'язку з цим нормативно передбачається недопустимість розташування нижнього рівня димоприймального пристрою нижче за рівень верху дверних прорізів. Додатково слід зазначити, що у випадку якщо архітектурне планування передбачає розташування виходу в «глухому куті» коридору, а димовидалення організоване в його протилежному торці, то люди, що евакуюються будуть змушені рухатися назустріч створеному потоку диму, що є максимальну неоптимальним і частково небезпечним проєктним рішенням. В даному випадку найоптимальнішим рішенням буде розосередження шахт димовидалення максимально рівномірну по коридору, що ними захищається.

З погляду на класичні системи димовидалення приміщень, у випадку передбачення архітектурно їх площі більше за 1600 м², необхідно передбачати їх поділ на окремі димові зони, що розділяються шляхом влаштування протидимних завіс під перекриттям, які можуть виконуватись як з будівельних конструкцій (як приклад балки), автоматично опускаючі завіси, та інші щільні елементи з негорючих матеріалів.

Слід зазначити, що архітектурно-планувальні рішення несуть за собою не лише негативні наслідки для систем димовидалення, але в деяких випадках навпаки, позитивні. Як приклад розглянемо приміщення площею 200 м² в якому нормативно вимагається влаштування системи димовидалення, на протилежних стінах якого розташовуються фасадні вікна. В даному випадку дані вікна можна використовувати в якості елементів природного димовидалення, обладнуючи їх штоковими або ланцюговими електроприводами. Додатково такі елементи як жалюзі, автоматичні розсувні двері, ворота, тощо можна використовувати в якості припливних прорізів з функцією заміщення (компенсації) повітря що видаляється системами димовидалення. Додатково можна зазначити випадки, коли безпосередньо самі конструкції будівлі підвищують ефективність роботи систем димовидалення під впливом природної тяги, як наприклад для деяких приміщень атриуму, архітектурно видовжених вгору споруд, тощо.

Якщо розглядати вплив архітектурно-планувальних рішень на системи зі створення різниці тисків (підпору повітря), то він тут проявляється найочевиднішим чином. Архітектурні рішення прямо диктують в яких саме просторах необхідно передбачати захист системами підпору повітря, так як системи підпору повітря захищають евакуаційні шляхи від задимлення та розповсюдження пожежі, а архітектори в першу чергу займаються впровадженням необхідних шляхів евакуації людей з будівлі. Саме архітектори приймають типи сходових кліток, від якого залежить наявність необхідності підпору повітря в них та/або їх тамбур-шлюзах. Архітектори в

першу чергу вираховуються умовну висоту будівлі, наявність маломобільних груп населення, тощо, від чого залежить також наявність пожежних ліфтів в будинку, для яких вимагаються суттєві заходи щодо їх захисту системами зі створення різниці тисків.

У відповідності до проєктних рішень розділу АР можуть виникати додаткові складнощі щодо впровадження систем підпору повітря, як наприклад нормативна вимога відповідно до п. 6.8.2.11 ДСТУ EN 12101-5:2016, що передбачає собою заборону швидкості руху повітря на шляхах евакуації більше за 5 м/с. У випадках суттєво занижених поверхів підвісними стелями, можливий такий варіант, що припливні пристрої підпору повітря можуть знаходитись нижче рівнів евакуаційних проходів, у зв'язку з чим виникає необхідність суттєвого збільшення перерізу припливного пристрою для виконання вищезазначеної нормативної вимоги.

Як висновок можна підсумувати, що ефективність та правильність виконання систем протидимного захисту безперечно суттєво залежить від архітектурно-планувальних рішень будівлі або споруди різного за своїм функціоналом призначенням.

4.2 Дослідження взаємодії системи димовидалення з автоматичним спринклерним пожежогасінням

Інтеграція автоматичних систем водяного спринклерного пожежогасіння та систем димовидалення є ключовим фактором для можливості забезпечення загальної пожежної безпеки будівлі. Спринклерні водяні системи першочергово виконують функцію локалізацію осередку займання, що в свою чергу майже унеможлиблює розповсюдженню вогню по будівлі та значно мінімізує матеріальні збитки для власника будівлі або споруди. Що стосується систем димовидалення, то вони в свою чергу забезпечують сприятливі умови для можливості евакуації людей та роботи пожежно-рятувальних підрозділів, шляхом видалення продуктів згорання.

Одним з головних завдань при проєктуванні є розробка певних алгоритмів керування, які забезпечують повну синергію цих систем, гарантуючи, що їх одночасна робота у випадку пожежі підвищує загальний рівень захисту будівлі, а не призводить до зниження ефективності однієї з них.

Для забезпечення пожежної безпеки на шляхах евакуації будівлі ключову роль відіграють системи димовидалення, які проєктуються таким чином, щоб виконувати свої функції незалежно від часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів на місце виникнення надзвичайної ситуації. Однак ефективність цих систем має свої межі. Якщо реальна потужність пожежі перевищить закладені в розрахункову модель параметри, система димовидалення та її обладнання абсолютно не зможуть гарантувати необхідну пожежну безпеку. Хоча відповідно до нормативів влаштування автоматичних спринклерних систем в будівлях не завжди є обов'язковим для захисту евакуаційних шляхів, проте їх внесок для забезпечення пожежної безпеки важко переоцінити, оскільки вони суттєво обмежують генерацію тепла та виділення продуктів згорання, а використання зрошувачів швидкісної дії значно підвищує шанси на порятунок людей. В якості збереження матеріальних цінностей спринклери виконують функцію стримування площі горіння, що дозволяє пожежно-рятувальним підрозділам ліквідувати осередок займання швидше та з меншими збитками. У свою чергу, системи димовидалення допомагають створювати вільні від диму зони та уповільнюють нагрівання повітря, хоча самі по собі не здатні зупинити поширення вогню.

Найвищий рівень пожежної безпеки досягається завдяки синергії цих систем. Спринклерна система фактично утримує параметри розповсюдження пожежі в межах, з якими розрахунково здатна впоратися система димовидалення, що є безперечно критично важливим фактором як для евакуації, так і для роботи рятувальників. Такий комплексний підхід мінімізує ризики виникнення ефекту зворотної тяги та значно допомагає пожежним підрозділам орієнтуватися в просторі. На практиці поєднання

системи димовидалення та автоматичного спринклерного пожежогасіння є значно ефективнішим, ніж робота кожної з вказаних системи окремо, хоча алгоритм їх використання може варіюватися: наприклад, при тривалому очікуванні прибуття пожежних підрозділів іноді при належних розрахунках або нормативних вимогах доцільно відмовитися від автоматичної роботи систем димовидалення на користь ручного керування по прибуттю пожежної бригади. При проектуванні також важливо враховувати фізичну взаємодію води та повітряних потоків, оскільки струмінь води зі спринклера може дещо занизити пропускну здатність розташованого поруч димоприймального пристрою природної вентиляції (наприклад зенітного ліхтаря димовидалення). Для можливості компенсувати даний можливий негативний вплив на систему димовидалення, будівельні норми рекомендують передбачати встановлення щонайменше одного додаткового вентиляційного пристрою понад їх мінімальну розрахункову кількість.

В якості додаткової залежності спринклерного пожежогасіння від систем протидимного захисту, є необхідність захисту повітроводів завширшки більше 1000 мм спринклерами під ними. А у зв'язку з суттєво великими витратами повітря протидимних систем повітроводи часто мають геометричні розміри значно більші завширшки ніж 1000 мм. У відповідності до чого, виконавець систем спринклерного пожежогасіння сумісно з виконавцем систем протидимного захисту мають вирішувати питання трасування їх систем для унеможливлення заниження висоти евакуаційних шляхів нижче нормативно та технологічно необхідної.

При виборі вихідних параметрів для виконання розрахунків системи димовидалення з таблиці 1 ДСТУ CEN/TR 12101-5:2016, можна помітити, що для одного й того самого типу приміщень надані різні їх значення при наявності та відсутності систем спринклерного пожежогасіння та додатково для деяких окремих параметр при застосуванні спринклерних зрошувачів пришвидшеної дії. А при виконанні розрахунків можна помітити, що необхідна витрата повітря, яку необхідно видалити з приміщення, що

обслуговується, значно менша за відсутності спринклерних систем, аніж з їх застосуванням. Дані параметри обумовлюються фактом пароутворення при контакті води з вогнем (середньостатистично при контакті води з вогнем з 1 л води може утворюватись до 1700 л пару). І у відповідності до чого система димовидалення має забезпечувати належне видалення не тільки продуктів згорання, але й об'ємної частки пар, що утворюється за рахунок роботи спринклерної системи пожежогасіння.

Загальноприйнятій технологічний алгоритм спрацювання систем димовидалення та системи спринклерного пожежогасіння передбачає собою першочерговий запуск системи димовидалення при фіксації задимлення елементами пожежної сигналізації що дозволяє виконувати безпечну евакуацію людей з приміщень до моменту спрацювання спринклерної системи. В подальшому при досягненні підвищених температур рівня стелі приміщення, що захищається, руйнуються скляні колби спринклерних зрошувачів та в роботу вступає водяне пожежогасіння. В подальшому системи працюють в з функцією полегшення доступу пожежним підрозділам до осередку пожежі. Даний алгоритм та порядок спрацювання систем дозволяє виконати безпечну евакуацію людей з приміщення до моменту охолодження шару диму спринклерною системою, через що він може опускатись нижче верхнього рівня евакуаційних шляхів.

Слід зазначити, що при проектуванні систем імпульсного димовидалення гаражів завжди буде присутня система спринклерного пожежогасіння. Імпульсні системи димовидалення та спринклерне пожежогасіння тісно залежать один від одного в розрізі створення імпульсних димових потоків підвищеної температури під перекриттям. Система спринклерного пожежогасіння розрахунково передбачається на максимальне спрацювання певної кількості зрошувачів (зазвичай 12 шт.), і у випадку неправильної розстановки спринклерних зрошувачів відносно імпульсних струменевих вентиляторів димовидалення, що розташовується під перекриттям паркінгу, система ризикує працювати абсолютно

неефективно. Це провокується через можливе руйнування скляних колб на шляху імпульсних потоків димових газів підвищеної температури, що призводить до неналежної інтенсивності зрошування осередку пожежі. Для правильного виконання систем виконавець розділу системи імпульсного димовидалення має видати конкретне завдання на виконавця системи водяного спринклерного пожежогасіння, з розташуванням імпульсних струменевих вентиляторів, та вимог щодо відстані розташування зрошувачів від них.

В якості висновку можна підсумувати, що системи димовидалення та системи спринклерного пожежогасіння є тісно пов'язані одні між одним та безпосередньо залежать один від одного при виконанні розрахунків та загального їх проектування. При розробці проєктної документації слід враховувати розташування кожного з елементів даних розділів. В загальному, при правильному їх впровадженні, дані системи несуть за собою суттєву ефективність пожежної безпеки, що надає змогу не допустити настання критичних наслідків у випадках надзвичайних ситуацій.

4.3 Дослідження можливості впровадження спільних системи протидимного захисту з системами загальнообмінної вентиляції

Зазвичай системи загальнообмінної вентиляції передбачають окремими та автономними відносно систем протидимного захисту. Відповідно до нормативних вимог, у випадку пожежі в протипожежному відсіку, системи вентиляції та кондиціонування повітря, що його обслуговують в стаціонарному режимі мають відключатись, їх вогнезатримуючі клапани мають закритись. Даний алгоритм дій забезпечується шляхом влаштування системи протипожежної автоматизації та диспетчеризації об'єкту проектування. Але слід зазначити, що у відповідності до діючих нормативних вимог, такі елементи розділу ОВіК як повітроводи, шахти, тощо, можуть використовуватись системами протидимного захисту для забезпечення їх енергоефективної роботи у стані

пожежі. Дані рішення можуть суттєво полегшити трасування систем, уникаючи зайвих перетинів розділів, забезпечити економію експлуатованої площі будівель, за рахунок спільного використання шахт.

Для прикладу ми можемо розглянути в першу чергу саме можливість спільного використання розділів ОВіК та систем протидимного захисту, що обслуговують паркінг, елементів повітроводів та транзитних шахт, що ведуть на рівень покрівлі. У відповідності до нормативних вимог, витяжні шахти систем загальнообмінної вентиляції паркінгу мають виводитись на висоту не менше 2 м вище рівня покрівлі найвищої прилеглої до паркінгу забудови. Дана вимога водночас цілком задовільняє вимоги до розділу димовидалення, а саме ми спокійно можемо передбачати влаштування вентилятору димовидалення на рівні покрівлі прилеглої забудови, за умови дотримання відстаней та висот від повітрозабірних пристроїв припливних систем протидимного захисту. Тобто як попередній висновок можна підкреслити, що використання спільної шахти витяжки розділу ОВіК та системи димовидалення паркінгу є цілком зручним та нормативно можливим.

Однак водночас потрібно зауважити, що зазвичай необхідна витрата повітря для систем димовидалення є суттєво більшою за розрахункові витрати для витяжної системи вентиляції, у зв'язку з чим в першу чергу при закладанні шахт та прокладанні магістральних повітроводів, потрібно враховувати мінімальні вимоги саме розділу димовидалення щодо їх перетину. Водночас для систем димовидалення існують вимоги щодо оброблення їх повітроводів вогнестійкою ізоляцією, а також вимоги щодо мінімальної вогнестійкості транзитних шахт систем димовидалення, що проходять через суміжні протипожежні відсіки, що вони не обслуговують. У відповідності до цього передбачається в першу чергу так само врахування вимоги до системи димовидалення.

Логічним питанням може постати, яким чином буде регулюватись робота систем димовидалення і вентиляції, у випадку пожежі. Відповідь на це є не сильно трудомісткою. Для можливості використання вище описаних функцій часткового об'єднання розділів, проєктами димовидалення і вентиляції необхідно передбачити влаштування вогнезатримуючих клапанів в зонах підключення відгалужень кожного розділу на зони забору повітря та в зонах відгалужень на рівні покрівлі, що ведуть до вентиляційних агрегатів кожної з систем. У стаціонарному режимі вогнезатримуючі клапани на відгалуженнях системи вентиляції знаходяться у відкритому положенні. У випадку отримання сигналу «ПОЖЕЖА», розділом протипожежної автоматизації передбачається їх закриття та відкриття вогнезатримуючих клапанів розділу системи димовидалення, після чого починають працювати суто системи протидимного захисту.

Слід зазначити, що вище описаний спільний алгоритм роботи систем так само може застосовуватись для систем підпору повітря та компенсації повітря. Спільна використання систем може бути запроваджене не лише для фактично одного типу систем (припливна система СПДЗ та припливна система ОВіК), але й використання протилежних типів систем (припливна система СПДЗ та витяжна система ОВіК), що обумовлене відключенням вентиляційних агрегатів ОВіК та не створює жодного супротиву для роботи системи навпаки (фактично реверсивним режимом).

Для деяких приміщень, як наприклад приміщення укриття, у відповідності до п. 10.7 ДБН В.2.2-5:2023, комбінування систем протидимного захисту та систем вентиляції можливе в повному обсязі, з використанням спільних вентиляційних агрегатів. Цього можна досягти лише за умови виконання нормативних умов для обох розділів, використання вентиляторів з частотними перетворювачами для регулювання витрати повітря та іншими технологічними аспектами для забезпечення ефективної роботи обох систем. Додатково слід зазначити, що дане обладнання має бути сертифіковане для роботи в системах димовидалення.

Найбільш яскравим прикладом повного спільного використання є влаштування системи імпульсного димовидалення паркінгу з функціями видалення СО у стаціонарному режимі. В більшості випадках, систему проєктують саме комбінованого типу для уникнення виконання окремого розділу ОВіК для паркінгу та зайвого суттєвого розведення елементів повітроводів під перекриттям, тим самим зберігаючи комфортну чистову висоту паркінгу для експлуатації та додатково підвищуючи ефективність роботи системи імпульсного димовидалення.

В даних випадках система складається з двошвидкісних імпульсних вентиляторів, що влаштовуються під перекриттям паркінгу, припливних (звідки нагнітається повітря) та витяжних зон в паркінгу (звідки повітря видаляється), витяжних агрегатів та агрегатів димовидалення, що розташовуються на рівні покрівлі найвищої прилеглої забудови, заходами щодо шумозахисту при роботі системи в стаціонарному режимі. Алгоритм роботи витяжного агрегату та агрегату димовидалення на рівні покрівлі так само регулюється шляхом влаштування вогнезатримуючих клапанів.

Повне об'єднання основних витяжних агрегатів в один, унеможлиблюється обмеженням, щодо застосування будь-яких елементів в системах димовидалення, що не сертифіковані для роботи з ними, в нашому випадку це шумоглушники. Впровадження заходів шумозахисту витяжної системи є обов'язковим для комфортного цілодобового перебування мешканців в будинку, на покрівлі якого влаштовується обладнання, що обслуговує паркінг в стаціонарному режимі.

При впровадженні класичних систем протидимного захисту і вентиляції, що є автономними один від одного їх зв'язок між собою також присутній. Він пов'язаний з суміжним трасуванням мереж та відстаней їх елементів один від одного. Часткове перекриття або суттєве наближення повітроводів або інших елементів розділу ОВіК до димоприймальних або припливних пристроїв протидимного захисту може призвести до

неефективної роботи СПДЗ, у зв'язку з чим при ув'язці систем слід враховувати нормативні та розрахунково необхідні мінімальні відстані один від одного, що дозволить системам працювати правильно, забезпечуючи необхідну пожежну безпеку будівлі.

Додатково при трасуванні під перекриттям суттєво габаритних повітроводів розділів ОВ, вони фактично собою можуть утворювати різні димові зони, які слід враховувати при проєктуванні систем димовидалення, влаштовували фактичний поділ приміщення з влаштуванням окремих димоприймальних пристроїв для кожної з зон.

Як додаткову позитивну рису залежності систем протидимного захисту з суміжним влаштуванням систем загальнообмінної вентиляції, слід виділити відсутність нормативної заборони щодо спільного використання венткамер для розташування припливних вентиляційних агрегатів систем протидимного захисту та припливно-витяжних установок розділу ОВіК. Єдиною вимогою щодо даних приміщень є забезпечення їх класом вогнестійкості не менше EI 60, що легко досягається влаштуванням стін з звичайної цегляної кладки та встановленням протипожежних дверей. При впровадженні даних рішень слід на стадії проєктування спільно виконавцями розділів погодити спільне розташування обладнання в приміщеннях для можливості його правильного обслуговування та можливості якісної експлуатації.

Як висновок можна підкреслити, що системи протидимного захисту та системи загальнообмінної вентиляції можуть бути як тісно пов'язані (навіть залежить один від одного), як безпосередньо спільно використовуватись, так і бути майже незалежними один від одного. Але в будь якому випадку залежність від деяких факторів буде завжди присутня. І дану залежність завжди слід враховувати при проєктуванні систем.

4.4 Аналіз вибору типу системи димовидалення для паркінгу

При впровадженні розробки проєктної документації систем протидимного захисту будівель з наявністю підземного паркінгу, слід на ранніх стадіях обрати принциповий тип системи його димовидалення. Для підземного гаража можна передбачити будь-який з типів систем, а саме: система класичного примусового димовидалення, система імпульсного димовидалення та система природного димовидалення.

Одразу розглянемо можливість влаштування природної системи димовидалення. Для можливості її впровадження потрібно одразу проаналізувати наявність нормативно необхідних факторів, що будуть забезпечувати можливість її застосування. У відповідності до п. 8.4 ДБН В.2.3-15:2007 допускається передбачати природне димовидалення через шахти, вікна та ліхтарі, обладнані механізованим приводом для відкривання клапанів, фрамуг у верхній частині вікон на рівні 2,2 м і вище (від підлоги до низу фрамуг) та у ліхтарях. При цьому загальна площа прорізів, що відчиняються, обумовлена розрахунком, повинна бути не менш 0,2% площі приміщення, а відстань від вікон до найбільш віддаленої точки приміщення не повинна перевищувати 18 м. Додатково слід зауважити, що при впровадженні віконних фрамуг в якості елементів систем димовидалення, потрібно враховувати вимоги, що висуваються в ДСТУ EN 12101-4:2016 та ДСТУ EN 12101-5:2016. В них говориться про те, що використання віконних фрамуг має бути фактично зарезервованим на протилежній фасадній стороні паркінгу, для можливості її відкриття залежно від напрямку вітру в момент виникнення пожежі. Для контролю напрямку вітру необхідно передбачати влаштування окремого обладнання метеостанції, яка буде фіксувати напрямки руху вітру, та передавати відповідні сигнали на обладнання автоматизації систем протидимного захисту. У зв'язку з суттєвим набором факторів які мають забезпечуватись одночасно, впровадження даних систем дуже не часто можна зустріти.

Надалі розглянемо аналіз влаштування системи димовидалення класичного типу. В більшості паркінгів передбачається застосування саме даного типу систем. Дані системи можна назвати як найбільш адаптивними до будь яких конфігурацій паркінгу. Однією системою димовидалення можна обслуговувати до 6400 м² площі паркінгу, шляхом його ділення на димові зони площею не більше 1600 м² (нормативно не дозволяється обслуговування однією системою більше ніж чотирьох димових зон на одному поверсі). Проектування даної системи слід передбачати з урахуванням дотримання мінімальних відстаней димоприймальних пристроїв від можливих будівельних або інженерних перешкод, а також проводити їх розстановку з збереженням їх максимального радіусу ефективної роботи у випадку пожежі. Один з основних недоліків даної системи полягає в суттєвому прокладанні під перекриттям досить габаритних повітроводів, що в багатьох випадках призводить до ускладнення прокладання інженерних мереж суміжних розділів (таких як ВК, ОВ, ЕТР, тощо). У відповідності до вище наведеного, дані системи передбачаються в паркінгах з мінімальною середньою висотою між підлогою та перекриттям близько 3,0 м, для можливості прокладання мереж інженерних розділів без пониження мінімальної експлуатаційної висоти паркінгу.

Що стосується імпульсних систем димовидалення, як раніше описувалось в даній кваліфікаційній роботі, вони являють собою досить ефективне рішення в якості можливості використання одночасно для видалення СО з приміщень паркінгу. Додатково в якості однієї з найбільш позитивної сторони даного типу систем слід відзначити можливість їх застосування у суттєво низьких за висотою паркінгах, де майже неможливо передбачити влаштування класичної системи димовидалення, додатково з використанням окремих магістральних трас вентиляційних повітроводів.

Систем імпульсного димовидалення фактичного не потребують влаштування розведення повітроводів в об'ємі паркінгу, що ними захищається за рахунок встановлення імпульсних струменевих вентиляторів, які спрямовують рух диму в необхідну нам зону, з якої він видаляється окремими вентиляційними агрегатами.

Практика влаштування імпульсних систем в Україні є відносно новою, у зв'язку з чим діючі нормативні вимоги не здатні описати повний комплекс проєктних рішень, які будуть забезпечувати ефективність їх роботи, у відповідності до цього, зазвичай проєктувальниками прийнято користуватись закордонними нормативними та технологічними настановами при впровадженні даних систем, таких як «BRITISH STANDART BA7346-7:2013 Components for smoke and heat control systems». Але слід зауважити, що нормативна база України не стоїть на місці, та постійно впроваджується та оновлюються вимоги, що включно стосуються і систем імпульсного димовидалення, то ж в найближчому майбутньому ми можемо очікувати на можливість користування повним вітчизняним нормативним комплектом рішень для впровадження систем імпульсного димовидалення і вентиляції паркінгів.

Як раніше описувалось в даній роботі, перед впровадженням систем імпульсного димовидалення слід уважно проаналізувати загальний конструктив та архітектурно-планувальні складові паркінгу, так як у випадку великої кількості влаштування балок, капітелей, колон, тощо, застосування даного типу систем може виявитись абсолютно недоцільним та неефективним. В цьому полягає один з основних недоліків систем імпульсного димовидалення, а саме те, що вони прямопропорційно залежать від об'ємно-планувальних рішень об'єкту, що проєктується.

Зазвичай Замовники розглядають впровадження систем імпульсного димовидалення, суміщених з видаленням СО, зі сторони економії власних коштів на будівництво об'єкту, і в багатьох випадках це дійсно так і працює,

адже фактично в даному випадку відкидається необхідність влаштування окремого розділу загальнообмінної вентиляції паркінгу, в багато разів зменшується кількість повітроводів та інших супутніх елементів, які є звичними до використання класичного типу систем. Але у ряді випадків, коли ми можемо розглядати паркінги величезних внутрішніх об'ємів (великої площі та висоти) а також доволі незручної концепції розташування найвищих прилеглих будівель, ці системи можуть навпаки суттєво перевищувати ціну впровадження класичних систем. А саме в даних випадках значно збільшується кількість імпульсних вентиляторів (за рахунок влаштування двошвидкісних двигунів вони є досить дорогавартісними), можливе суттєве розведення повітроводів системи (а з огляду на розрахунок витрати повітря від кратності об'єму паркінгу вони можуть сягати величезних габаритів), влаштування дуже потужних основних вентиляційних агрегатів, пікова потужність яких може перевалювати за 100 кВт кожного, що призводить до суттєвого удорожчання не тільки самих вентиляторів, але й розділу їх електроживлення, елементів шумозахисту та автоматизації.

Як вище зазначалось, витрата повітря при впровадженні імпульсної системи розраховується залежно від кратності об'єму паркінгу, а саме 6 крат для режиму видалення CO та 10 крат для режиму димовидалення. Для прикладу візьмемо паркінг площею 3000 м² та висотою 5 м, в даному випадку необхідна витрата, що видалається, мінімально буде сягати 150 000 м³/год, що більш ніж в 2 рази більше витрати для класичної системи димовидалення, розрахунок для якої виконується відносно розрахунково периметру та площі пожежі. То ж фактично перед обиранням типу систем димовидалення і компенсації слід також врахувати загальний об'єм паркінгу.

Також слід зазначити, що при проєктуванні систем імпульсного димовидалення і вентиляції в обов'язковому порядку має виконуватись перевірка проєктних рішень шляхом використання CFD моделювання.

Виконання даного розділу є досить вартісним, що також можна віднести до факту удорожчання застосування саме даного типу систем.

Математичне моделювання газодинамічних процесів, відоме як CFD-моделювання, у контексті проектування імпульсних систем димовидалення та вентиляції підземних паркінгів являє собою високоточний чисельний метод розрахунку параметрів повітряного середовища, який базується на розв'язанні системи диференціальних рівнянь Нав'є-Стокса. Необхідність застосування даного методу розрахунку зумовлена специфікою роботи імпульсних систем, які, на відміну від класичних систем димовидалення і вентиляції, оперують вільними струменями, що розповсюджуються у великому об'ємі приміщення і траєкторія яких не є жорстко передбачуваною. Традиційні інженерні методи розрахунку, що базуються на кратності повітрообміну або середній швидкості потоку, часто не здатні спрогнозувати реальну аеродинамічну картину, особливо за наявності складної архітектурної геометрії, такої як масивні ригелі, балки, капітелі та колони, які можуть суттєво викривляти повітряні потоки або блокувати їх розповсюдження, тим самим утворюючи в об'ємі паркінгу, що обслуговується застійні зони.

Процес CFD моделювання розпочинається зі створення деталізованої тривимірної моделі паркінгу, в якій інтегруються всі конструктивні перешкоди та елементи інженерних систем, що можуть впливати на аеродинаміку процесу. Наступним етапом є дискретизація простору шляхом побудови розрахункової сітки, в кожній комірці якої програма обчислює вектори швидкості, статичний тиск, температуру та концентрацію негативних домішок. Моделювання зазвичай виконується для двох принципово різних режимів експлуатації, першим з яких є режим загальнообмінної вентиляції та видалення оксиду вуглецю (CO). У цьому сценарії головним завданням аналізу є підтвердження відсутності застійних зон в паркінгу, де концентрація вихлопних газів автомобілів може перевищувати гранично допустимі, а також оптимізація розташування

струменевих вентиляторів для забезпечення рівномірного перемішування повітря та його транспортування до витяжних зон, що дозволяє уникнути необхідності влаштування суттєво розгалуженої мережі повітроводів під перекриттям паркінгу.

Найбільш критичним та складним етапом дослідження є моделювання аварійного режиму димовидалення, при якому в розрахункову модель вводиться осередок пожежі з заданою потужністю тепловиділення, що розвивається за часом. У цьому режимі CFD аналіз вирішує надскладне завдання перевірки здатності високошвидкісних струменів імпульсних вентиляторів стримувати розтікання димового шару під стелею та спрямовувати розігріті продукти горіння чітко до витяжних зон з димоприймальними пристроями, долаючи при цьому фактор архітектурних перешкод, які можуть розбивати струмінь, тим самим зменшуючи швидкість його потоку. Результати розрахунку візуалізуються у вигляді полів температур та поверхонь диму, що дозволяє оцінити видимість на шляхах евакуації людей з приміщення та переконатися, що температура повітря не перевищує критичних для людини значень. Аналіз прийнято вважати успішним лише тоді, коли модель демонструє ефективну роботу системи імпульсного димовидалення приміщення паркінгу, відсікаючи дим від чистих зон без використання фізичних перешкод. Таким чином, CFD моделювання виступає не тільки в якості перевірки, а як невід'ємний інструмент проєктування, що дозволяє виявляти та виправляти потенційні помилки ще до початку будівництва об'єкту, що є критично важливим, враховуючи високу вартість та технічну складність реалізації імпульсних систем.

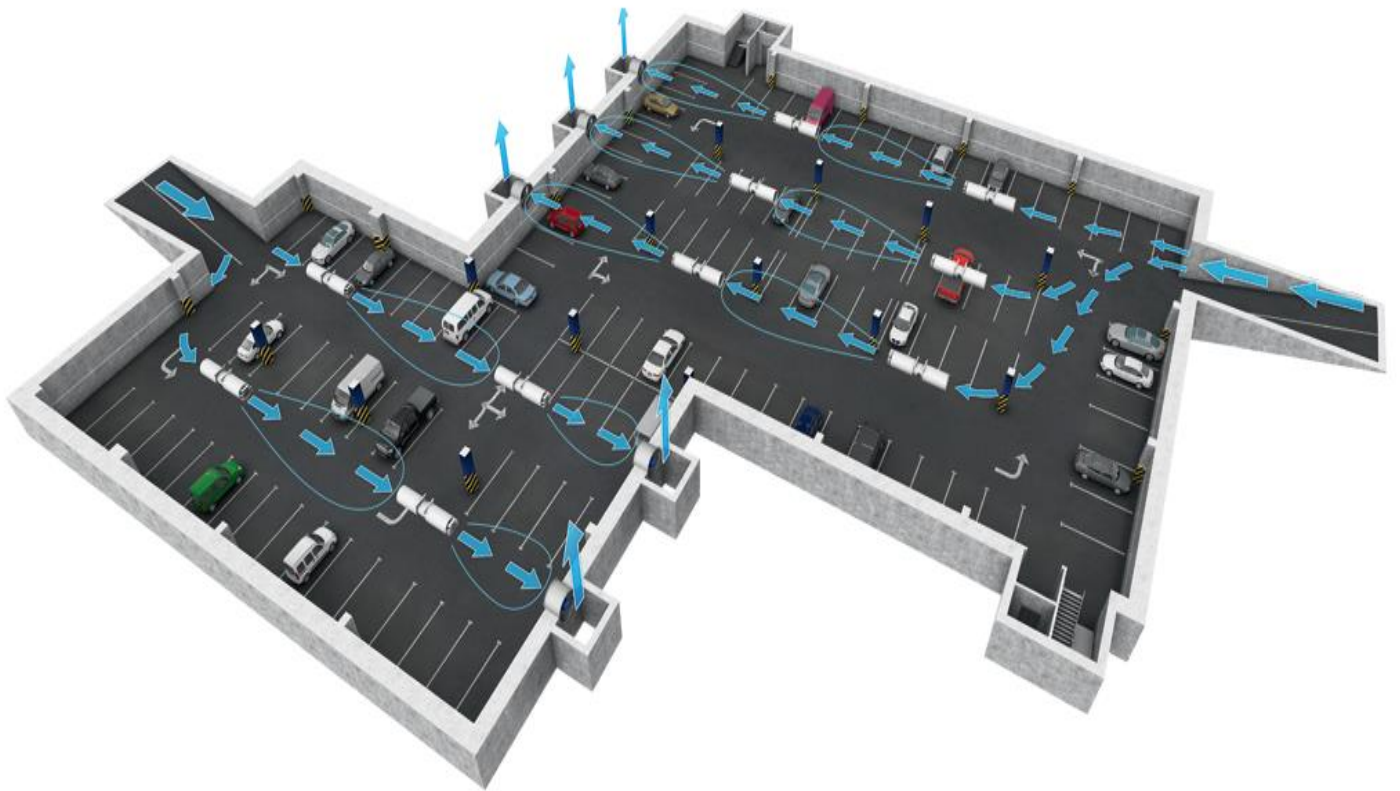


Рис.9 Візуальний приклад роботи системи імпульсної вентиляції паркінгу

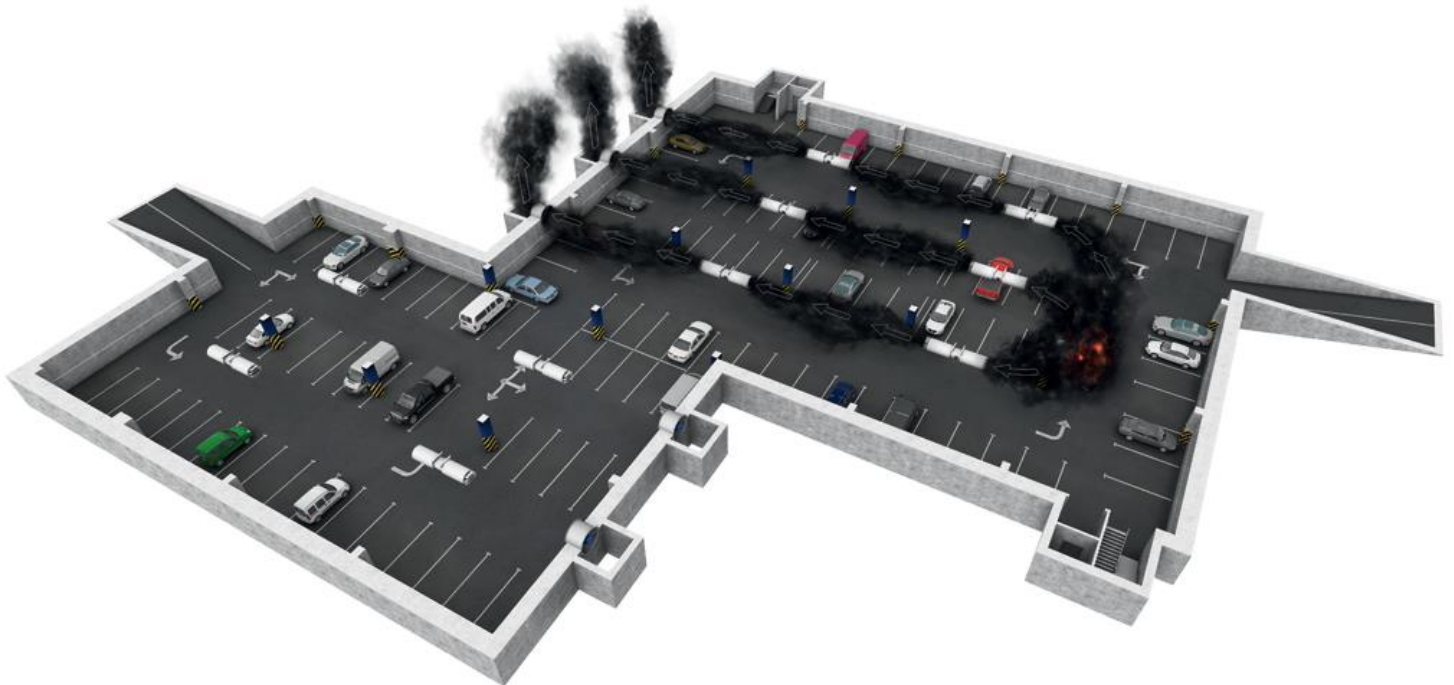


Рис.10 Візуальний приклад роботи системи імпульсного димовидалення паркінгу

В даній кваліфікаційній роботі передбачається розглядання приміщення підземного паркінгу під двома житловими секціями №5 та №6 на рахунок підбору типу системи димовидалення для нього. З точки зору можливості влаштування систем імпульсного димовидалення паркінг має невеликі площі та його загальні об'єми, що може дозволити Замовнику суттєво зекономити на площах шахт, елементах повітроводів та інших супутніх елементах. Зі сторони розгляду захисту приміщення паркінгу класичними системами димовидалення можемо зробити висновок, що його висоти від рівня підлоги до рівня перекриття цілком достатньо для її впровадження з влаштуванням адекватного розведення суміжних мереж без пониження необхідних експлуатаційних висот.

Як попередній висновок можна зробити, що набагато доцільніше було б спроектувати саме імпульсну систему димовидалення, але поглиблюючись в об'ємно-планувальні рішення підземного паркінгу ми маємо наявність суттєвої скупченості поперечних балок, капітелей, висунутих елементів ліфтово-сходових вузлів та наявність значних поперечних пучків випуску каналізаційних мереж в центральних зонах проїздів, що фактично унеможлиблює правильно роботу імпульсної системи димовидалення. Єдиним виходом в нашому випадку є влаштування класичного типу системи димовидалення та вентиляції паркінгу, що дозволяє забезпечити їх ефективну роботу, задовільнить всі нормативні вимоги та забезпечить комфорт експлуатації приміщення гаража.

5. Автоматизація та диспетчеризація систем протидимного захисту

5.1 Алгоритм роботи систем вентиляції при сигналі «ПОЖЕЖА»

Функціонування сучасних комплексів протипожежного захисту будівель досить складно уявити без впровадження надійних систем автоматизації та диспетчеризації систем протипожежного захисту. Дана

система представляє собою досить складну багаторядну логічну систему, головним завданням якої є миттєве реагування на пожежну небезпеку та координацію роботи, стан десятків та сотень механізмів, що мають підтримуватись у робочому режим для забезпечення безпеки людей.

Система автоматизації та диспетчеризації має забезпечувати надійну роботу комплексу протипожежних заходів навіть у разі обриву кабелів зв'язку з центральним комп'ютером або виходу з ладу сервера, локальна автоматика самостійно виконає всі необхідні дії для відпрацювання необхідного алгоритму спрацювання.

На базовому рівні, безпосередньо біля вентиляторів та клапанів знаходяться локальні щити їх керування, які в свою чергу виконують функцію роботи даних елементів вентиляції в певному прописаному алгоритмі дій. Дані щити керування працюють автономно і містять в собі жорстку прописану програму дій, яку фактично неможливо змінити або скасувати випадковим натисненням якоїсь з кнопок. У випадку фіксації пожежі системою пожежної сигналізації вона передає через свої елементи обладнання сигнал тривоги безпосередньо на вище описані щити. Після отримання команди, система миттєво переходить у режим пожежної небезпеки. Це означає, що всі функції, які в безпечний час пріоритетні на підтримання комфортного перебування людей у будівлі негайно блокуються, що забезпечує уникнення наявності додаткових факторів розповсюдження пожежі та продуктів згорання. Автоматизація фактично ігнорує будь-які команди, що можуть суперечити правильному сценарію евакуації людей з будівлі, гарантуючи, що людський фактор або помилка чергового оператора не зможуть зашкодити безпеці людей у разі виникнення позаштатних ситуацій.

Процес запуску систем являє собою чітко налагоджений механізм, де кожна дія відбувається у суворій послідовності. Першочерговим завданням автоматики є ізоляція небезпечної зони та запобігання розповсюдженню диму через існуючі канали вентиляції. Для цього система миттєво вимикає

всі кондиціонери та припливно-витяжні установки, які в звичайному житті подають свіже повітря в офіси, квартири, тощо. Це робиться для того, щоб не підтримувати вогонь притоком кисню і не переганяти отруйні продукти горіння у сусідні, ще безпечні приміщення. Одночасно з цим спеціальні електроприводи закривають вогнезатримуючі клапани - металеві заслінки всередині повітроводів вентиляції, фактично герметизуючи канали та відсікаючи шляхи для переміщення продуктів згорання по будівлі, зо захищається. Вказані вище вогнезатримуючі клапани мають відповідати класу вогнестійкості огорожуваних конструкцій, в яких вони встановлюються.

Лише після того, як система переконується, що звичайна вентиляція заблокована, починається активна фаза захисту будівлі системами протипожежного захисту.

Слід зазначити, що у випадку застосування спільних елементів систем вентиляції та протидимного захисту або загального спільного використання систем димовидалення суміщених з вентиляцією, мають розроблятися окремі індивідуальні алгоритми їх роботи, що будуть супроводжувати пожежну безпеку будівлі правильною логікою їх побудови.

5.2 Автоматизація систем димовидалення та систем зі створення різниці тисків при сигналі «ПОЖЕЖА»

Автоматизація систем протидимного захисту забезпечує контроль, сигналізацію і електрокерування роботою елементами протипожежного вентиляційного обладнання. Вона виконує функції забезпечення роботи інженерного обладнання, яке задіяне при пожежі, в автоматичному режимі, а також управління ним в ручному режимі (дистанційно та по місцю), шляхом влаштування окремих кнопок ручного запуску.

Автоматизацією та диспетчеризацією даної кваліфікаційної роботи передбачається управління вентиляторами димо- та тепловидалення (пуск),

вентиляторів компенсації повітря (пуск), клапанами димовидалення (відкриття), клапанами компенсації повітря (відкриття), клапанами підпору повітря (відкриття) та як зазначалось раніше вогнезатримуючими клапанами систем загальнообмінної вентиляції (закриття).

Рішення по автоматизації систем протидимного захисту на нашому об'єкті передбачається виконати на базі обладнання українського виробництва НТТОВ «ЕЛЕКОН».

Управління та керування виконавчими елементами обладнання систем протидимного захисту здійснюється в автоматичному режимі (від системи пожежної сигналізації) та дистанційному ручному режимі від кнопок, що встановлюються на шляхах евакуації на висоті 1200-1600 мм від рівня чистої підлоги.

Керована спільна дія систем регламентується залежно від реальних пожежонебезпечних ситуацій - розташуванням осередку пожежі (розташування димових зон).

Електрокерування автоматизацією та диспетчеризацією забезпечує:

- автоматичний пуск вентиляторів систем протидимного захисту;
- автоматичне відкриття клапанів димовидалення та компенсації повітря;
- місцеве та дистанційне управління обладнанням;
- відключення автоматичного пуску вентиляторів;
- автоматичний контроль цілісності ланцюгів пуску вентиляторів, клапанів;
- контроль працездатності звукової та світлової сигналізації;
- відключення звукової сигналізації.

Формування командного імпульсу на пуск систем протидимного захисту передбачено:

- автоматично – за умови спрацювання одного пожежного сповіщувача СПС;

- дистанційно – від кнопок, встановлених в шафах пожежних кран-комплектів (шафи систем внутрішнього протипожежного водопроводу).

На центральному щиті протипожежного захисту передбачено мнемосхему для світлозвукової та світлової сигналізації.

Світлозвукова сигналізація передбачає надання сигналів:

- про спрацювання (з розшифруванням систем);
- про пуск та вихід на робочий режим вентиляторів димовидалення;
- про відкриття клапанів (з розшифруванням систем);
- про спрацювання вентиляційних пристроїв димо- та тепловидалення, димовидалення (з розшифруванням місцезнаходження);
- про відключення автоматичного пуску вентиляторів, клапанів (з розшифруванням місцезнаходження);
- про несправність в системі;
- про зникнення напруги на вводах електропостачання;
- про несправність вентиляторів, приводів клапанів, вентиляційних пристроїв систем протидимного захисту;
- про несправність ланцюгів пуску вентиляторів, клапанів, вентиляційних пристроїв систем протидимного захисту.

Світлова сигналізація передбачає надання сигналів:

- про наявність напруги на вводах електропостачання;
- про відключення звукової сигналізації про спрацювання систем;
- про відключення звукової сигналізації про несправність;
- про положення клапанів систем (відкриті);
- про відключення автоматичного пуску (з розшифруванням систем клапанів).

За ступенем забезпечення надійності електропостачання електроприймачі системи автоматизації та диспетчеризації систем

протидимного захисту належить відносити до I категорії згідно з ПУЕ. Їх електроживлення передбачено від двох незалежних джерел електропостачання напругами:

- 380В, 50Гц після АВР;
- 220В, 50Гц після АВР.

Розробка алгоритмів спрацювання систем протидимного захисту передбачається виконавцем технологічного розділу для ефективної роботи спрацювання систем.

Влаштування центрального обладнання систем автоматизації та диспетчеризації має передбачатись в окремо відведеному приміщенні пожежного посту з виконанням природного освітлення та наявністю чергового персоналу будівлі.

6. Технологія та організація будівельно-монтажних робіт з монтажу повітроводів систем протидимного захисту

Враховуючи масштабність та функціональну складність об'єкта, який розглядається даною кваліфікаційною роботою, забезпечення надійної системи протидимного захисту стає пріоритетним завданням інженерного забезпечення будівлі. Ключовим елементом цієї системи є влаштування сталевих повітроводів великого перерізу, які повинні зберігати свою цілісність та герметичність в умовах надвисоких температур під час пожежі. Для досягнення нормативного межі вогнестійкості застосовується спеціалізована технологія облицювання повітроводів вогнезахисною системою «FІХ-М», яка базується на використанні базальтових волокнистих матеріалів. Цей технологічний опис регламентує повний цикл робіт (від підготовки будівельного майданчика до здачі готової системи в експлуатацію).

Процес виробництва робіт починається задовго до безпосереднього наклеювання ізоляції. Першочерговим етапом є організаційно-технічна підготовка будівельного майданчика та робочих зон. Згідно з вимогами організації виробництва, до початку монтажних операцій будівельна готовність об'єкта повинна бути доведена до відповідного рівня. Це означає, що в зонах проходження трас повітроводів мають бути завершені основні будівельно-монтажні роботи, включно з "мокрими" процесами, які можуть підвищити вологість або забруднити поверхні. Мають бути повністю змонтовані та випробувані на розрахункове навантаження всі кріпильні елементи - кронштейни, траверси, шпильки та підвіси, на яких будуть розміщуватися масивні коробки великого перерізу. Окрему увагу слід приділити організації логістики на майданчику. Повинні бути влаштовані тимчасові під'їзні шляхи та вільні проходи для переміщення великогабаритних рулонів ізоляції та ємностей з клеєм. Місця складування матеріалів повинні бути захищені від атмосферних опадів та прямих сонячних променів, оскільки намокання базальтових матів ВСТВ (Вогнестійкий Теплоізоляційний Скловолокнистий Ватін) критично знижує їхні теплоізоляційні властивості та адгезію.

Наступним критичним етапом є вхідний контроль матеріалів та виробів. Усі компоненти системи «FIX-M», що надходять на будівельний майданчик, підлягають суворій перевірці. Відповідальні особи зобов'язані перевірити наявність супровідної документації, зокрема паспортів якості, санітарно-гігієнічних висновків та сертифікатів відповідності державним стандартам України. Система вогнезахисту є комплексною і включає в себе не лише базальтові мати, але й спеціальний вогнезахисний клей, який виконує функцію не тільки фіксатора, а й додаткового термобар'єру, а також, у певних випадках, металеву сітку для армування. Використання матеріалів із пошкодженою упаковкою, простроченим терміном придатності або без відповідного маркування суворо забороняється, оскільки це може призвести

до відшарування покриття під час експлуатації або його руйнування в момент пожежі.

Безпосередньо технологічний процес монтажу вогнезахисного покриття на повітроводи великого перерізу розпочинається з ретельної підготовки поверхні металу. Це є фундаментом для забезпечення довговічності покриття. Сталеві коробки, які часто надходять на майданчик в мастилі після прокату або з початковими слідами корозії, повинні бути очищені до металевого блиску. Процедура передбачає видалення пилу, бруду, іржі та жирових плям. Для цього застосовуються механічні методи очищення за допомогою дротяних щіток або шліфувального паперу, а також хімічне знежирення за допомогою розчинників (наприклад, сольвенту або уайт-спіриту). Якість підготовки поверхні перевіряється візуально: на металі не повинно залишатися жодних сторонніх включень, які можуть перешкодити адгезії клею.

Після підготовки поверхні розпочинається етап розкрою ізоляційного матеріалу. Базальтові мати розкочуються на рівній, чистій поверхні та розмічаються згідно з периметром повітроводу. При розкрої вкрай важливо враховувати припуски на напуски (нахлести) матеріалу в місцях стиків. Технологія вимагає, щоб з'єднання матів відбувалося з перекриттям, ширина якого зазвичай становить від 50 до 100 мм, щоб уникнути утворення наскрізних щілин, через які вогонь може дістатися до металу. Коефіцієнт витрат матеріалу, закладений у кошторисних нормах, враховує ці технологічні відходи та напуски (наприклад, нормативна витрата може становити 2,0 м² матеріалу на 1 м² поверхні з урахуванням складності геометрії та відводів). Різка матеріалу виконується спеціальними ножами, які забезпечують рівний край без розривів волокон.

Ключовим моментом монтажу є нанесення клейового складу. Вогнезахисний клей перед використанням ретельно перемішується до однорідної консистенції. Нанесення здійснюється вручну за допомогою шпательів або малярних пензлів суцільним рівномірним шаром. Товщина

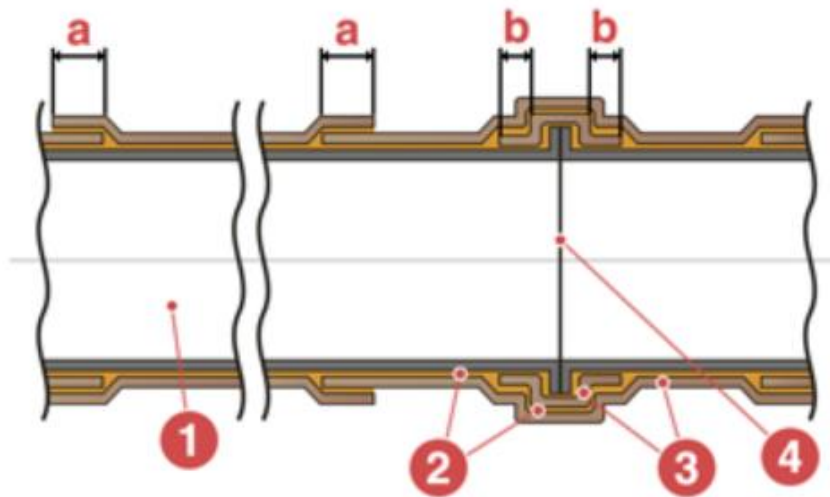
шару клею є регламентованою величиною і залежить від необхідної межі вогнестійкості та рекомендацій виробника системи. Наприклад, для забезпечення надійної фіксації та вогнезахисних властивостей, витрата клею може становити близько 1,1 кг на квадратний метр для шару 5 мм, або збільшуватися до 1,47 кг для товстіших шарів. Клей наноситься як на поверхню повітроводу, так і, при необхідності, на сам ізоляційний матеріал. Важливо слідкувати за тим, щоб не залишалася "сухих" ділянок, особливо у важкодоступних місцях, кутах та біля фланців.

Монтаж розкrojених матів на повітропровід повинен виконуватися негайно після нанесення клею, до моменту початку його полімеризації (підсихання). Мати щільно притискаються до поверхні повітроводу, розгладжуються від центру до країв для видалення повітряних бульбашок. Особлива складність виникає при роботі з повітроводами великого перерізу, де під дією власної ваги ізоляція на нижній горизонтальній поверхні може провисати. Для запобігання цьому явищу та забезпечення додаткової надійності використовується механічне кріплення або армування. Технологія передбачає можливість використання оцинкованої металеві сітки, яка обгортається навколо змонтованої ізоляції та фіксується в'язальним дротом або металевими бандажними стрічками. Таке рішення створює жорсткий каркас, який утримує базальтові мати на місці навіть при вібраціях системи вентиляції або термічних деформаціях під час пожежі.

Окремої уваги потребують вузли з'єднання повітроводів (фланці) та місця проходів через будівельні конструкції (стіни, перекриття). Фланцеві з'єднання є потенційними «містками холоду» та слабкими місцями при вогневому впливі. Тому їх ізоляція виконується з особливою ретельністю: поверх основного шару ізоляції на фланець наклеюється додаткова смуга матеріалу шириною не менше 150-200 мм, яка перекриває з'єднання та заходить на суміжні ділянки ізольованого повітроводу. Проходки через стіни та перекриття герметизуються вогнестійкими матеріалами на всю товщину конструкції, забезпечуючи неперервність вогнезахисного контуру.

Контроль якості виконаних робіт здійснюється на всіх етапах виробничого циклу. Операційний контроль проводиться майстрами та виконробами безпосередньо в процесі роботи. Перевіряється якість підготовки поверхні, товщина шару клею, правильність розкрою та щільність прилягання матів. Після завершення робіт проводиться приймальний контроль, який включає візуальний огляд на відсутність механічних пошкоджень, провисань, відшарувань та необроблених ділянок. Інструментальний контроль може передбачати вибіркові заміри товщини вогнезахисного покриття (сума товщини металу, клею та ізоляції). Результати приймання оформлюються Актом огляду прихованих робіт, який підписується представниками підрядника та технічного нагляду замовника. Це є документальним підтвердженням відповідності системи вимогам необхідного класу вогнестійкості.

Завершальним, але не менш важливим аспектом є дотримання правил охорони праці та техніки безпеки. Роботи з монтажу повітроводів та ізоляції відносяться до робіт з підвищеною небезпекою, оскільки часто виконуються на висоті (понад 1,3 метра) з використанням засобів підмоцнення (риштувань, вишок-тур). До виконання таких робіт допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли спеціальне навчання, інструктажі та медичний огляд. Працівники повинні бути забезпечені повним комплектом засобів індивідуального захисту. Враховуючи специфіку роботи з мінеральною ватою, яка може виділяти дрібний пил, та хімічним складом клеїв, обов'язковим є використання респіраторів для захисту органів дихання, захисних окулярів для очей та спеціальних рукавиць для захисту шкіри рук. У приміщеннях, де проводяться роботи, має бути забезпечена ефективна припливно-витяжна вентиляція для видалення шкідливих випарів та пилу. Дотримання цих норм є гарантією безпеки персоналу та безаварійного виконання будівельно-монтажних робіт.



1 - повітропровід; 2 - клей; 3 - базальтовий матеріал; 4 - фланцеве з'єднання.

Рис.11 Принципова схема монтажу вогнестійкої ізоляції «FIX-M»



Рис.12 Приклад виконаного монтажу повітроводів у вогнестійкої ізоляції типу «FIX-M»

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі виконано комплексне розроблення проектних рішень систем формування мікроклімату та протидимного захисту для житлово-офісного комплексу з об'єктами торгово-розважальної, ринкової, соціальної інфраструктури та паркінгами у місті.

Для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов у житловій та громадській частинах комплексу розроблено комбіновані схеми інженерного забезпечення:

- системи опалення – впроваджено децентралізовану схему. Для житлових квартир передбачено індивідуальне квартирне опалення від газових двоконтурних котлів, що дозволяє мешканцям самостійно регулювати параметри мікроклімату та знижує теплові втрати при транспортуванні теплоносія. Для громадських та комерційних приміщень запроєктовано системи на базі електричних котлів та електричних конвекторів, що спрощує експлуатацію в умовах вбудованих приміщень.
- системи вентиляції – у житловій частині прийнято схему з природним спонуканням (приплив через вікна, видалення через канали-супутники), що є енергоефективним та надійним рішенням для багатоповерхової забудови. Для вбудованих громадських приміщень (офіси, торгівля) розроблено системи примусової припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла, що дозволяє суттєво знизити енерговитрати на нагрів припливного повітря в холодний період року.

Розроблено влаштування надійних систем протидимного захисту, які є критично важливими для безпечної евакуації людей з житлового комплексу:

- димовидалення з паркінгу – для підземного паркінгу розраховано та запроєктовано систему механічного димовидалення. Простір паркінгу поділено на димові зони площею до 1600 м² за допомогою конструктивних елементів та протидимних завіс (балок). Видалення диму здійснюється

через автономні шахти вентиляторами, розташованими на покрівлі, з межею вогнестійкості транзитних повітроводів EI 150.

- підпір повітря - забезпечено створення надлишкового тиску (підпору повітря) у шахтах пожежних ліфтів та їхніх тамбур-шлюзах. Система розрахована як клас «F» згідно з ДСТУ EN 12101-6:2016, що є найбільш надійним стандартом для будівель зі складними шляхами евакуації. Розрахунки підтвердили необхідність створення тиску 50 Па в шахтах ліфтів та забезпечення швидкості витікання повітря 1,3 м/с через відчинені двері тамбур-шлюзу.

- компенсація та скидання тиску – передбачено систему механічної компенсації видаленого диму з подачею повітря в нижню зону паркінгу. Для запобігання надлишковому тиску на евакуаційних дверях (понад 100 Н) впроваджено систему скидання тиску через гравітаційні клапани з пружинним механізмом.

В рамках роботи проведено аналіз факторів, що впливають на ефективність систем протидимного захисту, та обґрунтовано вибір технічних рішень:

- вибір типу системи димовидалення паркінгу – проведено порівняльний аналіз між класичною та імпульсною системами димовидалення. Встановлено, що для даного об'єкта, через наявність значної кількості поперечних балок, капітелей та інженерних комунікацій під стелею, імпульсна система буде неефективною через перешкоджання руху струменя. Тому прийнято рішення на користь класичної системи, яка гарантує стабільне видалення продуктів горіння.

- взаємодія зі спринклерним пожежогасінням – досліджено вплив роботи спринклерної системи на параметри димовидалення. Враховано фізичний ефект охолодження диму краплями води та утворення додаткового об'єму пари. Визначено, що спільна робота систем є найефективнішою. Спринклери локалізують осередок пожежі, не даючи

йому вийти за розрахункові межі потужності, а димовидалення забезпечує видимість для евакуації людей з будівлі.

- інтеграція з загальнообмінною вентиляцією – обґрунтовано можливість використання спільних шахт та повітроводів для систем вентиляції та димовидалення паркінгу за умови використання вогнезатримуючих клапанів та відповідної автоматизації. Це дозволяє оптимізувати простір у шахтах та знизити капітальні витрати на будівництво.

Розроблено алгоритм керування системами при сигналі «ПОЖЕЖА», який передбачає пріоритетність функцій безпеки: автоматичне відключення загальнообмінної вентиляції, закриття вогнезатримуючих клапанів на межах зон та послідовний запуск вентиляторів димовидалення і підпору.

Детально опрацьовано технологію монтажу великогабаритних повітроводів та нанесення вогнезахисної системи «FHX-M» для забезпечення необхідного класу вогнестійкості. Описано процеси підготовки поверхні, нанесення клею, монтажу базальтових матів та армування сіткою, що гарантує цілісність системи в умовах пожежі.

Загальний висновок: Розроблені в магістерській роботі проєктні рішення повністю відповідають вимогам чинних державних будівельних норм України. Запропонований комплекс заходів забезпечує високий рівень пожежної безпеки, енергоефективність інженерних систем та комфортні умови для майбутніх мешканців та відвідувачів житлового комплексу. Результати наукового аналізу щодо вибору типу димовидалення в умовах складної геометрії перекриттів мають практичну цінність для проєктування аналогічних об'єктів підземного будівництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».
2. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
3. ДБН В.2.3-15:2007 «Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів».
4. ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво».
5. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
6. ДСТУ СЕН TR 12101-4 2016 «Побудова систем димо та тепловидалення».
7. ДСТУ СЕН TR 12101-5 2016 «Настанови на базі функціональних рекомендацій та методи розрахування систем димо- та тепловидалення».
8. ДСТУ СЕН TR 12101-6 2016 «Технічні вимоги до систем зі створення різниці тисків».
9. ДСТУ 9243.4:2023 «Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної документації».
10. НАПБ А.01.001-207 «Правила пожежної безпеки в Україні».
11. Ткачук А. Я., Богдан А. В. Вентиляція та кондиціонування повітря: Підручник - Київ: Вища школа, 2018. - 360 с.
12. Радіаторні терморегулятори та балансувальні клапани для систем опалення. Технічний посібник // ТОВ з П «Данфосс ТОВ». - Київ, 2022.
13. Каталог обладнання: Вентилятори димовидалення серії ВР та клапани протипожежні // Завод «Укрвент». - 2024.
14. Системи вентиляції та кондиціонування. Розділ: Струменеві вентилятори // ТОВ «ВЕНТС». - Київ, 2023.
15. BS 7346-7:2013. Components for smoke and heat control systems. Code of practice on functional recommendations and calculation methods for covered car parks. - London: BSI Standards Limited, 2013.
16. Котли електричні серії Digital та Standart. Паспорт та керівництво з експлуатації // Виробниче об'єднання «Тенко». - Харків, 2023.

17. Базальтові матеріали. Порівняльні характеристики та сфера застосування // www.bstv-mat.com.ua/technologies.
18. Ємець В. І., Драгнєв С. В. Порівняльний аналіз ефективності каналної та струменевої систем вентиляції підземних паркінгів // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХНУБА, 2020. - Т. 101. - № 3. - С. 112-119.
19. Ніжник В. В., Фесенко О. А. Вогнестійкість повітроводів систем протидимного захисту та вентиляції. Особливості випробувань та сертифікації // Пожежна безпека: теорія і практика. - 2019. - № 29. - С. 88-94.
20. Методика розрахунку систем підпору повітря в сходові клітки та ліфтові шахти // Інженерні системи та енергозбереження. - Київ: КНУБА, 2017. - 48 с.
21. Системи імпульсної вентиляції та димовидалення автостоянок. Технічний посібник // Systemair АВ. - 2021. - 36 с.
22. Ткачук А. Я., Богдан А. В. Вентиляція та кондиціонування повітря: Підручник. - Київ: Вища школа.
23. Поспелов Б. Б., Андронов В. А. Моніторинг та управління системами протипожежного захисту: Монографія. - Харків: НУЦЗУ, 2017. - 215 с.
24. Пукач В. В. Моделювання процесів тепломасообміну в системах вентиляції. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. - 164 с.
25. Нижник В. В., Фесенко О. А. Протидимний захист будівель і споруд: Практичний посібник. - Київ: Сталь, 2019. - 148 с.
26. Дешко В. І., Сухін Є. Є. Енергетичний аудит та ефективність інженерних систем: Навчальний посібник. - Київ: НТУУ «КПІ», 2015. - 250 с.
27. Ємець В. І. Аеродинаміка вентиляційних потоків у закритих приміщеннях // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХНУБА, 2020. - Т. 102. - № 4. - С. 25-31.
28. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 2272:2006. - [Чинний від 2007-01-01]. - Київ: Держспоживстандарт України, 2007. - 34 с. - (Національний стандарт України).