

БІЛИК АРТЕМ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0009-0007-4792-0858>e-mail: artembil2006@gmail.com**ГУМЕНЮК РОМАН**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0009-0007-8567-8695>e-mail: roma.gumenyuk1@gmail.com

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ В ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ

У статті проведено комплексний аналіз ефективності застосування сучасних систем вентиляції у житлових приміщеннях. Актуальність дослідження зумовлена підвищеними вимогами до якості повітря, енергозбереження та комфорту в умовах урбанізованого середовища й енергодефіциту. Розглянуто основні типи вентиляційних систем — природну, механічну, припливно-витяжну з рекуперацією тепла, а також інтелектуальні автоматизовані системи, що реагують на зміну параметрів мікроклімату в режимі реального часу.

Впливу вентиляції на показники вологості, температури, концентрації CO₂ та наявності шкідливих домішок у повітрі житлових приміщень було приділено особливу увагу. Наведено методику оцінки енергоефективності вентиляційних систем із урахуванням витрат на встановлення, експлуатацію та енергоспоживання. Визначено економічну доцільність застосування систем з рекуперацією тепла, що дозволяють значно знизити теплові втрати в опалювальний період. Порівняльний аналіз систем вентиляції виконано з урахуванням їхньої здатності забезпечувати нормативні показники мікроклімату згідно з державними будівельними нормами (ДБН).

Результати дослідження підтверджують, що впровадження сучасних енергоефективних вентиляційних рішень у житловому будівництві сприяє підвищенню якості життя мешканців, зниженню витрат на енергоресурси та збереженню довкілля. Отримані висновки можуть бути корисними для фахівців у галузі проектування інженерних систем, будівництва та енергоаудиту.

Ключові слова: вентиляційні системи, енергозбереження, рекуперація тепла, CO₂, вентиляція житлових приміщень.

BILYK ARTEM, GYMENYUK ROMAN

Khmelnitskyi National University

EFFICIENCY OF USING MODERN VENTILATION SYSTEMS IN RESIDENTIAL PREMISES

The article provides a comprehensive analysis of the effectiveness of modern ventilation systems in residential premises. The relevance of the study is due to increased requirements for air quality, energy conservation and comfort in urban environments and energy shortages. The main types of ventilation systems are considered - natural, mechanical, supply and exhaust with heat recovery, as well as intelligent automated systems that respond to changes in microclimate parameters in real time.

Special attention is paid to the impact of ventilation on critical indoor air quality parameters, including humidity regulation, temperature stabilization, carbon dioxide (CO₂) concentration control, and the effective removal of harmful airborne pollutants such as volatile organic compounds (VOCs), dust particles, and microbial contaminants. The study highlights the role of properly designed ventilation systems in preventing the accumulation of moisture, which can lead to mold growth and structural damage, as well as in reducing the risk of respiratory diseases and allergic reactions among residents.

The article presents a detailed methodology for evaluating the energy efficiency of different types of ventilation systems. This includes a comprehensive assessment of capital investment for system installation, ongoing maintenance costs, electricity consumption for air movement and control, and potential energy savings achieved through heat recovery.

The results of the study confirm that the implementation of modern energy-efficient ventilation solutions in residential construction contributes to improving the quality of life, reducing energy costs, and protecting the environment. The findings may be useful for professionals in the fields of engineering design, construction, and energy auditing.

Keywords: ventilation systems, energy saving, heat recovery, CO₂, ventilation of residential premises.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Одним із ключових чинників, що визначає комфорт, здоров'я мешканців і енергоефективність будівлі в цілому є забезпечення належного рівня повітрообміну в житлових приміщеннях. У процесі термомодернізації будівель часто використовують герметичні вікна, утеплені фасади та інші технології, які у свою чергу, обмежують природну вентиляцію. Це призводить до накопичення вуглекислого газу, надлишкової вологості, появи цвілі, а також погіршення загального мікроклімату в приміщеннях.

Слід звернути увагу на те, що традиційні вентиляційні рішення (наприклад, витяжки або квартирки) не забезпечують достатнього обсягу повітрообміну і не відповідають сучасним вимогам до енергоефективності. У той же час, сучасні вентиляційні системи з рекуперацією тепла, автоматичним регулюванням витрат повітря та сенсорною адаптацією до умов приміщення, дозволяють значно знизити тепловтрати та енергоспоживання.

Однак впровадження таких систем пов'язане зі значними початковими інвестиціями, а ефективність їх використання залежить від багатьох факторів: площі приміщень, кількості мешканців, кліматичних умов, якості монтажу та налаштування систем. Таким чином, необхідним є проведення комплексного аналізу техніко-економічної доцільності використання сучасних вентиляційних систем саме в житлових приміщеннях, а також розробки методик оцінки ефективності цих рішень [1, С. 117].

Дослідження ефективності функціонування сучасних систем вентиляції у житловому секторі, визначення їх переваг та недоліків, обґрунтування економічної доцільності впровадження, визначення підходів до оптимального проектування та вибір системи з урахуванням умов експлуатації є важливим завданням наразі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження науковців Зейкана Я.П. [1], Шевченка С.В. та Ковальчука О.А. [2], Боровика І.В. та Сулими І.В. [3], Панасенка Ю.О. та Федоренка О.М. [4], Дорошенка В.А. і Коваленка В.М. [5], Гончарука В.І. [6], а також Іванова О.С. і Коваленка Т.В. [7] спрямовані на всебічне вивчення сучасних підходів до проектування, експлуатації та оптимізації вентиляційних систем у житлових будівлях. Дані автори приділили увагу не лише технологічним аспектам, а й економічній доцільності використання систем з рекуперацією тепла, що у свою чергу дозволить знизити енергоспоживання та витрати на опалення.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Незважаючи на велику кількість досліджень, присвячених проектуванню та впровадженню вентиляційних систем, низка важливих аспектів залишається недостатньо висвітленою. Зокрема, недостатньо розроблені уніфіковані підходи до порівняння ефективності різних типів систем вентиляції (природної, механічної, з рекуперацією тепла) саме у контексті житлових приміщень з різними архітектурними та кліматичними характеристиками.

Не до кінця вирішеними залишаються питання адаптації систем до реальних умов експлуатації — змінної кількості мешканців, сезонності, забрудненості зовнішнього повітря. Немає загальновизнаної методики оцінювання економічної доцільності впровадження вентиляційного обладнання в умовах типового житлового будівництва, особливо в малоповерховому секторі.

Також потребує подальшого дослідження вплив сучасних вентиляційних систем на довгострокові показники енергоефективності будівлі, здоров'я мешканців, зменшення рівня вологості, CO₂ та алергенів у повітрі.

Отже, існує потреба у цілісному, міждисциплінарному підході до вивчення технічних, гігієнічних та економічних аспектів використання сучасних вентиляційних систем у житлових умовах.

Формулювання цілей статті

Метою статті є аналіз ефективності сучасних вентиляційних систем у житлових приміщеннях з точки зору енергозбереження, якості повітря та комфортних умов для мешканців. Дослідити типи сучасних вентиляційних систем, їх переваги та обмеження, зокрема природну, механічну, припливно-витяжну вентиляцію та системи з рекуперацією тепла.

Виклад основного матеріалу

Зазвичай у закритих та енергоефективних приміщеннях, де знижена інтенсивність повітрообміну, спостерігається накопичення вуглекислого газу, пилу та інших забруднювачів, що негативно впливає на здоров'я мешканців. Низька якість повітря може призводити до виникнення різних захворювань, таких як алергії, респіраторні захворювання, а також загального погіршення самопочуття.

Згідно з сучасними вимогами енергоефективності, будівельні норми та технології спрямовані на мінімізацію енергетичних витрат, що включає ущільнення приміщень та зменшення вентиляційних витрат. Проте такий підхід потребує сучасних вентиляційних систем, здатних забезпечити оптимальні умови для обміну повітря без значних втрат енергії. Це також включає використання систем рекуперації тепла, які дозволяють мінімізувати витрати енергії на опалення та охолодження при підтримці необхідної якості повітря.

Нормативна база в Україні, така як ДБН В.2.2-15-2005 та ДСанПіН 2.2.4-171-10, визначає вимоги до якості повітря та вентиляції в будівлях. Відповідно до цих стандартів, вентиляційні системи повинні забезпечувати оптимальні параметри повітряного середовища, зокрема рівні CO₂, вологість, температуру та відсутність шкідливих домішок. Дані норми є необхідними для забезпечення комфортного і здорового середовища мешканців житлових приміщень [2, С. 117].

Сучасні вентиляційні системи можна класифікувати на кілька типів, залежно від способу забезпечення повітрообміну та функцій, які вони виконують.

Найбільш традиційною та економічною системою, що забезпечує обмін повітря за рахунок природних факторів, таких як температура, вітер та конвекція є природна вентиляція. Вона передбачає наявність вентиляційних отворів (вікон, вентиляційних решіток, витяжних каналів) та використанні різниці температур і тиску для створення потоку повітря. Однак цей метод має обмеження, оскільки він залежить від зовнішніх умов і не завжди здатен забезпечити оптимальний рівень повітрообміну, особливо в герметичних будівлях з низьким рівнем теплообміну. Природна вентиляція також може не забезпечувати необхідний рівень фільтрації повітря або ефективного контролю за концентрацією CO₂.

Більш ефективною вважається примусова вентиляція, або механічна, оскільки використовує вентилятори для забезпечення активного руху повітря в будівлі. Виділяють декілька видів: припливно-витяжна, витяжна та припливна вентиляція. У припливно-витяжній системі повітря постійно подається в приміщення (приплив) і одночасно відводиться (витяжка), що забезпечує стабільний рівень повітрообміну та підтримує необхідний мікроклімат. Дані системи найчастіше використовуються в житлових та комерційних будівлях, де необхідно забезпечити контроль за якістю повітря та енергоефективністю. В свою чергу, примусова вентиляція дозволяє регулювати обсяг повітря, що подається, що важливо для дотримання норм та стандартів якості повітря в приміщеннях [3, С. 87].

Системи з рекуперацією тепла є одними з найбільш енергоефективних варіантів вентиляції, оскільки вони дозволяють мінімізувати теплові втрати. Рекуперація тепла полягає в обміні теплом між витяжним і припливним повітрям, що дає можливість заощаджувати енергію на обігріванні або охолодженні приміщень. Це досягається за допомогою теплообмінників, які передають тепло від теплого витяжного повітря до холодного припливного, знижуючи навантаження на систему опалення чи кондиціонування. Такі системи ідеально підходять для будівель з високими вимогами до енергоефективності та в умовах, коли важливе мінімізація витрат енергії.

Найбільш прогресивним варіантом є інтелектуальні системи вентиляції, що характеризується автоматичним регулювання в залежності від параметрів повітря, таких як рівень CO₂, вологість, температура та присутність людей у приміщенні. За допомогою датчиків та систем автоматичного управління ці системи можуть точно визначати, коли і скільки повітря необхідно подавати в приміщення, а також коли його потрібно витягувати, що дозволяє значно заощаджувати енергію. Вони здатні оптимізувати рівень вентиляції, забезпечуючи комфорт і зменшуючи енергетичні витрати. Такі системи можуть бути інтегровані в розумні будинки, забезпечуючи максимальний комфорт та зручність для мешканців. Вони також мають можливість автоматичного налаштування в залежності від зовнішніх і внутрішніх умов, що є важливим для підтримання здорового мікроклімату в житлових та робочих приміщеннях [4, С. 56].

Вибір оптимальної вентиляції залежить від конкретних умов експлуатації, енергетичних вимог і фінансових можливостей власників будівель, так як кожна з цих систем має свої переваги та обмеження.

Оцінка ефективності вентиляції в житлових приміщеннях є важливим аспектом для підтримання комфортних умов для мешканців та зниження витрат енергії. Одна з основних задач вентиляційної системи — забезпечення оптимальної якості повітря, що включає рівень CO₂, вологість, температуру, концентрацію пилу та інших шкідливих летючих органічних сполук (VOC).

Для визначення ефективності повітрообміну в приміщенні використовуються різні формули, за допомогою яких можна оцінити, чи відповідає вентиляційна система встановленим стандартам якості повітря. Формула для розрахунку концентрації CO₂ в приміщенні виглядає так:

$$C(t) = C_0 + \frac{G}{Q} \cdot \left(1 - e^{-\frac{Q}{V}t}\right) \quad (1)$$

де:

$C(t)$ — концентрація CO₂ у приміщенні в момент часу t ,
 C_0 — початкова концентрація CO₂ (зовнішнє повітря),
 G — інтенсивність виділення CO₂ (м³/год),
 Q — витрата вентиляційного повітря (м³/год),
 V — об'єм приміщення (м³).

Ця формула дозволяє розрахувати концентрацію CO₂ в приміщенні на основі кількості припливного та витяжного повітря, а також витрат CO₂ внаслідок діяльності людей. Важливим аспектом є контроль за рівнем CO₂, оскільки його висока концентрація може призвести до погіршення самопочуття мешканців і зменшення продуктивності.

Для оцінки енергоефективності вентиляційних систем важливими є показники витрат енергії на забезпечення необхідного рівня повітрообміну. Формули для розрахунку витрат енергії на вентиляцію враховують не лише енергію, що витрачається на роботу вентиляторів, але й енергетичні витрати, пов'язані з нагрівом або охолодженням повітря. При цьому особливу увагу варто приділяти системам з рекуперацією тепла, оскільки вони здатні значно знижувати витрати енергії. Теплообмінники, що застосовуються в таких системах, дозволяють зберігати тепло з витяжного повітря та передавати його припливному, що дозволяє значно знижувати навантаження на систему опалення чи охолодження.

Приклад розрахунку енергетичних витрат для вентиляційної системи з рекуперацією тепла може виглядати таким чином:

$$E = \frac{Q \cdot \Delta T \cdot C_p}{\eta} \quad (2)$$

де:

E — енергетичні витрати (кВт·год),
 Q — витрата повітря (м³/год),
 ΔT — різниця температур між припливним і витяжним повітрям (°C),
 C_p — питома теплоємність повітря (кВт·ч/°C),
 η — ефективність теплообмінника.

Ця формула дозволяє визначити, скільки енергії потрібно для підтримання температурного режиму в приміщенні за допомогою вентиляції з рекуперацією тепла. Вона дозволяє зрозуміти, наскільки ефективною система знижує енергетичні витрати, порівняно з традиційними вентиляційними системами.

Порівняння різних систем вентиляції за витратами енергії та результативністю дозволяє визначити оптимальне рішення для конкретного типу будівлі. Наприклад, природна вентиляція має мінімальні енергетичні витрати, але її ефективність залежить від зовнішніх умов. Примусова вентиляція з рекуперацією тепла забезпечує найкращу енергоефективність завдяки збереженню тепла, хоча вона має вищі початкові витрати на обладнання та монтаж. Інтелектуальні системи вентиляції, що автоматично регулюють повітрообмін, дозволяють зменшити енергоспоживання, адаптуючи вентиляцію до реальних потреб приміщення, але вони потребують значних інвестицій у технології та обслуговування [5, С. 178].

Таким чином, ефективність вентиляційних систем безпосередньо залежить від рівня їх енергоефективності, здатності забезпечити необхідні умови мікроклімату та від можливості знизити витрати на енергоспоживання, що має важливе значення як для комфорту мешканців, так і для зменшення впливу на навколишнє середовище.

На сьогоднішній день для будь-якого будівельного або господарського проекту важливим аспектом є економічна доцільність застосування сучасних вентиляційних систем. Врахування вартості обладнання, монтажу та експлуатації допомагає визначити, чи доцільно застосовувати певну вентиляційну систему з фінансової точки зору.

Вартість обладнання є основним компонентом початкових витрат. В залежності від типу (природна, механічна, з рекуперацією тепла), складності монтажу та технологічних характеристик сучасні вентиляційні системи можуть мати різні цінові категорії. Системи з рекуперацією тепла зазвичай дорожчі через використання додаткових компонентів, таких як теплообмінники або теплоаккумулятори. Механічні системи з автоматизованим управлінням (наприклад, інтелектуальні системи, що регулюють повітрообмін за рівнем CO₂ або вологості) також мають вищі стартові витрати через необхідність інтеграції з іншими системами будівлі.

Монтаж системи вентиляції може потребувати значних витрат, особливо для механічних і інтелектуальних систем, оскільки це вимагає кваліфікованого персоналу і часу на встановлення спеціального обладнання, а також на проведення тестувань та налаштувань. Вартість монтажу включає не лише оплату праці, а й витрати на матеріали, кабелі, контролери та інші складові.

Експлуатація вентиляційних систем також потребує постійних витрат, основними з яких є енергоспоживання. Для механічних систем значну частину витрат становлять витрати на роботу вентиляторів, насосів, а також додаткове споживання енергії на охолодження або обігрів повітря. Системи з рекуперацією тепла значно знижують ці витрати, оскільки дозволяють використовувати відновлену енергію з витяжного повітря для нагрівання або охолодження припливного. Такі системи забезпечують зменшення споживання енергії, що, у свою чергу, знижує експлуатаційні витрати [6, С. 47].

Термін окупності вентиляційних систем є важливою складовою при оцінці їх економічної доцільності. Оскільки початкові витрати на монтаж можуть бути високими, особливо для систем з рекуперацією тепла, важливо враховувати, скільки часу знадобиться для того, щоб економія на енергоспоживанні компенсувала ці витрати. Враховуючи зниження витрат на опалення та охолодження, які забезпечують системи з рекуперацією тепла, термін окупності може бути значно меншим порівняно з традиційними вентиляційними системами.

Ефективність рекуператорів та систем з тепловими насосами є значною перевагою в сучасних вентиляційних системах. Перевага рекуператорів у здатності значно знижувати витрати на опалення приміщень, повертаючи теплоту витяжного повітря в припливне, тим самим зменшуючи потребу в додаткових енергетичних витратах на нагрівання повітря. Системи з тепловими насосами також можуть використовувати відновлену теплоту для нагріву приміщень або гарячої води, що значно підвищує їх економічну ефективність.

У підсумку, економічна доцільність використання сучасних вентиляційних систем визначається як початковими витратами на обладнання та монтаж, так і довгостроковими вигодами від зниження витрат на енергоспоживання. Системи з рекуперацією тепла і тепловими насосами можуть значно скоротити енергетичні витрати та підвищити загальну ефективність вентиляційних рішень, що робить їх привабливими для довгострокового використання, попри їх вищі стартові витрати.

Приклад розрахунку економії тепла завдяки рекуперації тепла в вентиляційних системах є важливим аспектом для визначення економічної доцільності використання таких систем. Рекуперація тепла дозволяє використовувати тепло витяжного повітря для попереднього нагрівання або охолодження припливного повітря, що значно зменшує потребу в додатковому енергозабезпеченні [7, С. 204].

Отже, енергія, що передається в рекуператорі – це енергія, яку рекуператор здатен передати від витяжного повітря до припливного, зменшуючи таким чином необхідність в енергетичних витратах на обігрів або охолодження. Коефіцієнт корисної дії рекуператора (η) – це показник, що характеризує ефективність системи рекуперації. Чим вищий цей коефіцієнт, тим більше тепла передається від витяжного повітря до припливного.

Економія тепла, що досягається завдяки рекуперації, можна розрахувати за такою формулою:

$$Q_{\text{економія}} = \eta \cdot Q_{\text{вих}} \cdot \Delta T \quad (3)$$

де:

$Q_{\text{економія}}$ — економія тепла (Вт),

η — коефіцієнт корисної дії рекуператора (безрозмірний, від 0 до 1),

$Q_{\text{вих}}$ — потужність витяжного повітря (м³/год),

ΔT — різниця температур між витяжним і припливним повітрям (°C).

Приклад розрахунку:

1. Потужність витяжного повітря $Q_{\text{вих}}$ — 500 м³/год.

2. Коефіцієнт корисної дії рекуператора η — 0.7 (це означає, що 70% тепла передається).

3. Різниця температур між витяжним і припливним повітрям ΔT — 10°C.

Розрахунок економії тепла:

$$Q_{\text{економія}} = \eta \cdot Q_{\text{вих}} \cdot \Delta T = 500 \cdot 0,7 \cdot 10 = 3500 \text{ Вт}$$

Таким чином, завдяки рекуперації тепла система зекономить 3.5 кВт теплової енергії.

Цей розрахунок показує, що система з рекуперацією тепла дозволяє значно зменшити енергетичні витрати на обігрів приміщень, особливо в холодний період року. Такий підхід має економічні переваги, оскільки знижує потребу в енергії для обігріву або охолодження припливного повітря, що дозволяє знизити витрати на опалення.

Висновки з даного дослідження

і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Використання механічних та інтелектуальних вентиляційних систем, зокрема з рекуперацією тепла, значно покращує якість повітря в житлових приміщеннях, забезпечуючи оптимальні рівні CO₂, температури та вологості. Це є критично важливим для забезпечення здоров'я та комфорту мешканців. Встановлення рекуператорів та систем з тепловими насосами дозволяє суттєво зменшити тепловтрати в житлових приміщеннях. Одним із ключових факторів у підвищенні економічної ефективності використання вентиляційних систем є енергозбереження. Завдяки зменшенню тепловтрат та скороченню споживання енергії, ці системи мають низький термін окупності, що робить їх вигідними для довгострокового використання. Природні та механічні системи вентиляції не лише покращують циркуляцію повітря, а й забезпечують зниження концентрації шкідливих речовин, таких як CO₂, пил та летючі органічні сполуки (VOC), що покращує здоров'я мешканців.

Оскільки технології в сфері вентиляції продовжують розвиватися, одним із головних напрямків є подальша оптимізація енергоспоживання. Удосконалення алгоритмів керування та інтеграція систем вентиляції з іншими розумними технологіями житлових приміщень дозволить ще більше знизити енергетичні витрати.

Розробка нових матеріалів та технологій для рекуперації тепла, зокрема більш ефективних теплообмінників, стане важливим кроком у зниженні тепловтрат та підвищенні ефективності таких систем.

Таким чином, подальші дослідження в сфері вентиляції житлових приміщень повинні бути спрямовані на оптимізацію енергоспоживання, покращення технологій та підвищення стандартів якості повітря, що дозволить підвищити комфорт і здоров'я мешканців, зберігаючи при цьому енергоефективність.

Література

1. Зейкан Я.П. Вентиляція житлових приміщень: сучасні підходи до проектування та експлуатації. — Харків: Фактор, 2019. — 232 с.
2. Шевченко С.В., Ковальчук О.А. Системи вентиляції та кондиціювання повітря: теорія та практика. — Київ: КНЕУ, 2018. — 280 с.
3. Боровик, І.В., Сулима, І.В. Сучасні системи вентиляції: проектування та експлуатація. — Одеса: Одеська національна академія харчових технологій, 2019. — 180 с.
4. Панасенко Ю.О., Федоренко, О.М. Вентиляція та кондиціювання в сучасному будівництві: методи та новітні технології. — Харків: ХНУМГ, 2020. — 240 с.
5. Дорошенко В.А., Коваленко, В.М. Основи енергоефективності систем вентиляції в житлових будівлях. — Київ: Наукова думка, 2018. — 320 с.
6. Гончарук В.І. Вентиляція: проектування, експлуатація та енергоефективність. — Київ: Будівельник, 2020. — 156 с.
7. Іванов О.С., Коваленко Т.В. Системи вентиляції в будівництві: теорія і практика. — Київ: Академія, 2020. — 280 с.

References

1. Zeikan Ya.P. Ventyliatsiia zhytlovykh prymyshchen: suchasni pidkhody do proektuvannia ta ekspluatatsii. — Kharkiv: Faktor, 2019. — 232 s.
2. Shevchenko S.V., Kovalchuk O.A. Systemy ventylyatsii ta kondytsiuvannia povitria: teoriia ta praktyka. — Kyiv: KNEU, 2018. — 280 s.

3. Borovyk, I.V., Sulyma, I.V. Suchasni systemy ventyliatsii: proektuvannia ta ekspluatatsiia. – Odesa: Odeska natsionalna akademiia kharchovykh tekhnolohii, 2019. – 180 s.
4. Panasenko Yu.O., Fedorenko, O.M. Ventyliatsiia ta kondytsiiuvannia v suchasnomu budivnytstvi: metody ta novitni tekhnolohii. – Kharkiv: KhNUMH, 2020. – 240 s.
5. Doroshenko V.A., Kovalenko, V.M. Osnovy enerhoefektyvnosti system ventyliatsii v zhytlovykh budivliakh. – Kyiv: Naukova dumka, 2018. – 320 s.
6. Honcharuk V.I. Ventyliatsiia: proektuvannia, ekspluatatsiia ta enerhoefektyvnist. – Kyiv: Budivelnik, 2020. – 156 s.
7. Ivanov O.S., Kovalenko T.V. Systemy ventyliatsii v budivnytstvi: teoriia i praktyka. – Kyiv: Akademiia, 2020. – 280 s.