

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет будівництва та транспорту  
Кафедра Архітектури та інженерних вишукувань**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри  
Архітектури та інженерних  
вишукувань  
\_\_\_\_\_ Бородай Д. С.

«\_\_\_»\_\_\_\_\_2025р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**за другим рівнем вищої освіти**

На тему: «Особливості використання вдосконаленої системи вентиляції при будівництві багатоповерхового житлового будинку в м. Чернігів»

Виконав (ла)

А. Г. Слухаєвський

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

Група

БУД 2401-1 м

(Науковий)  
керівник

В. П. Сопов

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра:** Архітектури та інженерних вишукувань  
**Спеціальність:** 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

**ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

**Слухаєвський Артем Григорович**

**Тема роботи:** Особливості використання вдосконаленої системи вентиляції при будівництві багатоповерхового житлового будинку в м. Чернігів

Затверджено наказом по університету № \_\_\_\_\_ від "\_\_\_" \_\_\_ 2025р.  
Строк здачі студентом закінченої роботи: "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2025 р.

Вихідні дані до роботи:

Дані інженерно-геологічних вишукувань, типові проекти, завдання проектування \_\_\_\_\_

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень, Розділ 3. Особливості використання вдосконаленої системи вентиляції, 3.1 Класифікація систем вентиляції, 3.2 Сучасні системи покращення якості повітря, Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі, 4.1. Ситуаційний план, 4.2. Об'ємно-планувальне рішення,

#### 4.3. Архітектурно-конструктивне рішення, Список використаних джерел

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з вказівкою обов'язкових креслень)

17 слайдів мультимедійного матеріалу

**Керівник :**

(підпис)

В. П. Сопов

(Прізвище, ініціали)

**Консультант**

(підпис)

В. П. Сопов

(Прізвище, ініціали)

**Завдання прийняв до виконання:**

**Здобувач**

(підпис)

А. Г. Слухаєвський

(Прізвище, ініціали)

## Анотація

**Слухаєвський Артем Григорович** «Особливості використання вдосконаленої системи вентиляції при будівництві багатоповерхового житлового будинку в м. Чернігів» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляду досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновків за результатами МКР (українською та англійською мовами).

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Це дослідження присвячене розробці та впровадженню вдосконаленої системи вентиляції та очищення повітря для багатоповерхових житлових будинків, спрямованої на поліпшення якості повітря в приміщеннях та забезпечення здорового мікроклімату. Дослідження зосереджено на комплексному технічному рішенні, що поєднує припливно-витяжну вентиляцію з рекуперацією тепла, багатоступеневим очищенням повітря та ультрафіолетовою дезінфекцією. Система призначена для забезпечення стабільного повітрообміну, ефективного видалення твердих та газоподібних забруднювачів і запобігання мікробному забрудненню житлових приміщень.

Запропонована система включає централізований рекуператор тепла з ККД близько 85%, оснащений ізольованими повітроводами, що рівномірно розподіляють очищене повітря по всій квартирі. Очищення повітря досягається за допомогою послідовної НЕРА-фільтрації для видалення дрібних частинок, фільтрів з активованим вугіллям для адсорбції летких органічних сполук і запахів, а також УФ-ламп для нейтралізації бактерій, вірусів і грибкових спор. Така комбінація забезпечує постійну чистоту, свіжість

і безпеку повітря, що подається в приміщення, для тривалого проживання людей. Система працює з контрольованими потоками повітря, адаптованими до обсягу приміщень, підтримуючи оптимальні параметри вологості та температури відповідно до сучасних стандартів житлового будівництва.

Дослідження проводилося з використанням аналітичних та порівняльних методів, оцінюючи продуктивність, енергоефективність та стабільність роботи інтегрованої системи вентиляції в типових житлових умовах. Експериментальний та імітаційний аналізи були використані для оцінки швидкості повітрообміну, ефективності фільтрації та параметрів теплового відновлення, забезпечуючи відповідність системи санітарним вимогам та вимогам до проектування будівель.

**Ключові слова:** вентиляція, очищення повітря, житловий будинок.

**Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:**

1. Слухаєвський А.Г. Техніко-економічні аспекти використання сучасних матеріалів при будівництві багатоповерхового житлового будинку в м. Чернігів // Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025. 2. Слухаєвський А.Г. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ // Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. Харків, 2025. С.47.

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 49 сторінках, у тому числі 2 таблиці, 7 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 19 використаних джерел. Графічна частина складається з 17 слайдів мультимедійної презентації.

## Abstracts

**Slukhayevskyy Artem** “Features of the use of an improved ventilation system in the construction of a multi-story residential building in Chernihiv” – Master's thesis in manuscript form.

Master's thesis in the specialty 192 “Construction and Civil Engineering.” – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The thesis consists of a table of contents, a general description of the work and its qualifying characteristics, a review of research on the chosen topic, sections of the main part, and conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

The purpose, objectives, object and subject of the research, and methods of scientific research are formulated.

This research is devoted to the development and implementation of an improved ventilation and air purification system for multi-storey residential buildings, aimed at improving indoor air quality and ensuring a healthy microclimate. The research focuses on a comprehensive technical solution that combines supply and exhaust ventilation with heat recovery, multi-stage air purification, and ultraviolet disinfection. The system is designed to ensure stable air exchange, effective removal of solid and gaseous pollutants, and prevention of microbial contamination of residential premises.

The proposed system includes a centralized heat recovery unit with an efficiency of about 85%, equipped with insulated air ducts that evenly distribute purified air throughout the apartment. Air purification is achieved through sequential HEPA filtration to remove fine particles, activated carbon filters to adsorb volatile organic compounds and odors, and UV lamps to neutralize bacteria, viruses, and fungal spores. This combination ensures that the air supplied to the room is constantly clean, fresh, and safe for long-term human habitation. The system operates with controlled airflows adapted to the volume of the premises, maintaining optimal humidity and temperature parameters in accordance with modern residential construction standards.

The study was conducted using analytical and comparative methods, evaluating the performance, energy efficiency, and stability of the integrated ventilation system in typical residential conditions. Experimental and simulation analyses were used to evaluate air exchange rates, filtration efficiency, and heat recovery parameters, ensuring that the system complies with sanitary requirements and building design requirements.

**Keywords:** ventilation, air purification, residential building.

**List of student publications and/or conference presentations:**

1. Slukhayevskyy A. Technical and economic aspects of using modern materials in the construction of a multi-story residential building in Chernihiv // Materials of the 87th International Scientific Conference of University Students, April 7–11, 2025. Kharkiv, 2025.

2. Slukhayevskyy A. ECONOMIC FEASIBILITY AND FEATURES OF THE USE OF AN IMPROVED VENTILATION SYSTEM // Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference, November 26, 2025. Kharkiv, 2025. P. 47.

The appendices contain the conference abstracts and a slide album of the multimedia presentation.

**Structure of the work.**

The work consists of the main text on 49 pages, including 2 table and 7 figures. The text of the work contains a general description of the work, 4 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, and a list of 19 sources used. The graphic part consists of 17 slides of a multimedia presentation.

## ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....	12
Розділ 3. Особливості використання вдосконаленої системи вентиляції.....	20
3.1 Класифікація систем вентиляції.....	20
3.2 Сучасні системи покращення якості повітря.....	31
Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....	41
4.1 Ситуаційний план.....	41
4.2 Об'ємно-планувальне рішення.....	41
4.3 Архітектурно-конструктивне рішення.....	43
Список використаних джерел.....	48

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми:** Якість повітря в приміщеннях житлових будинків має прямий вплив на здоров'я, комфорт і когнітивні здібності людини. У сучасних міських умовах квартири часто розташовані в районах із значним зовнішнім забрудненням, а конструкція будівель і заходи з енергоефективності можуть зменшувати природну вентиляцію. Тому впровадження ефективної та збалансованої системи вентиляції та очищення повітря стало критично важливим питанням для запобігання респіраторних проблем, зменшення алергенів і мікробного забруднення та забезпечення оптимальних умов проживання. Актуальність цього дослідження підкріплюється зростаючою потребою в доступних рішеннях, які забезпечують високу якість повітря в приміщеннях без значного збільшення вартості житла.

**Мета і завдання дослідження:** Метою дослідження було розроблення практичної та економічно доцільної системи вентиляції та очищення повітря для житлових квартир, яка забезпечує безперервний повітрообмін, фільтрацію твердих частинок, видалення газоподібних забруднювачів та мікробну дезінфекцію. Завдання дослідження включали визначення найефективніших компонентів для такої системи, розрахунок витрат на установку та обслуговування для стандартної двокімнатної квартири, визначення впливу системи на якість повітря та оцінку її доцільності з точки зору вартості та ефективності.

**Об'єкт дослідження:** Багатоповерховий житловий будинок в м. Чернігів.

**Предмет дослідження:** Вдосконалення системи вентиляції при будівництві житлового будинку.

**Методи дослідження:** У дослідженні було проведено систематичний технічний аналіз технологій вентиляції та очищення повітря. Для розрахунку швидкості повітряного потоку, ефективності фільтрації, витрат на встановлення та щорічних витрат на обслуговування були використані методи кількісної

оцінки. Для оцінки економічної доцільності системи на місцевому ринку житла було проведено порівняльний аналіз витрат з урахуванням середньої ціни квартири та потенційного її зростання завдяки встановленню додаткового обладнання.

**Наукова та технічна новизна одержаних результатів:** Дослідження надає науково обґрунтовану та технічно детальну модель збалансованої системи припливно-витяжної вентиляції з інтегрованою НЕРА- та вугільна фільтрацією та ультрафіолетовою дезінфекцією, оптимізовану на прикладі двокімнатної квартири. Новизна полягає в поєднанні передових технологій фільтрації, адсорбції та дезінфекції в економічно ефективній конструкції, що забезпечує безперервний повітрообмін, високу ефективність видалення забруднень та мінімальне споживання енергії завдяки рекуперації тепла. Розрахована вартість установки 30 754 грн та щорічне обслуговування 5154 грн призводять до збільшення ціни квартири лише на 2,12%, що демонструє, що така система є як технічно ефективною, так і економічно вигідною для сучасного житлового фонду.

**Практичне значення одержаних результатів:** Практичне значення отриманих результатів полягає в їх безпосередньому застосуванні для проектування ефективних систем забезпечення якості повітря в приміщеннях житлових будинків. Дослідження надає чітку основу для інтеграції вентиляції, фільтрації НЕРА та активованим вугіллям, дезінфекції УФ-С та рекуперації тепла для підтримання безперервного повітрообміну, зменшення кількості забруднюючих речовин та підвищення комфорту мешканців. Ці результати можуть бути орієнтиром як для нових будівельних проектів, так і для проектів реконструкції, забезпечуючи більш здорові умови проживання, мінімізуючи ризики для дихальної системи та алергічні ризики, а також покращуючи загальне самопочуття.

**Апробація та публікація результатів роботи:** 1. Слухаєвський А.Г. Техніко-економічні аспекти використання сучасних матеріалів при будівництві

багатоповерхового житлового будинку в м. Чернігів // Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025. 2. Слухаєвський А.Г. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ // Матеріали ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. Харків, 2025. С.47.

## РОЗДІЛ 2

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

Сучасні моделі людської діяльності все частіше характеризуються тривалим перебуванням у закритих приміщеннях, що диктується як професійними обов'язками, так і побутовими справами. Емпіричні дослідження показують, що в середньому людина проводить понад 90 % свого часу в приміщенні, що підкреслює фундаментальне значення підтримання належної якості повітря як визначального чинника здоров'я та загального самопочуття. Атмосфера в приміщенні становить складну екосистему, на яку впливають численні змінні, включаючи будівельні матеріали, внутрішнє оздоблення, побутову хімію і, що особливо важливо, ефективність систем вентиляції. Недостатня вентиляція призводить до накопичення вуглекислого газу, летких органічних сполук, твердих частинок, спор цвілі та алергенів, концентрація яких може перевищувати допустимі межі і чинити шкідливий вплив на здоров'я людини. Тривале перебування в таких умовах тісно пов'язане з респіраторними захворюваннями, серцево-судинними порушеннями, алергічними реакціями і навіть когнітивними порушеннями[1].

З точки зору будівельної фізики, вентиляція є основним механізмом підтримки гігієнічних і теплових умов у житлових і громадських будівлях. Її мета — забезпечити постійну заміну відпрацьованого повітря зовнішнім повітрям у кількостях, що відповідають фізіологічним потребам людини, одночасно регулюючи вологість і температуру в закритих приміщеннях. Сучасні інженерні стандарти встановлюють норми повітрообміну для житлових будівель у діапазоні від 0,35 до 1,0 повітрообміну на годину, залежно від щільності заселення та функціонального призначення приміщень. Підтримка концентрації вуглекислого газу в приміщенні на рівні нижче 1000 ppm вважається необхідною для запобігання сонливості, порушення концентрації уваги та зниження працездатності, тоді як контроль вологості захищає оболонку будівлі від конденсації та подальшого росту мікроорганізмів.

У сучасному висотному житловому будівництві пріоритетом стало впровадження передових стратегій вентиляції, з особливим акцентом на енергоефективних системах подачі та витяжки повітря з використанням теплообмінників. Сучасні системи кондиціонування повітря можуть досягати ефективності теплового відновлення понад 70%, що значно знижує енергоспоживання для нагрівання або охолодження свіжого повітря. Такі системи складаються з мереж повітропроводів з низьким опором, високоефективних вентиляторів з частотно-регульованими приводами, автоматизованих модулів управління та низки датчиків, що контролюють температуру, відносну вологість та концентрацію вуглекислого газу. Такі конфігурації дозволяють динамічно регулювати швидкість повітряного потоку у відповідь на зміни в приміщенні та рівні забруднення, забезпечуючи як комфорт навколишнього середовища, так і економію енергії.

Відсутність ефективної вентиляції тісно пов'язана з явищем при якому мешканці скаржаться на періодичні головні болі, втому, запаморочення та подразнення дихальних шляхів і слизових оболонок. Епідеміологічні дослідження підтвердили, що в погано провітрюваних багатоквартирних комплексах спостерігається значно підвищений рівень забруднення повітря в приміщеннях, що корелює зі збільшенням кількості скарг мешканців на здоров'я. Навпаки, правильно спроектовані та добре обслуговані вентиляційні системи зменшують частоту таких симптомів, що є прямим доказом взаємозв'язку між якістю повітря в приміщенні та здоров'ям людини. Отже, інтеграція сучасних вентиляційних систем у проектування та будівництво сучасних житлових будинків повинна розглядатися не лише як технічна вимога, а як важливий захід охорони здоров'я, що безпосередньо впливає на якість життя та довгострокове благополуччя міського населення.

Окрім безпосереднього впливу на фізичне здоров'я, вентиляція має значний вплив на когнітивні функції та психологічне самопочуття. Емпіричні дослідження показали, що тривале перебування в приміщеннях з поганою якістю

повітря постійно пов'язане зі зниженням виконавчих функцій, порушенням процесу прийняття рішень та зниженням продуктивності. Цей взаємозв'язок є особливо важливим на робочих місцях та в навчальних закладах, де для ефективної роботи необхідні гострота розуму та тривала концентрація уваги. Контрольовані експерименти показали, що підвищена концентрація вуглекислого газу в приміщенні понад 1000–1200 ppm може помітно погіршити обробку інформації, швидкість реакції та здатність вирішувати проблеми, а недостатній контроль вологості посилює втому та знижує суб'єктивний комфорт. Ці висновки підкреслюють необхідність комплексних стратегій вентиляції, спеціально розроблених для захисту та підвищення когнітивної ефективності в умовах, де інтелектуальна діяльність є основним видом людської діяльності.

З огляду на центральну роль якості повітря в приміщенні, забезпечення адекватної вентиляції в житлових, робочих та навчальних приміщеннях має розглядатися як фундаментальний пріоритет проектування та експлуатації. Ця мета найефективніше досягається шляхом скоординованого застосування систем природної та механічної вентиляції. Природна вентиляція, що досягається за допомогою відкритих вікон, дверей та архітектурних стратегій перехресного провітрювання, залишається корисною в помірному кліматі; однак її ефективність є дуже мінливою і залежить від зовнішніх метеорологічних умов. На відміну від цього, механічні системи, особливо ті, що інтегровані в інфраструктуру опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, забезпечують стабільний і контрольований обмін повітря, гарантуючи постійне розведення забруднюючих речовин у приміщенні та підтримуючи цільові діапазони температури та відносної вологості[4].

Добре спроектовані механічні системи вентиляції мають багат шарові фільтрувальні вузли, здатні уловлювати грубі частинки, дрібні фракції пилу, а в просунутих конфігураціях — летючі органічні сполуки за допомогою фільтрів з активованим вугіллям. Розміри повітрообробних агрегатів розраховані на підтримку швидкості повітряного потоку відповідно до міжнародних стандартів,

що гарантує відповідність обсягів поданого повітря гігієнічним вимогам та вимогам комфорту. Однак ефективність цих систем значною мірою залежить від систематичної експлуатації та технічного обслуговування. Недогляд за фільтрами, засмічення повітропроводів або несправність вентиляторів можуть призвести не тільки до зниження продуктивності, але й до рециркуляції забрудненого повітря, перетворюючи систему вентиляції на вторинне джерело забруднення. Тому для підтримання їх захисної функції необхідні регулярні перевірки, заміна фільтрувальних матеріалів та калібрування систем управління.

Для подальшої оптимізації якості повітря в приміщенні можна використовувати додаткові пристрої, такі як автономні очищувачі повітря, осушувачі та сучасні установки для обробки повітря, особливо в середовищах, де природна вентиляція обмежена через щільність забудови, шумове забруднення або екстремальні кліматичні умови на вулиці. Ці пристрої часто використовують фільтрацію HEPA, ультрафіолетове бактерицидне опромінення або сорбційні технології для нейтралізації мікроорганізмів і хімічних забруднювачів. Водночас важливу роль відіграють профілактичні стратегії: вибір будівельних матеріалів з низьким рівнем викидів, нетоксичних оздоблювальних матеріалів для інтер'єру та сертифікованих засобів для прибирання значно зменшує базове забруднення в забудованому середовищі.

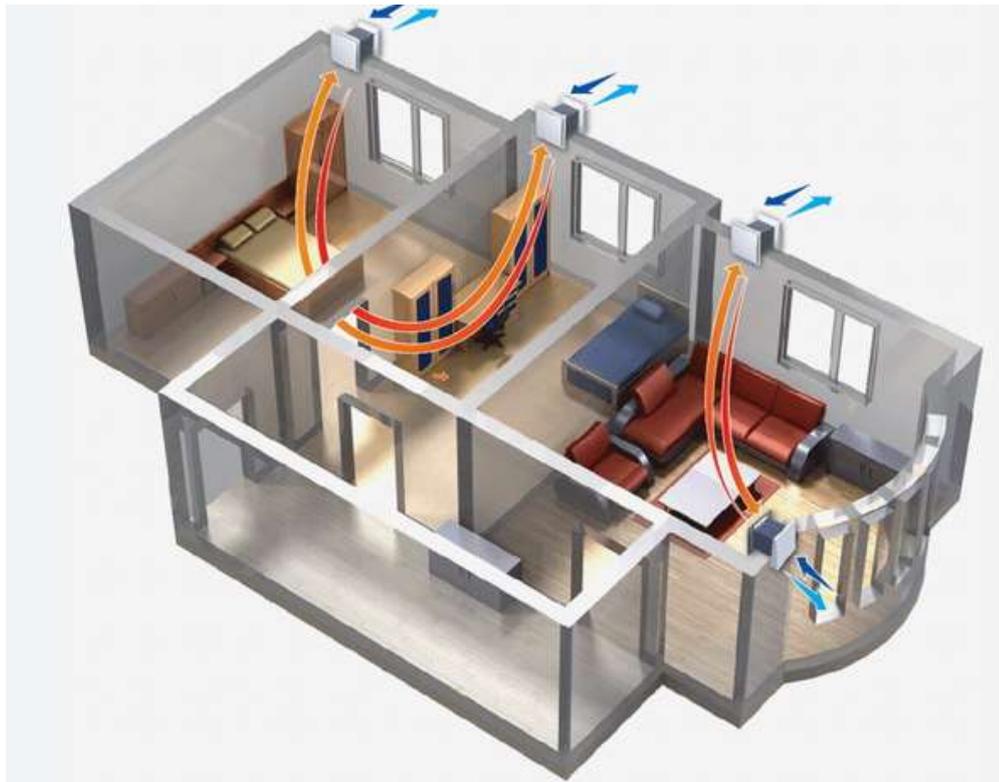


Рис. 2.1 Схема циркуляції повітря в приміщенні

Якість повітря в приміщеннях є критичним фактором, що визначає здоров'я людини, і має найсильніший вплив на вразливі групи населення, такі як люди похилого віку, діти та особи, які страждають на хронічні респіраторні або серцево-судинні захворювання. Ці групи мають підвищену чутливість до забруднюючих речовин у повітрі, що робить їх особливо вразливими до несприятливих наслідків у погано провітрюваних приміщеннях. Всупереч поширеним уявленням, повітря в приміщеннях може бути значно більш забрудненим, ніж повітря на вулиці, навіть у густонаселених міських районах. Численні дослідження показали, що концентрація забруднюючих речовин у приміщенні часто перевищує рівень на відкритому повітрі в п'ять-десять разів, головним чином через недостатню вентиляцію, недостатнє розсіювання забруднюючих речовин та постійне виділення шкідливих речовин з будівельних матеріалів, меблів та повсякденної діяльності людини[1].

Наслідки для здоров'я від неякісного повітря в приміщеннях проявляються як в гострій, так і в хронічній формі. Короткочасне перебування в таких

приміщеннях може негайно погіршити вже існуючі захворювання, а тривале перебування в забруднених приміщеннях, як було доведено, прискорює розвиток абсолютно нових патологічних станів. Особливе занепокоєння викликають дрібні частинки, які можуть обходити природну фільтраційну здатність верхніх дихальних шляхів і проникати глибоко в альвеолярні ділянки легенів. Їх хімічний склад, часто збагачений важкими металами, поліциклічними ароматичними вуглеводнями та вторинними органічними аерозолями, робить їх одними з найнебезпечніших забруднювачів повітря в приміщеннях. Епідеміологічні дослідження послідовно демонструють сильну кореляцію між концентрацією частинок у приміщенні та частотою госпіталізації дітей з астмою, підкреслюючи серйозні наслідки хронічного впливу під час років розвитку.

У середовищах з обмеженим повітрообміном накопичення пилу, алергенів, летких органічних сполук та твердих частинок спричиняє значне навантаження на дихальну та серцево-судинну системи. Дихальні шляхи виявляють найперші ознаки дистресу. Спори цвілі, шерсть домашніх тварин, пилові кліщі та хімічні подразники посилюють алергічні реакції та погіршують перебіг астми, бронхіту та хронічних захворювань легень. Для осіб, у яких вже діагностовано такі захворювання, повторний вплив повітря низької якості викликає загострення, збільшує фармакологічну залежність і вимагає частого медичного втручання. Діти піддаються ще більшому ризику: довготривалі дослідження показують, що тривалий вплив у дитинстві не тільки підвищує частоту гострих респіраторних захворювань, але й робить людей схильними до постійних респіраторних дисфункцій у дорослому віці.

Вплив погіршення якості повітря виходить далеко за межі легеневої системи. Останні біомедичні дані свідчать, що хронічне вдихання наддрібних частинок має системний вплив на здоров'я серцево-судинної системи. Після вдихання частинки здатні переміщатися в кровотік та викликати патофізіологічні реакції. Вони підвищують артеріальний тиск і збільшують навантаження на серце, прискорюючи тим самим прогресування атеросклерозу. Протягом

тривалого часу такі процеси значно підвищують ймовірність інфаркту міокарда, цереброваскулярних аварій та інших серйозних серцево-судинних захворювань, особливо у схильних до цього груп населення. Отже, проблема забруднення повітря в приміщеннях не може бути зведена лише до питання гігієни, а повинна розглядатися як багатогранна загроза здоров'ю людини в багатьох системах органів, що посилюється неефективною вентиляцією.

Останні досягнення в галузі досліджень екологічного здоров'я привернули увагу до неврологічних наслідків тривалого впливу поганої якості повітря в приміщеннях. Підвищені концентрації вуглекислого газу, діоксиду азоту та дрібних твердих частинок у закритих приміщеннях пов'язують із погіршенням пам'яті, зниженням когнітивних функцій та збільшенням частоти нейродегенеративних захворювань, зокрема хвороби Альцгеймера та Паркінсона. Основні механізми пов'язані з кисневим голодуванням нервової тканини та окислювальним стресом, спричиненим реактивними сполуками, які поступово порушують цілісність синапсів та нервову сигналізацію. Ця проблема є особливо гострою для осіб, які проводять тривалий час у закритих приміщеннях, таких як офісні працівники, студенти або мешканці густонаселених житлових комплексів, де недостатня вентиляція посилює накопичення забруднюючих речовин[4].

Масштаб цієї проблеми виходить за межі окремих будівель і стосується глобального здоров'я населення. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, вплив забруднення повітря в приміщеннях щорічно спричиняє понад три мільйони передчасних смертей, що свідчить про його критичну роль як екологічного чинника, що викликає різні захворювання. Джерела забруднення повітря в приміщеннях значно різняться залежно від географічного та соціально-економічного контексту. У регіонах з низьким рівнем доходів використання біомаси, такої як деревина, вугілля або сільськогосподарські відходи, для приготування їжі та опалення спричиняє високий рівень диму та дрібних частинок. У країнах з високим рівнем доходу, де тверде паливо використовується

рідко, проблема виникає в першу чергу через виділення газів з сучасних будівельних матеріалів, викиди від побутових продуктів та недостатньо спроектовані або погано обслуговані системи вентиляції, що дозволяє забруднювачам накопичуватися.

Вирішення проблеми забруднення повітря в приміщеннях вимагає комплексної стратегії, що поєднує технологічні заходи з профілактичними практиками. Центральним елементом цього підходу є впровадження сучасних вентиляційних систем, оснащених високоефективними фільтрами для очищення повітря від частинок або фільтрами, які ефективно зменшують концентрацію вдихуваних частинок та алергенів, забезпечуючи при цьому постійний обмін повітрям. Вентилятори з рекуперацією енергії та системи з регулюванням за потребою надають додаткові переваги, підтримуючи розведення забруднюючих речовин без надмірних втрат енергії. У середовищах, де механічні рішення є недоцільними, перехресна вентиляція через вікна, що відкриваються, у поєднанні з портативними очисниками повітря, що використовують технологію HEPA та активоване вугілля, може частково зменшити накопичення забруднюючих речовин.

Не менш важливим є зменшення джерел викидів у приміщенні. Вибір будівельних матеріалів та меблів з низьким рівнем викидів, обмеження використання споживчих товарів, що виділяють леткі органічні сполуки, та застосування нетоксичних методів очищення значно знижують базовий рівень забруднення. Довгострокове управління якістю повітря також залежить від систематичного обслуговування інфраструктури систем опалення, вентиляції та кондиціонування, включаючи своєчасну заміну фільтрів, очищення повітропроводів та калібрування датчиків, щоб запобігти повторному розподілу забруднюючих речовин. Завдяки поєднанню цих технічних та поведінкових заходів стає можливим не тільки зменшити гострі ризики для здоров'я, але й пом'якшити довгострокові неврологічні та системні наслідки забруднення повітря в приміщеннях.

## РОЗДІЛ 3

# ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

### 3.1 Класифікація систем вентиляції

Еволюція систем вентиляції від стародавніх природних методів до сучасних механічних установок відображає прогресивне розуміння прямого зв'язку між якістю повітря в приміщенні та здоров'ям людини. Ранні цивілізації, включаючи єгиптян, римлян і китайців, покладалися на природні сили або прості механічні пристрої для підтримки повітрообміну, проте основний принцип підтримання достатнього потоку повітря залишався незмінним протягом всієї історії. У контексті сучасного багатоповерхового житлового будівництва вимоги до вентиляції стають дедалі складнішими, що вимагає інтеграції сучасних технологій, здатних забезпечити стабільний, ефективний і контрольований повітрообмін за різних умов навколишнього середовища та заселеності.

У сучасних багатоповерхових будинках використання лише природної вентиляції є недостатнім через зростання міської забудови, підвищені стандарти ізоляції та високу щільність заселеності. Як наслідок, механічні та гібридні системи стали домінуючим рішенням, що забезпечує точне регулювання повітряного потоку, фільтрації, вологості та рекуперації енергії. Механічна припливна та витяжна вентиляція з теплообмінниками вважається найефективнішою конфігурацією для житлових будівель, оскільки вона забезпечує безперервне видалення застоюваного повітря з приміщення та одночасне подавання відфільтрованого зовнішнього повітря з контрольованою швидкістю потоку. Міжнародні стандарти передбачають мінімальну подачу зовнішнього повітря від 8 до 10 літрів на секунду на особу для житлових приміщень, що відповідає підтримці концентрації вуглекислого газу в приміщенні нижче критичного порогу в 1000 ppm. На практиці це означає, що в житлових квартирах швидкість обміну повітря становить від 0,5 до 1,0 обміну на годину, залежно від площі та рівня заселеності[18].

Ефективність механічної системи вентиляції у висотній будівлі залежить не тільки від швидкості повітряного потоку, але й від вибору компонентів. Вентиляційні установки повинні бути оснащені високоефективними вентиляторами з приводами змінної швидкості для регулювання потоку відповідно до потреб мешканців, що дозволяє зменшити як енергоспоживання, так і рівень шуму. Фільтрувальні модулі є необхідними для забезпечення чистоти повітря; в житлових приміщеннях рекомендується використовувати фільтри з мінімальним коефіцієнтом ефективності MERV 13, оскільки вони уловлюють понад 75% частинок розміром від 0,3 до 1 мікрон, а фільтри HEPA можуть використовуватися в приміщеннях з підвищеними вимогами до якості повітря. Для мінімізації втрат енергії критично важливим є використання вентиляторів з рекуперацією тепла. Сучасні теплообмінники, такі як роторні колеса або протипотокові пластинчасті теплообмінники, досягають ефективності рекуперації тепла від 70 до 85 відсотків, тим самим значно знижуючи навантаження на опалення та охолодження. Вентилятори з рекуперацією енергії можуть додатково переносити вологу, допомагаючи підтримувати відносну вологість в оптимальному діапазоні від 40 до 60 відсотків, що зменшує ризик конденсації, росту цвілі та дискомфорту мешканців.

При будівництві багатоповерхових житлових будинків особливу увагу слід приділяти розподільній мережі повітропроводів, шахт і повітрязабірників. Вертикальні стояки інтегруються в конструктивні ядра, що дозволяє розподіляти повітря по декількох поверхах з мінімальною втратою тиску. Система повинна бути спроектована таким чином, щоб підтримувати збалансований тиск, оскільки надлишковий тиск може призвести до неконтрольованого проникнення, а недостатній тиск може спричинити зворотний тяг з кухонь або ванних кімнат. Для забезпечення належної ефективності статичний тиск у житлових повітропроводах повинен становити від 150 до 250 паскалів, а потужність вентиляторів повинна бути відкалібрована для підтримки необхідного об'ємного

поток без створення надмірного шуму, який відповідно до стандартів комфорту будівлі повинен залишатися нижче 30-35 дБ(А) у житлових приміщеннях.

Сучасні системи моніторингу та контролю є незамінними в сучасному проектуванні вентиляції. Інтеграція датчиків CO<sub>2</sub>, датчиків вологості та детекторів летких органічних сполук дозволяє здійснювати вентиляцію з регулюванням за потребою, яка коригує потік повітря в режимі реального часу відповідно до рівня заселеності. Це не тільки гарантує стабільну якість повітря в приміщенні, але й зменшує непотрібне споживання енергії в періоди низького попиту. Крім того, впровадження централізованих систем управління будівлею дозволяє здійснювати постійний контроль параметрів повітряного потоку, стану фільтрів та ефективності рекуперації енергії, надаючи мешканцям та менеджерам об'єктів інструменти на основі даних для підтримання оптимальної роботи[18].

Успішне впровадження таких систем вимагає ретельної координації на етапі будівництва. Відповідний простір для повітропроводів, вентиляційних установок та доступу для технічного обслуговування повинен бути інтегрований в архітектурне та конструктивне планування з найраніших етапів проектування.

Природна вентиляція є найдавнішим і найосновнішим методом забезпечення повітрообміну в приміщенні, який повністю покладається на сили навколишнього середовища, а не на механічну допомогу. Її робота регулюється перепадами тиску, що утворюються під дією сили вітру та температурних градієнтів, які викликають рух повітря між зовнішньою і внутрішньою частинами будівлі. Основний принцип полягає у видаленні застоюваного повітря з приміщення через витяжні отвори та одночасному надходженні свіжого повітря ззовні через входні отвори, такі як вікна, жалюзі або вентиляційні отвори. На відміну від механічних систем, природна вентиляція не має можливості точного регулювання, проте вона залишається важливим орієнтиром в еволюції проектування будівель і продовжує застосовуватися як у житлових, так і в нежитлових приміщеннях за певних кліматичних та архітектурних умов.

Основними рушійними механізмами природної вентиляції є ефект димаря та тиск, спричинений вітром. Ефект димаря виникає, коли температура повітря в приміщенні перевищує температуру зовнішнього середовища, що призводить до підйому теплішого, менш щільного повітря та його виходу через отвори на верхньому рівні. Цей рух вгору створює зону негативного тиску на нижніх рівнях, що, в свою чергу, втягує прохолодніше, щільніше зовнішнє повітря. Ефективність цього процесу зростає із збільшенням різниці температур і вертикальної відстані між точками входу і виходу повітря, що означає, що у вищих будівлях спостерігається сильніший потік повітря, зумовлений плавучістю. На практиці вентиляція, зумовлена ефектом димаря, найбільш виражена в холодну пору року, хоча в таких випадках вона також може спричиняти проблеми, пов'язані з втратою тепла і неконтрольованим охолодженням приміщень, що використовуються.

Тиск вітру є другим фундаментальним механізмом, оскільки на навітряній стороні будівлі утворюються зони підвищеного статичного тиску, а на підвітряній стороні одночасно утворюються зони негативного тиску. Ця різниця тиску сприяє надходженню зовнішнього повітря на навітряну сторону фасаду і виштовхуванню внутрішнього повітря на протилежну сторону. Інтенсивність цього ефекту в значній мірі залежить від швидкості вітру, його напрямку та місцевих потоків повітря, що робить його особливо чутливим до кліматичних умов конкретного місця та міського рельєфу. Аналіз потоків поперечної вентиляції за допомогою обчислювальної гідродинаміки показує, що при помірній швидкості вітру від 2 до 5 метрів на секунду швидкість обміну повітря в приміщенні може варіюватися від 2 до 10 обмінів на годину, але така продуктивність є нестабільною за своєю природою[1].

Архітектурна конфігурація будівлі має вирішальний вплив на ефективність природної вентиляції. Такі фактори, як загальна висота, внутрішнє планування та розміщення отворів, визначають величину та напрямок повітряного потоку. Висотні будівлі мають перевагу завдяки збільшенню сили тяги, тоді як низькі

споруди в основному покладаються на обмін повітря, що забезпечується вітром. Кількість, розмір і орієнтація отворів визначають можливу швидкість вентиляції, а їх конструкція вимагає точних розрахунків, щоб забезпечити проходження повітряних потоків через зони перебування людей, а не в обхід них. Недостатньо розподілені отвори часто призводять до утворення зон застою, що погіршує якість повітря, незважаючи на номінальний обмін повітря в оболонці.

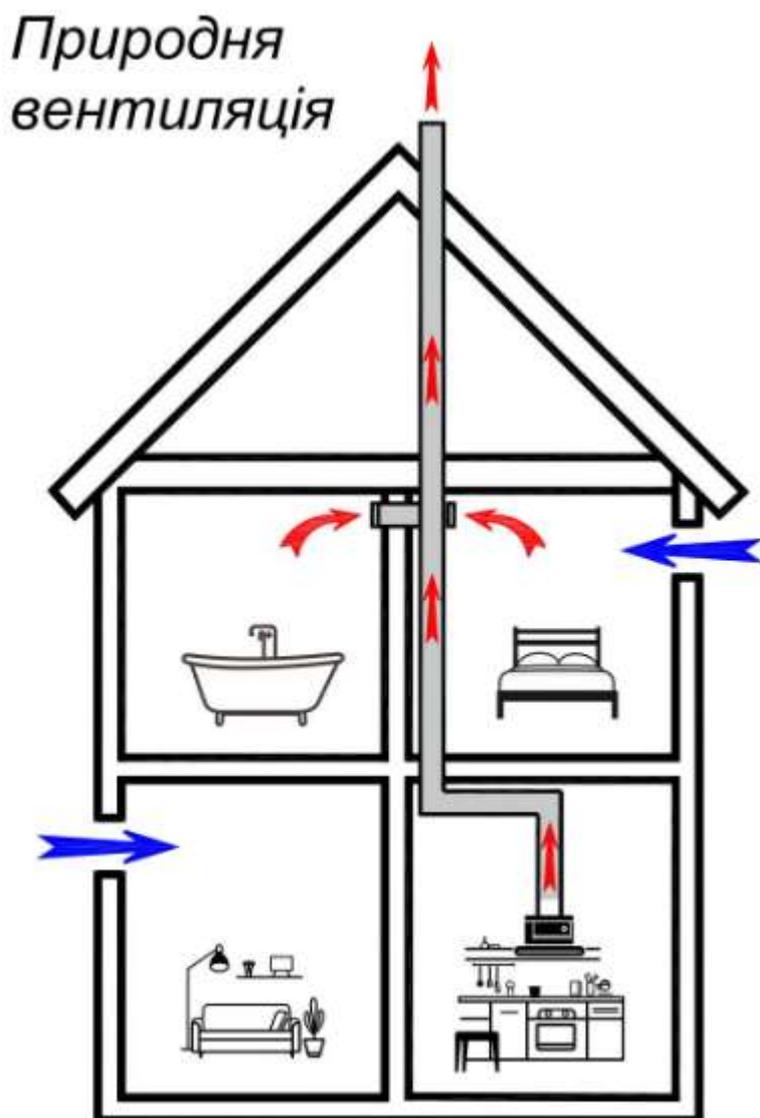


Рис. 3.1 Схема влаштування природної вентиляції

Хоча природна вентиляція має переваги у вигляді низьких експлуатаційних витрат і мінімального технічного обслуговування, її обмеження є значними в контексті сучасних багатоповерхових житлових будівель. Взимку приплив холодного зовнішнього повітря не тільки знижує температуру в приміщенні, але

й зменшує відносну вологість, яка часто опускається нижче комфортного порогоу в 30 відсотків. Таке сухе повітря пов'язане з подразненням шкіри, зневодненням слизових оболонок і підвищеною схильністю до респіраторних інфекцій. І навпаки, влітку неконтрольований приплив повітря може призвести до перегріву та дискомфорту. Більше того, природна вентиляція не забезпечує фільтрації, а це означає, що зовнішні забруднювачі, такі як тверді частинки, пил, оксиди азоту та леткі органічні сполуки, легко проникають у приміщення. Це особливо проблематично в міських умовах, де якість навколишнього повітря часто не відповідає стандартам здоров'я, встановленим Всесвітньою організацією охорони здоров'я.

Мінливість і неконтрольованість природної вентиляції принципово відрізняють її від механічних альтернатив. Хоча вона залишається життєздатною стратегією в м'якому кліматі та в концепціях енергоефективних будівель, де її можна доповнити пасивними заходами проектування, її залежність від зовнішніх метеорологічних умов і нездатність забезпечити постійне видалення забруднюючих речовин істотно обмежують її застосовність у густонаселених міських районах.

Побутові витяжні вентилятори є основним компонентом систем вентиляції житлових приміщень, що служать для підтримки якості повітря в приміщенні, сприяючи видаленню застоюваного повітря з окремих кімнат. У квартирах, обладнаних спеціальними вентиляційними шахтами, ці вентилятори встановлюються безпосередньо в шахті для оптимізації витяжки повітря з вологих або схильних до забруднення приміщень, таких як кухні, ванні кімнати та пральні. У житлових будинках, де немає централізованих вентиляційних шахт, можна використовувати один каналний вентилятор, підключений до мережі повітропроводів, що обслуговують кілька кімнат, забезпечуючи тим самим контрольовану витяжку для приміщень, які не можуть покладатися лише на природний потік повітря[4].

Принцип роботи побутових витяжних вентиляторів базується на створенні негативного тиску в приміщенні, що спричиняє приплив свіжого повітря з вікон, вентиляційних отворів або пасивних повітрязабірників. Цей механізм можна контролювати вручну, налаштувати на безперервну роботу або автоматизувати за допомогою вбудованих датчиків, які реагують на параметри навколишнього середовища, такі як відносна вологість, температура або концентрація летких органічних сполук і вуглекислого газу. Типові витрати повітря для невеликих побутових витяжних вентиляторів становлять від 50 до 150 кубічних метрів на годину для ванних кімнат і від 100 до 300 кубічних метрів на годину для кухонь, а вентилятори з повітроводами більшої потужності забезпечують витрати понад 500 кубічних метрів на годину при обслуговуванні декількох приміщень. Рівень шуму є важливим фактором при проектуванні, і високоякісні моделі працюють з рівнем звукового тиску від 25 до 35 дБ(А), щоб мінімізувати шум, зберігаючи при цьому ефективну витяжку повітря.

Основною функцією цих систем є видалення вологи, запахів і забруднюючих речовин з повітря в приміщеннях. Ефективне видалення вологи є необхідним для запобігання конденсації, росту цвілі та погіршення стану конструкцій, особливо в багатоповерхових житлових будинках, де вологе повітря може накопичуватися в погано провітрюваних приміщеннях. Побутові витяжні вентилятори цінуються за низьке енергоспоживання, економічність та відносно просту установку. Вони вимагають мінімального технічного обслуговування в порівнянні зі складними механічними системами, а для підтримки продуктивності протягом усього терміну експлуатації пристрою достатньо регулярного огляду та чищення робочих коліс і корпусів.

Однак ефективність витяжних систем сильно залежить від наявності достатньої кількості свіжого повітря, що надходить. Без пасивних вхідних отворів або вентиляційних отворів відповідного розміру негативний тиск, створений вентилятором, може бути недостатньо збалансованим, що призведе до зменшення потоку повітря, проникнення повітря через непередбачені щілини

або зворотного тяги. Крім того, стандартні побутові витяжні системи не забезпечують фільтрацію повітря, що надходить.

В результаті зовнішні забруднювачі можуть безперешкодно потрапляти в житлові приміщення. У міських або промислових районах, де зовнішнє повітря може бути сильно забрудненим, використання виключно нефільтрованого повітря може погіршити якість повітря в приміщенні та становити ризик для мешканців, які страждають на астму, алергію або інші респіраторні захворювання. Пасивні вхідні пристрої з базовими фільтрами можуть зменшувати кількість більших частинок, але їх ефективність обмежена: вони видаляють лише 30–50 відсотків дрібних частинок і забезпечують мінімальний захист від газоподібних забруднювачів[18].

Незважаючи на ці обмеження, витяжні вентилятори мають значні експлуатаційні переваги в житлових будівлях. Вони дозволяють локально контролювати вентиляцію, даючи мешканцям можливість регулювати потік повітря в режимі реального часу відповідно до використання приміщення, вологості або кількості людей у приміщенні. Автоматизовані пристрої з датчиками вологості або руху підвищують зручність, динамічно регулюючи витяжку без ручного втручання, одночасно зменшуючи витрати енергії в періоди низького попиту. Проте для багатоповерхових будівель або густо заселених квартир витяжні вентилятори найефективніші, коли вони інтегровані в більш широку стратегію вентиляції, що включає збалансоване подавання повітря і, за необхідності, додаткову фільтрацію, забезпечуючи заміну витягнутих забруднюючих речовин чистим повітрям.

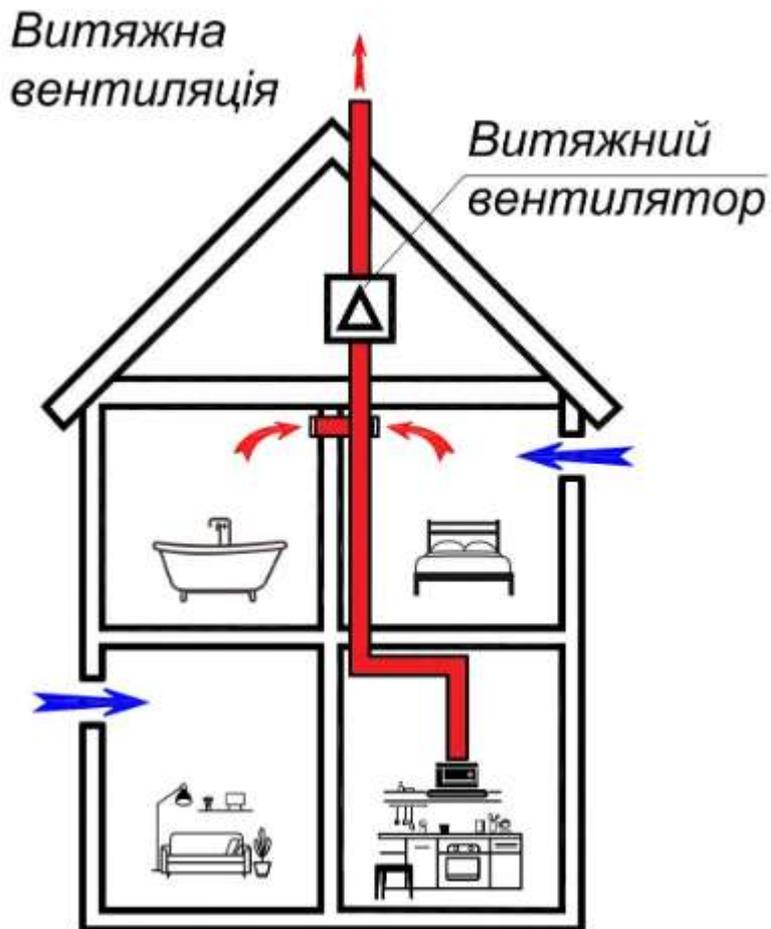


Рис. 3.2 Схеми влаштування витяжної вентиляції

Збалансовані системи припливної та витяжної вентиляції спеціально розроблені для підтримки оптимальної якості повітря в приміщенні шляхом забезпечення рівних обсягів припливного та витяжного повітря, тим самим стабілізуючи тиск у приміщенні та забезпечуючи ефективне видалення забруднень. Ці системи складаються з подвійних мереж повітропроводів, оснащених припливними та витяжними решітками, підключеними до центрального кондиціонера, який обробляє припливне свіже повітря перед розподілом. Блок включає попередні фільтри, вискоєфективні фільтри для очищення повітря від частинок (HEPA) або фільтри середньої ефективності (MERV 8–13), а також нагрівальні та, за необхідності, охолоджувальні котушки, які регулюють температуру та вологість повітря для підтримки теплового комфорту в приміщеннях, що використовуються[18].

Принцип роботи полягає в безперервному витяганні застоюваного повітря з приміщень з високою вологістю або схильних до забруднення, таких як ванні кімнати, кухні та підсобні приміщення, за допомогою спеціальних витяжних вентиляторів, інтегрованих у мережу повітропроводів. Одночасно кондиціоноване свіже повітря подається в житлові приміщення, спальні та загальні зони, де мешканці проводять більшу частину свого часу. Швидкість повітряного потоку розрахована відповідно до нормативних стандартів вентиляції житлових приміщень і забезпечує 0,35–0,5 обміну повітря на годину або об'ємний потік 25–50 літрів на секунду на особу, залежно від заселеності та типу приміщення. Точне регулювання повітряного потоку досягається за допомогою вентиляторів із змінною швидкістю та клапанів, які можуть регулювати об'єм подачі та витяжки повітря у приміщенні в режимі реального часу.

Важливим компонентом цих систем є вбудовані теплообмінники. Теплообмінники уловлюють теплову енергію з вихідного повітря і передають її вхідному свіжому повітрю, зменшуючи навантаження на опалення і значно підвищуючи енергоефективність. Високоєфективні теплообмінники можуть досягати коефіцієнта рекуперації тепла 70–90 відсотків, залежно від типу теплообмінника та балансу повітряного потоку, тим самим зменшуючи енергію необхідну для нагрівання повітря на 83 відсотки. Цей процес не тільки економить енергію, але й стабілізує температуру та вологість у приміщенні, сприяючи комфорту мешканців та зменшуючи ризик утворення конденсату та цвілі.

Збалансовані системи вентиляції додатково вдосконалюються за допомогою сучасних систем фільтрації повітря. Залежно від конструкції, фільтри можуть видаляти частинки розміром до 0,3–1,0 мікрон, а деякі пристрої мають шари активованого вугілля для адсорбції летких органічних сполук та запахів. Інтеграція датчиків вологості, температури та концентрації CO<sub>2</sub> дозволяє автоматично регулювати потік повітря, забезпечуючи підтримку якості повітря в приміщенні в межах заданих меж та мінімізуючи споживання енергії. Таке

адаптивне регулювання є особливо вигідним у багатоповерхових житлових будинках, де кількість мешканців та рівень забруднення можуть значно коливатися[4].

Незважаючи на свої переваги, збалансовані системи припливно-витяжної вентиляції вимагають більш високих початкових капітальних витрат у порівнянні з простішими механічними або пасивними вентиляційними рішеннями через складність таких компонентів, як вентилятори, повітроводи, теплообмінники та фільтрувальні пристрої. Монтаж і введення в експлуатацію вимагають спеціальних інженерних знань для забезпечення належного балансування повітряного потоку, відповідності будівельним нормам і ефективної інтеграції з існуючими системами опалення та охолодження. Експлуатаційні витрати в холодному кліматі також можуть бути значними, якщо рекуперація тепла недостатня або відсутня, хоча інтеграція високоефективних теплообмінників значно зменшує ці витрати. Проте, при правильному проектуванні та обслуговуванні, збалансована система припливно-витяжної вентиляції забезпечує високоефективне, енергоефективне рішення для забезпечення стабільної якості повітря в приміщенні, теплового комфорту та здоров'я мешканців у сучасних багатоповерхових житлових будинках.

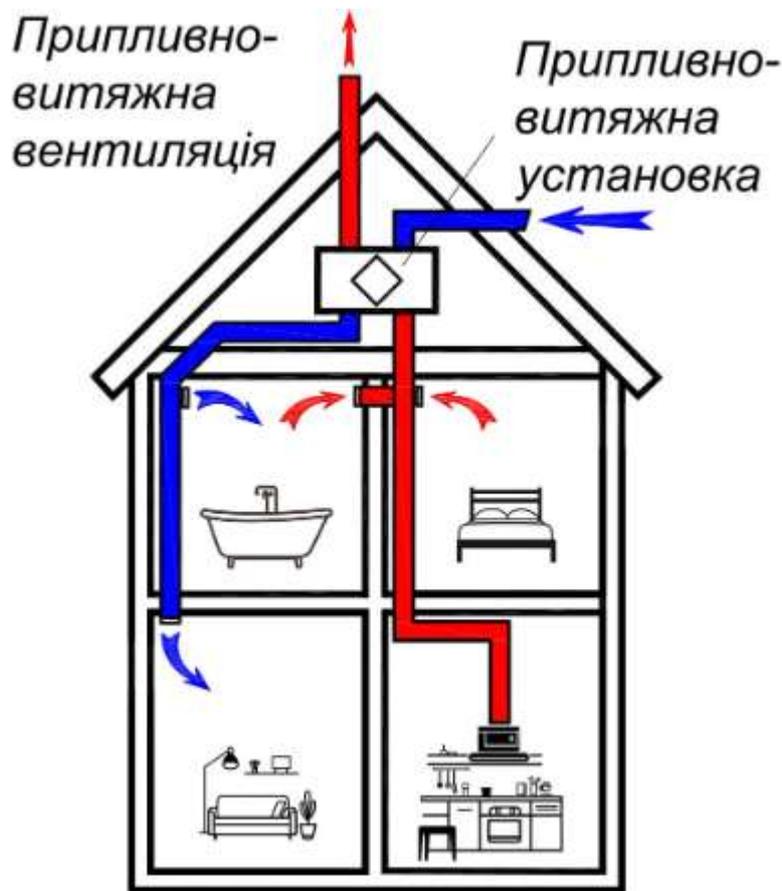


Рис. 3.3 Схема влаштування припливно-витяжної вентиляції

### 3.2 Сучасні системи покращення якості повітря

Концепція очищення повітря в приміщеннях зазнала глибоких змін протягом історії людства. У стародавніх цивілізаціях методи поліпшення якості повітря в приміщеннях були примітивними і базувалися переважно на природних процесах, таких як пасивна вентиляція, горіння або основні методи фільтрації. Ранні суспільства усвідомлювали, що рух повітря та контрольоване використання вогню можуть зменшити накопичення забруднюючих речовин у повітрі, проте ці методи були обмеженими як за ефективністю, так і за обсягом. Частинки в повітрі, дим та біологічні забруднювачі залишалися в основному неконтрольованими, а систематичні стратегії очищення повітря в приміщеннях практично не існували.

Сучасна ера очищення повітря в приміщеннях почала формуватися в середині ХХ століття, що ознаменувало кардинальну зміну як у технологічних

можливостях, так і в наукових знаннях. У цей період були розроблені та широко впроваджені високоефективні фільтри для частинок, що стало значним проривом у технології очищення повітря. Ці фільтри були розроблені для уловлювання значної частини частинок у повітрі за допомогою комбінації механічного перехоплення, дифузії та електростатичного притягання[1].

Високоефективні фільтри для очищення повітря від частинок є важливими елементами вентиляційних систем житлових і невеликих комерційних приміщень, спеціально розробленими для високоефективного видалення з повітря частинок. Фільтри HEPA працюють за принципом механічної фільтрації, використовуючи щільно упаковані скловолокнисті матеріали, розташовані у складній складчастій конфігурації. Така конструкція максимізує площу поверхні, доступну для уловлювання частинок, зберігаючи при цьому ефективність повітряного потоку. Частинки в повітрі видаляються за допомогою перехоплення, інерційного удару та броунівської дифузії — механізмів, які разом забезпечують високу ефективність навіть для частинок найдрібнішого розміру 0,1–0,3 мікрметра.

Сертифіковані фільтри HEPA досягають мінімальної ефективності уловлювання 99,95–99,97% для частинок розміром 0,3 мікрметра, що включає найскладніші для фільтрації розміри частинок. Складчасті фільтруючі матеріали розроблені для підтримки низького початкового перепаду тиску, від 100 до 250 паскалів при стандартній швидкості повітряного потоку в житлових приміщеннях 150–500 кубічних метрів на годину, що забезпечує роботу вентиляторів без надмірного споживання енергії.

Фільтруючий вузол підтримується жорсткою рамою з оцинкованої сталі, алюмінію або високоміцних полімерних композитів, що забезпечує структурну цілісність і запобігає руйнуванню фільтруючого матеріалу під впливом сильного потоку повітря. Важливим компонентом установки є герметичне ущільнення фільтра в корпусі; щілини або витoki можуть призвести до проходження нефільтрованого повітря, що значно знижує ефективність системи.

Технічне обслуговування є необхідним для підтримки високої ефективності фільтрів. Рекомендовані інтервали заміни для побутового використання становлять від 6 до 12 місяців, залежно від якості повітря в приміщенні, часу роботи системи та рівня заселеності. Фільтри, що піддаються високому пиловому навантаженню або міському забрудненню, можуть потребувати більш часті заміни. Забивання або погіршення якості фільтруючого матеріалу збільшує перепад тиску, що може зменшити швидкість повітряного потоку на 10–30%, перевантажити вентилятори та погіршити якість повітря в приміщенні.

У практичному застосуванні HEPA-фільтри вбудовуються в збалансовані вентиляційні системи з централізованими вентиляційними установками або спеціальними модулями подачі та витяжки повітря. Фільтри розміщуються перед житловими приміщеннями, забезпечуючи проходження всього поданого повітря через фільтруючий матеріал. У багатоповерхових житлових будинках модульні HEPA-блоки часто встановлюють на кожному поверсі або в центральних вентиляційних установках для забезпечення рівномірної фільтрації у всіх квартирах. Інтеграція попередніх фільтрів перед блоком HEPA є стандартною практикою, що дозволяє уловлювати більші частинки пилу та волокон, продовжуючи термін експлуатації та підтримуючи стабільну швидкість повітряного потоку.

Незважаючи на вищі початкові витрати порівняно зі стандартними скловолокнистими або синтетичними фільтрами, HEPA-фільтрація забезпечує помітне поліпшення якості повітря в приміщенні, зменшуючи концентрацію частинок на 90–95% у контрольованих середовищах.

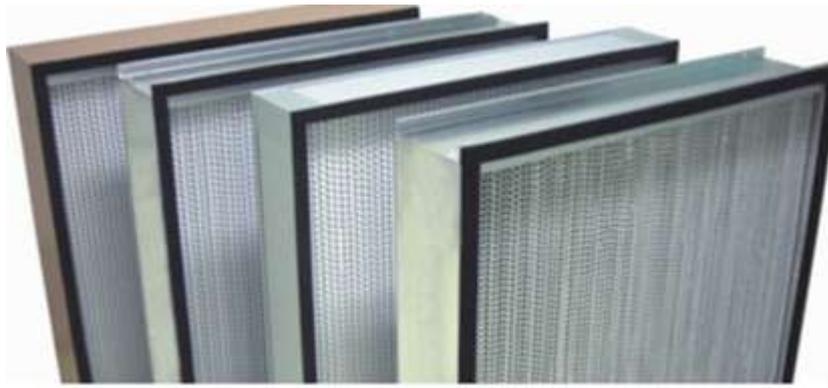


Рис. 3.4 Високоєфективний фільтр для очищення повітря

Бактерицидні лампи належать до класу спеціалізованих джерел ультрафіолетового випромінювання, які використовуються для дезінфекції повітря, поверхонь і води шляхом інактивації патогенних мікроорганізмів. Їх основний механізм дії базується на випромінюванні в УФ - спектрі, що охоплює довжини хвиль від 200 до 280 нанометрів. Найефективніша бактерицидна активність спостерігається в вузькому діапазоні 253,7–265 нанометрів, де коефіцієнт поглинання мікробної ДНК і РНК досягає свого піку. Поглинання фотонів викликає утворення тимінових димерів у нуклеїнових кислотах, порушуючи процеси реплікації та транскрипції, що в кінцевому підсумку робить мікроорганізми нежиттєздатними і нездатними викликати інфекцію.

У системах очищення повітря використовуються два основних типи бактерицидних ламп. Низьконапірні ртутні лампи випромінюють майже монохроматичне випромінювання з довжиною хвилі 253,7 нм, забезпечуючи високий ступінь дезінфекції при відносно низьких енерговитратах. За стандартних умов експлуатації вони досягають до 99,9% інактивації мікробних агентів, коли опромінення відповідає дозі 30–40 мілджоулів на квадратний сантиметр. Однак їх залежність від ртуті ускладнює утилізацію та викликає екологічні проблеми. Сучасною альтернативою є світлодіоди, які працюють у діапазоні 260–280 нм. Ці пристрої мають довший термін експлуатації — до 20 000–30 000 годин, компактну конструкцію, миттєвий запуск на повну потужність та не містять токсичних матеріалів. Хоча їх енергоєфективність наразі нижча, ніж

у ртутних ламп, постійні технологічні вдосконалення швидко скорочують цей розрив.

Інтеграція бактерицидних ламп у вентиляційні системи багатоповерхових житлових будинків здійснюється за допомогою модулів дезінфекції в повітроводах або в системах припливної та витяжної вентиляції. У таких системах повітряний потік постійно піддається впливу бактерицидного випромінювання, що забезпечує дезінфекцію без утворення шкідливих хімічних побічних продуктів. Ефективність цих систем залежить від інтенсивності опромінення, швидкості повітря та часу експозиції. Правильне інженерне проектування забезпечує достатній час перебування повітря в зоні опромінення для ефективної інактивації мікроорганізмів, на що також впливають геометрія повітропроводів та розташування ламп[4].

Під час експлуатації бактерицидних ламп обов'язково дотримуватися суворих стандартів безпеки. Пряме опромінення шкіри або очей людини може призвести до фотокератиту, еритеми або хронічного пошкодження тканин. Тому лампи, що використовуються в системах вентиляції, розміщуються в герметичних повітроводах або оснащуються захисним екраном для запобігання випадковому опроміненню. Крім того, часто встановлюються блокувальні механізми, які автоматично вимикають лампи при відкритті сервісних люків, тим самим мінімізуючи ризики.



Рис. 3.5 Бактерицидна лампа

Фільтри з активованим вугіллям є важливим компонентом систем очищення повітря в приміщеннях, призначених спеціально для усунення газоподібних забруднюючих речовин, запахів і летких органічних сполук. Їхня ефективність базується на унікальних властивостях активованого вугілля, матеріалу, що отримується з органічної сировини, такої як тверда деревина, кокосові шкаралупи або торф. В результаті термічної або хімічної активації вугілля зазнає структурних змін, в результаті яких утворюється розгалужена мережа мікропор і мезопор. Ця пориста матриця забезпечує надзвичайно високу питому поверхню, яка часто перевищує 1000 квадратних метрів на грам, що значно підвищує адсорбційну здатність середовища. Адсорбція, основний механізм видалення забруднюючих речовин, відбувається, коли молекули газів і парів фізично або хімічно зв'язуються з поверхнею вугілля, тим самим зменшуючи їх концентрацію в повітряному потоці, поки сорбент не досягне насичення.

У системах очищення повітря використовуються кілька різних типів фільтрів з активованим вугіллям, кожен з яких призначений для конкретних застосувань. Фільтри з гранульованим активованим вугіллям складаються з нещільно упакованих частинок, що забезпечують ефективну адсорбцію в газовій фазі, і широко використовуються в побутових очисниках. Фільтри з вугільним блоком, що характеризуються більш щільною структурою, забезпечують кращий контакт між повітрям і сорбентом, тим самим підвищуючи ефективність адсорбції та продовжуючи термін експлуатації. Імпрегновані вугільні фільтри хімічно обробляються додатковими речовинами, такими як перманганат калію або фосфорна кислота, що забезпечує селективну адсорбцію кислих газів, аміаку, сполук сірки або інших хімічно активних забруднювачів, які не ефективно уловлюються необробленим вугіллям.

На ефективність фільтрів з активованим вугіллям впливають багато факторів, включаючи структуру пор, розподіл частинок за розміром, вологість повітря, температуру та концентрацію забруднювачів. Висока вологість може

знизити адсорбційну здатність, займаючи активні ділянки молекулами води, а підвищена температура може знизити ефективність адсорбції, посилюючи десорбцію. Тому конструкція фільтрів і робочі параметри повинні ретельно контролюватися в сучасних системах вентиляції житлових приміщень. Для підтримки ефективності фільтрації вугільні фільтри потребують періодичної заміни або регенерації з інтервалами обслуговування від декількох місяців до року, залежно від рівня забруднення повітря в приміщенні, швидкості повітряного потоку та умов навколишнього середовища.

На практиці фільтри з активованим вугіллям рідко використовуються окремо. В інтегрованих системах очищення повітря в житлових приміщеннях вони часто поєднуються з фільтрами HEPA та ультрафіолетовими бактерицидними лампами для забезпечення комплексного видалення як твердих частинок, так і газоподібних забруднювачів.



Рис. 3.6 Фільтр з активованим вугіллям

Для аналізу доцільності використання вдосконаленої системи вентиляції при будівництві багатоповерхового житлового будинку в місті Чернігів виконаємо економічний розрахунок на прикладі гібридної системи очистки повітря. Система вентиляції та очищення повітря, розроблена для стандартної

двокімнатної квартири загальною площею приблизно 50 м<sup>2</sup>, базується на встановленні компактного припливно-витяжного агрегату, оснащеного модулем рекуперації тепла, що працює з продуктивністю 100 м<sup>3</sup>/год. Цей агрегат забезпечує збалансований розподіл повітряних потоків у квартирі, одночасно витягуючи застоєне повітря та подаючи свіже повітря ззовні. Вбудована система рекуперації тепла досягає ефективності до 85%, передаючи теплову енергію від витяжного повітря до вхідного потоку. Ця функція значно знижує витрати на опалення в холодну пору року та покращує загальну енергоефективність будівлі[1].

Розподіл повітря здійснюється через ізольовані гнучкі повітроводи, що з'єднують центральний пристрій з решітками подачі та витяжки повітря, розташованими у вітальнях та вологих приміщеннях квартири. Для підтримки високої якості повітря в приміщенні система оснащена високоефективними фільтрами HEPA, здатними уловлювати до 99,96% частинок розміром до 0,25 мкм. Крім того, в систему входить фільтр з активованим вугіллям для адсорбції газоподібних забруднювачів і видалення неприємних запахів, а бактерицидна ультрафіолетова лампа потужністю 12 Вт нейтралізує мікроорганізми в повітряному потоці. Зовнішній повітрозабірник і витяжка захищені фасадною решіткою, яка запобігає механічним пошкодженням і мінімізує вплив зовнішніх факторів навколишнього середовища.

Загальна вартість обладнання та монтажу, необхідних для повноцінної роботи системи в двокімнатній квартирі, становить 30 754 грн. Сюди входить придбання вентиляційного агрегату, повітропроводів і допоміжних компонентів, фільтрувальних і дезінфекційних модулів, зовнішньої решітки, а також послуги з монтажу та введення в експлуатацію.

Вартість фільтру твердих часток:

544 грн × 2 заміни на рік = 1088 грн.

Вартість вугільних фільтрів:

378 грн × 3 заміни на рік = 1134 грн.

Вартість бактерицидних ламп:

$$1420 \text{ грн} \times 1 \text{ заміна на рік} = 1420 \text{ грн.}$$

Річне споживання енергії:

$$40 \text{ Вт} \times 24 \text{ год} \times 365 \text{ днів} = 350\,400 \text{ Вт}\cdot\text{год} = 350 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Вартість електроенергії:

$$350 \text{ кВт}\cdot\text{год} \times 4,32 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год} = 1512 \text{ грн.}$$

Загальні річні витрати на обслуговування:

$$1088 + 1134 + 1420 + 1512 = 5154 \text{ грн.}$$

Таблиця 3.1 Експлуатаційні витрати

Категорія	Кількість замін / обсяг	Ціна за одиницю	Розрахунок	Сума, грн
Фільтр твердих часток	2 рази на рік	544 грн	$544 \times 2$	1088
Вугільні фільтри	3 рази на рік	378 грн	$378 \times 3$	1134
Бактерицидна лампа	1 раз на рік	1420 грн	$1420 \times 1$	1420
Споживання електроенергії	350 кВт·год на рік	4,32 грн/кВт·год	$350 \times 4,32$	1512
Загалом за рік	-	-	-	5154 грн

Річні експлуатаційні витрати складаються з технічного обслуговування з перевіркою продуктивності, очищення внутрішніх компонентів, заміни НЕРА- та вугільних фільтрів, заміни ультрафіолетової лампи та споживання електроенергії. В середньому, річні витрати становлять 5 154 грн, що забезпечує стабільну ефективність системи та постійну якість повітря в приміщенні[7].

Економічний аналіз показує, що при середній ринковій ціні двокімнатної квартири в місті Чернігів 1 450 000 грн, впровадження цієї системи вентиляції та очищення повітря збільшує вартість нерухомості лише на 2,12%. Цей рівень додаткових витрат є мінімальним у порівнянні з загальними інвестиціями в

житло, тоді як переваги є суттєвими, включаючи поліпшення мікроклімату в приміщенні, зменшення впливу алергенів і бактерій та підвищення комфорту для мешканців. Щорічні витрати на обслуговування становлять лише 0,36% від вартості квартири, що ще раз підтверджує економічну доцільність інтеграції такої системи в житлове будівництво.

### **Висновок**

Проведений аналіз показує, що інтеграція сучасної системи припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла, багатоступеневою фільтрацією та ультрафіолетовою дезінфекцією в стандартну двокімнатну квартиру забезпечує збалансоване рішення між вартістю та продуктивністю. Система забезпечує стабільне постачання чистого, відфільтрованого та попередньо нагрітого свіжого повітря, ефективно видаляючи застояне повітря та підтримуючи оптимальний комфорт у приміщенні. Її конструкція враховує ключові аспекти якості повітря, включаючи усунення твердих частинок, газоподібних забруднювачів, запахів та біологічних забруднювачів, створюючи тим самим більш здорове середовище для проживання.

З економічної точки зору, додаткові витрати в розмірі 30 754 грн збільшують загальну вартість житла лише на 2,12%, що є незначним порівняно з довгостроковими вигодами. Щорічні витрати на обслуговування залишаються на помірному рівні 5154 грн, що становить лише 0,36% від середньої вартості квартири, що робить систему доступною та стійкою. З огляду на високу ринкову ціну житлової нерухомості, така інвестиція не впливає істотно на доступність житла, водночас забезпечуючи суттєве поліпшення охорони здоров'я, енергоефективності та рівня життя.

Отже, застосування цієї системи вентиляції та очищення в житловому будівництві є технічно обґрунтованим та економічно доцільним як стандартна практика для сучасних багатоквартирних будинків.

## РОЗДІЛ 4

### ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

#### 4.1 Ситуаційний план

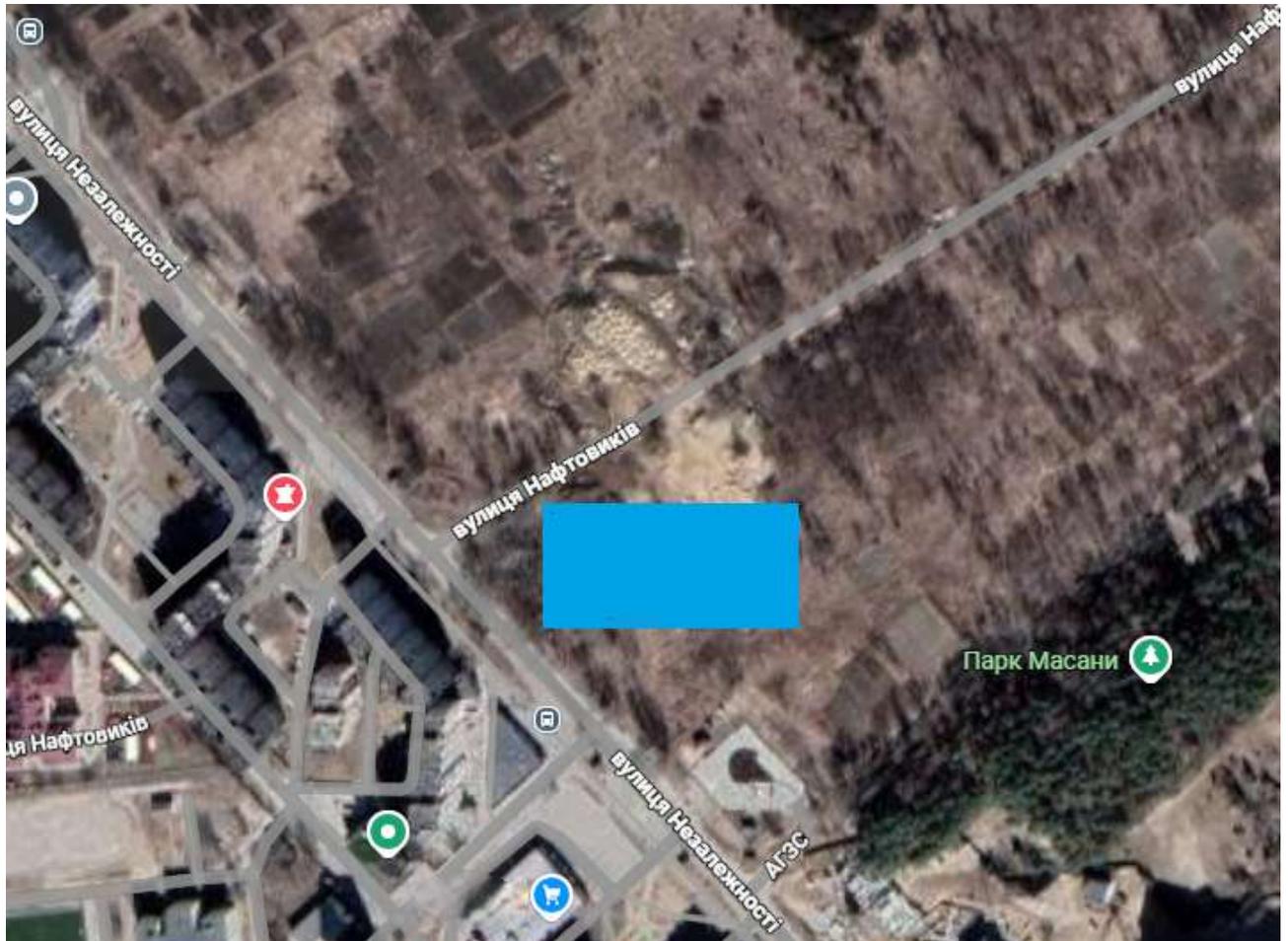


Рис. 4.1 Ситуаційний план

Будівельний майданчик розташовано на перетині вулиць Незалежності та Нафтовиків в місті Чернігів.

#### 4.2 Об'ємно-планувальне рішення

Загальна висота дев'ятиповерхової будівлі становить 31,53 метра, а висота поверху — 2,55 метра, що забезпечує достатній внутрішній простір для житлових приміщень, включаючи підвісні стелі, комунікаційні канали та системи опалення, вентиляції та кондиціонування[3]. Будівля обладнана підвалом, призначеним для побутових і технічних цілей, що забезпечує простір для підсобних приміщень, складських приміщень і систем обслуговування будівлі. Включення підвалу

також дозволяє безпечно розмістити механічне та електричне обладнання, зберігаючи доступність для технічного обслуговування.

Планування будівлі має прямокутну форму, з розмірами по осях 1–14 - 27 900 мм і по осях А–Д 14 400 мм. Таке планування забезпечує компактність і ефективність використання площі, сприяючи чіткому зонуванню житлових, комунікаційних і службових приміщень. Будівля спроектована з одним під'їздом, з однією сходовою кліткою і ліфтовим ядром, що забезпечують вертикальну циркуляцію[15]. На кожному житловому поверсі розташовано чотири квартири.

Таблиця 4.1 Експлікація приміщень

Номер приміщення	Найменування	Площа , м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
1	Спальня	12.64	
2	Кухня	11.33	
3	Ванна кімната	4.28	
4	Спальня	20.18	
5	Кухня	11.33	
6	Ванна кімната	4.28	
7	Зал	15.48	
8	Спальня	13.91	
9	Спальня	12.64	
10	Спальня	17.44	
11	Ванна кімната	4.28	
12	Спальня	10.03	
13	Зал	15.55	
14	Кухня	9.51	
15	Ванна кімната	4.28	
16	Кухня	9.56	
17	Зал	14.34	
18	Спальня	15.55	

## 4.3 Архітектурно-конструктивне рішення

### Фундамент

Фундаментна система житлового будинку спроектована як пальова, що забезпечує надійну передачу вертикальних і бічних навантажень від надбудови на нижні шари ґрунту. Будівля спирається на буронабивні залізобетонні палі діаметром 300 мм, забиті в міцні шари ґрунту під шарами лесу та чорнозему, що знаходяться на будівельному майданчику. Палі армовані високоміцними сталевими каркасами, що складаються з поздовжніх стрижнів діаметром 18–20 мм і поперечних стяжок з кроком 200 мм, що забезпечує достатню опірність згину і зсуву під комбінованим впливом осьових і поперечних навантажень. Палі розраховані на постійні конструктивні навантаження і змінні навантаження, забезпечуючи стійкість до диференційної осідання і рівномірну опору надбудови[13].

Монолітний ростверк, з'єднує вершини бурових паль, утворюючи суцільну конструкцію шириною 700 мм. Його виконано з бетону класу С25/30, з армуванням, розрахованим на опір згинним моментам, зсувним силам і крученню.

Стіни підвалу також виконані з монолітного залізобетону, що забезпечує як структурну стабільність, так і огороження підземного простору. Ці стіни армовані вертикальними і горизонтальними сталевими стрижнями, утворюючи просторову арматурну клітку, призначену для протистояння бічному тиску ґрунту і гідростатичним навантаженням від вологості ґрунту[2].

Зовнішні поверхні стін підвалу та ростверку оброблені бітумним гідроізоляційним шаром, що створює суцільний бар'єр проти проникнення ґрунтових вод. Для подальшого поліпшення теплових характеристик і зменшення тепловтрат зовнішні поверхні утеплені екструдованими полістирольними плитами товщиною 100 мм, механічно закріпленими і приклеєними до бетонної основи.

Викопування фундаменту і підвалу виконується до проектної глибини, з ретельним ущільненням дна траншеї для забезпечення рівномірної несучої здатності. Під ростверк укладається вирівнювальний шар піску товщиною 150-200 мм для розподілу навантажень і запобігання прямому контакту між бетоном і активними шарами ґрунту. Бетон укладається безперервними шарами за допомогою насосів, встановлених на вантажівках, і ущільнюється для забезпечення монолітності та усунення порожнин.

Деталі дренажу та гідроізоляції інтегровані в проект. Вбудовані анкерні пластини та сталеві дюбелі заливаються в фундаментну плиту та стіни підвалу, щоб забезпечити надійне кріплення сходових клітин та інженерного обладнання.

### **Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки**

Стіни житлового будинку виконані з цегляної кладки, що забезпечує як вертикальну передачу навантаження від надбудови, так і бічну стійкість всієї конструкції. Зовнішні несучі стіни побудовані з суцільних глиняних цеглин загальною товщиною 640 мм, що забезпечує достатню міцність на стиск, теплостійкість і звукоізоляцію. Цегляні блоки укладаються на цементно-вапняному розчині, з типовою товщиною швів 10-12 мм, що забезпечує надійне зчеплення і рівномірний розподіл навантаження по висоті стіни. Велика товщина стін сприяє структурній стійкості дев'ятиповерхового будинку, підтримує перекриття і навантаження даху, а також забезпечує ефективну теплоізоляцію, що відповідає вимогам енергоефективності для житлових будинків[10].

Внутрішні перегородки побудовані з цегли товщиною 120 мм і 250 мм, залежно від функціонального зонування та акустичних вимог. Більш тонкі перегородки товщиною 120 мм використовуються в основному для розділення коридорів або між кімнатами, де достатньо мінімального навантаження та акустичного розділення, тоді як більш товсті перегородки товщиною 250 мм застосовуються між квартирами або в зонах, що вимагають підвищеної звукоізоляції та протипожежного розділення. Внутрішня кладка також

виконується цементно-вапняним розчином, з ретельним вирівнюванням для забезпечення вертикальності та рівності поверхонь, придатних для подальшої обробки.

Цегляні стіни інтегровані з залізобетонними плитами перекриття та сходовими клітками за допомогою вбудованих анкерних елементів, що забезпечує безперервність передачі навантаження та стабільність як під вертикальними, так і під бічними навантаженнями. Прорізи для вікон та дверей посилені перемичками з залізобетону для безпечного розподілу навантаження над прорізами[5].

### **Сходи та ліфт**

Вертикальна система циркуляції житлового будинку організована за допомогою сходової клітини та ліфту, що забезпечує безпечне та ефективне переміщення між поверхами для всіх мешканців.

Будівля обладнана одним пасажирським ліфтом розрахованим на стандартне житлове використання з місткістю кабіни 630–800 кг, що відповідає 8–10 пасажиром. Шахта має внутрішню ширину 1600 мм і глибину 1500 мм. У стіни шахти вбудовані сталеві пластини та анкерні стрижні для кріплення напрямних ліфта, дверей на поверхах та компонентів механізмів. Ліфтова система оснащена частотно-регульованим приводом для плавного прискорення та енергоефективної роботи.

Сходи спроектовані як збірна залізобетонна система. Кожен проліт складається з 16 сходинок з шириною сходинки 300 мм і висотою підсходинки 160 мм, що забезпечує ергономічні розміри для комфортного використання. Сходинки кріпляться до стін сходової клітки за допомогою вбудованих дюбелів і цементних з'єднань, що забезпечує монолітність конструкції під динамічним навантаженням від пішоходів. Поручні та балюстради виготовлені з порошкового покриття сталі діаметром 40 мм, що забезпечує як довговічність, так і безпеку[12].

## **Перекриття та покрівля**

Перекриття будівлі виконане з пустотних плит товщиною 220 мм та шириною 1,2 та 1,5 метрів. Покрівельна система будинку виконана у вигляді традиційного плоского даху. На плиту встановлюються жорсткі теплоізоляційні плити з екструдованого полістиролу товщиною 150 мм, що забезпечують низьку теплопровідність. Ізоляційні плити розташовані в шаховому порядку, щоб мінімізувати теплові мости і механічно закріплені[14].

На ізоляцію наноситься цементно-піщана вирівнювальна стяжка, армована зварною дротяною сіткою розміром  $100 \times 100$  мм і діаметром 4 мм, щоб утворити поверхню, здатну витримувати навантаження під час технічного обслуговування. Стяжка виконується під кутом в 1,5 градуси для стікання дощової води.

Потім дах покривається бітумними рулонними матеріалами, укладеними у два шари загальною товщиною 8–10 мм. Листи перекриваються на 100–150 мм на стиках і обробляються захисною мінеральною гранульованою поверхнею. Водостоки розташовані в технічних нішах будівлі. Решітки на вхідних отворах водостоків запобігають засміченню та інтегруються з гідроізоляційними шарами[6].

## **Зовнішнє та внутрішнє опорядження**

Фасад житлового будинку спроектований як суцільна зовнішня оболонка, що забезпечує як теплові характеристики, так і естетичну привабливість. Зовнішні несучі цегляні стіни теплоізовані 100-міліметровим шаром екструдованого полістиролу, який забезпечує низьку теплопровідність і значно зменшує тепловтрати через оболонку будівлі. Ізоляційні плити механічно закріплені і приклеєні до поверхні цегляної кладки, з чергуванням швів для мінімізації теплових мостів і підтримки рівномірного теплового опору по всій фасаді[19].

Зовнішня поверхня утеплених стін оброблена фарбою, нанесеною на базовий ґрунт, що створює суцільний, стійкий до атмосферних впливів шар. Покриття забезпечує захист від проникнення вологи, ультрафіолетового

випромінювання та атмосферних забруднювачів, одночасно забезпечуючи паропроникність для запобігання накопиченню вологи всередині конструкції стіни. Фасад оброблений у нейтральній кольоровій гамі, що підкреслює архітектурний ритм вертикальних і горизонтальних елементів будівлі, одночасно сприяючи візуальній гармонії з навколишнім міським середовищем[11].

Внутрішнє оздоблення дев'ятиповерхового житлового будинку виконано з акцентом на довговічність, функціональність та комфорт для мешканців. Підлоги у загальних приміщеннях та ванних оздоблені полірованою керамічною плиткою товщиною 12 мм та еластичним вініловим покриттям у вітальнях та спальнях, обраним за зносостійкість, легкість у догляді та ударостійкість[9]. Стіни оброблені цементно-вапняною штукатуркою та оздоблені високоякісною інтер'єрною фарбою; у ванних кімнатах та вологих приміщеннях стіни облицьовані керамічною плиткою, з епоксидними швами для запобігання проникненню вологи[8]. Стелі — підвісні гіпсокартонні системи, що дозволяють інтегрувати світлодіодне освітлення, детектори диму та доступ до прихованих інженерних мереж[16].

Будівля обладнана системою припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла. Система забезпечує збалансований повітрообмін, передає до 85% тепла від витяжного повітря до припливного і включає фільтри HEPA та активоване вугілля, а також 12-ватну УФ-лампу для очищення повітря. Повітря розподіляється через ізольовані гнучкі повітроводи до припливних і витяжних решіток у вітальнях і вологих приміщеннях, а фасадні решітки захищають зовнішні повітрозабірники та витяжки[17].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ананьєв В. Системи вентиляції і кондиціонування. Теорія і практика. – Харків : Балка-Бук, 2020. – 264 с.
2. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009 [Чинний від 2011-01-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 45 с. (Національні стандарти України).
3. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
4. Вентилювання приміщень : навч. посіб. / С.С. Жуковський, О.Т. Возняк, О.М. Довбуш, З.С. Люльчак. – Київ : КНЕУ, 2018. – 312 с.
5. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 23 с.
6. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-75:2013. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. – 38 с. (Національні стандарти України).
7. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2021. – 44–46 с. (Національні стандарти України).
8. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2021. – 52 с.
9. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2021. – 47 с.
10. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. – 13–16 с. (Національні стандарти України).

11. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. – 44–46 с. (Національні стандарти України).

12. Охорона праці і промислова безпека в будівництві: ДБН А.3.2-2-2009 [Чинний від 2012-04-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. – 53–54 с. (Національні стандарти України).

13. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. – 56 с.

14. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. – 72 с.

15. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7-2016 [Чинний від 2017-06-01]. – Київ : Держбуд України, 2017. – 84 с. (Національні стандарти України).

16. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).

17. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2014 [Чинний від 2014-10-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. – 10 с. (Національні стандарти України).

18. Савін В., Кіріченко П. Рекуператори як шлях підвищення ефективності систем механічної вентиляції в питанні енергозбереження будинків / В. Савін, П. Кіріченко // Журнал енергозбереження та будівництва. – 2023. – Т. 21, № 1. – С. 45–58.

19. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).