

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувачка ступеня доктора філософії **Любов МАКАРЕНКО**, 1983 року народження, громадянка України, освіта вища: закінчила у 2020 році Київський національний університет будівництва і архітектури за спеціальністю „Теплогазопостачання і вентиляція», виконала акредитовану освітньо-наукову програму 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Разова спеціалізована вчена рада PhD 24.192 утворена наказом Київського національного університету будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України, м. Київ, від 03.07.2025 № 136/65/25 у складі:

Голови разової спеціалізованої вченої ради – **Тетяни ТКАЧЕНКО**, докторки технічних наук, професорки, завідувачки кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці Київського національного університету будівництва і архітектури;

Рецензента – **Володимира СКОЧКА**, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри споруд спеціального призначення Київського національного університету будівництва і архітектури;

Офіційної опонентки – **Вікторії КОНОВАЛЮК**, кандидатки технічних наук, доцентки, доцентки кафедри теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури;

Офіційного опонента – **Бориса ДАВИДЕНКА**, доктора технічних наук, старшого наукового співробітника, головного наукового співробітника відділу теплофізичних основ енергоощадних технологій Інституту технічної теплофізики НАН України;

Офіційної опонентки – **Ірини Суходуб**, кандидатки технічних наук, доцентки, доцентки кафедри теплової та альтернативної енергетики НТУ України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

на засіданні «9» вересня 2025 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» **Любові Макаренко** на підставі публічного захисту дисертації «Енергоефективне вентилявання повітря з комбінованим очищенням від фізичних, хімічних та біологічних забруднювачів» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Дисертацію виконано в Київському національному університеті архітектури і будівництва Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Науковий керівник **ПРИЙМАК Олександр Вікторович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету інженерних систем та екології Київського національного університету будівництва і архітектури.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, що містить нові науково обґрунтовані результати. У дисертації вперше розроблена фізико-математична модель процесу тепловіддачі конвекцією від потоку теплого відпрацьованого повітря до зовнішньої поверхні пучка циліндричних трубок, в середині яких рухається холодне повітря для підвищення

енергетичної ефективності фільтра-теплообмінника; методом повного факторного експерименту отримано рівняння для визначення часу очищення повітря із зниженням концентрації забруднювачів з 200 до 20 мкг/м³ (початкове значення рівня забруднення РМ_{2.5}), зміни витрат повітря з 300 до 800 м³/год та зміни відносної вологості повітря від 35 до 55%; у результаті експериментальних досліджень отримано залежність у критеріальному вигляді $Nu = 0,3284 \cdot Re^{0,629}$, що описує задачу тепловіддачі конвекцією від переважаючого об'єму теплого відпрацьованого повітря при його поперечному русі до зовнішньої поверхні коридорного пучка труб, у середині яких рухається холодне свіже повітря (визначальна температура-середня температура теплого відпрацьованого повітря у всьому об'ємі камери теплообмінника, яка змінюється в діапазоні 18-22°C, визначальний геометричний розмір - довжина трубочки), при співвідношенні об'єму пучка трубочок до об'єму теплообмінної секції 0,001; встановлено аеродинамічний опір 10-25 Па запропонованої конструкції фільтра- теплообмінника залежно від зміни витрат повітря від 300 до 800 м³/год. Удосконалено методику інженерного розрахунку теплообмінника "повітря-повітря" вбудованого в повітроочисник з використанням низькопотенційної теплоти відпрацьованого забрудненого повітря для підігріву свіжого холодного повітря, яке рухається всередині трубок у коридорному їх розташуванні при перехресному русі теплоносіїв (кут атаки 90°). Набули подальшого розвитку рекомендації для ДБН В.2.2-10:2022 "Заклади охорони здоров'я" щодо кратності повітрообміну отримання повітря необхідної якості при різних рівнях його початкового забруднення для побутових приміщень площею до 150 м²; науково обґрунтоване застосування фільтра-теплообмінника в умовах контрольованого процесу тепломасообміну, як енергоефективної системи очищення повітря від фізичних, хімічних та біологічних забруднювачів з одночасним нагрівом об'єму повітря для дихання; конструкція теплообмінника для підігріву зовнішнього (свіжого) повітря за рахунок теплового потенціалу внутрішнього (рециркуляційного) повітря. Практична цінність роботи полягає в розробленні інженерного розрахунку для побудови приладів типу «Фільтр-теплообмінник».

Здобувачка має 21 наукових публікацій за темою дисертації, з них: 4 статі в наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 3 – у періодичних наукових фахових виданнях інших держав, які входять до ЄС; 14 тез наукових доповідей в збірниках матеріалів міжнародних конференцій, додатково опублікована 1 стаття у наукометричній базі «SCOPUS» в 2025 році з квантилем Q4:

1. Pryimak O. & Makarenko L. (2025). Forecasting the parameters of an air purifier with an integrated heat exchanger as an element of energy saving measures. *Energy Technologies & Resource Saving*, 83(2), 132-144. <https://doi.org/10.33070/etars.2.2025.11> (Scopus)
2. Макаренко, Л. І., & Приймак, О. В. (2023). Забезпечення рекомендованої ВООЗ якості повітря в офісних приміщеннях з існуючою системою вентиляції. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, 44, 17–22.

<https://doi.org/10.32347/2409-2606.2023.44.17-22>

3. Макаренко, Л., & Приймак, О. (2024). Кратність повітрообміну як засіб забезпечення вимог до чистоти повітря на основі вискоєфективних фільтрів. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 46, 18–27. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2023.46.18-27>
4. Макаренко, Л. (2024). Модель повітроочисника з фільтрувальними вставками HEPA 11 та теплообмінником нагріву зовнішнього повітря в рециркуляційній секції. International Science Journal of Engineering & Agriculture, 3(2), 67–77. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20240302.05>
5. Макаренко, Л., & Приймак, О. (2024). Ефективність рециркуляційного повітроочищувача в реальних умовах при варіації продуктивності та вмісту PM_{2.5}. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 48, 21–31. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2024.48.21-31>
6. Makarenko, L. (2024). Experimental determination of the heat transfer coefficient by a simplified method for the stationary heat exchange mode in the air cleaner. International Science Journal of Engineering & Agriculture, 3(5), 18–29. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20240305.03> (Index Copernicus; Crossref)
7. Oleksandr Pryimak, Liubov Makarenko (2024). Reducing the cleaning time of PM_{2.5} pollution to WHO-recommended air quality levels with a recirculation filter unit. Construction of optimized energy potential . Vol. 13, 2024, 143-151. <https://doi.org/10.17512/bozpe.2024.13.14> (Index Copernicus)
8. Макаренко, Л. (2025). Ефективне вентилявання приміщень з комбінованим очищенням від забруднювачів. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 51, 74–89. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2024.51.74-89>

У дискусії взяли участь (голова, рецензенти, офіційні опоненти, інші присутні) та висловили зауваження:

Голова ради - докторка технічних наук, професорка **ТКАЧЕНКО Тетяна Миколаївна**, завідувачка кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці Київського національного університету будівництва і архітектури, а саме:

1. Рекомендовано поширити результати дослідження на інші види приміщень, не тільки для житлових приміщень. Наприклад, такі ж питання щодо зменшення енергоспоживання та якості повітря можуть бути і в офісних будівлях.
2. Рекомендовано розглянути можливість урахування впливу часток PM_{2.5} на процес теплообміну в очиснику.

Офіційний рецензент - доктор технічних наук, професор **СКОЧКО Володимир Ігорович**, завідувач кафедри споруд спеціального призначення Київського національного університету будівництва і архітектури:

1. Не проаналізовано динаміку зміни ефективності тепловіддачі та аеродинамічного опору трубчастого теплообмінника в умовах тривалої експлуатації та поступового накопичення забруднень (наприклад, пилу,

жирових аерозолів, біоплівки) на його поверхнях та фільтрувальних елементах. Це є важливим для прогнозування експлуатаційних витрат та графіка обслуговування.

2. Бажано б було провести дослідження щодо впливу специфічного хімічного складу частинок (наприклад, твердих продуктів горіння, промислових викидів) та наявності летких органічних сполук (ЛОС) на ефективність фільтрації НЕРА H11 фільтром, а також на потенційне поглинання цих речовин фільтруючим матеріалом.
3. Бажано б було провести дослідження акустичної ефективності запропонованої конструкції фільтра-теплообмінника, особливо при високих кратностях повітрообміну, оскільки рівень шуму є важливим фактором комфорту в приміщеннях.
4. Не проаналізовано вплив додаткових факторів на тепловіддачу, окрім зазначених у критеріальній залежності Nu , зокрема, вплив конденсації вологи та потенційного обмерзання на поверхнях труб теплообмінника при низьких температурах зовнішнього повітря, що є актуальним для кліматичних умов України.
5. Бажано б було провести дослідження оптимальних режимів роботи фільтра-теплообмінника в умовах надзвичайної забрудненості повітря, спричиненої, наприклад, лісовими пожежами або промисловими викидами, для оцінки його здатності до швидкого відновлення нормативних показників якості повітря.
6. Не проаналізовано вплив сезонних коливань зовнішнього повітря (значних перепадів температури та вологості) на стабільність енергетичної ефективності та ефективності фільтрації системи протягом усього року, що дозволило б оптимізувати її застосування у різних кліматичних зонах.
7. Бажано б було провести дослідження щодо інтеграції розробленого фільтра-теплообмінника в існуючі централізовані системи вентиляції та кондиціонування будівель, оцінюючи технічні складності монтажу та можливі додаткові витрати.

Офіційна рецензентка - кандидатка технічних наук, доцентка **КОНОВАЛЮК Вікторія Анатоліївна**, доцентка кафедри теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури, надала позитивний відгук із зауваженнями:

1. Бажано б було провести дослідження щодо впливу розташування фільтра-теплообмінника у приміщенні на ефективність розподілу чистого повітря та загальну якість мікроклімату
2. Не проаналізовано можливості прогнозування терміну служби фільтрів НЕРА H11 в умовах різних рівнів забруднення та інтенсивності експлуатації, що важливо для планування технічного обслуговування.
3. Не проаналізовано можливості модульної конструкції фільтра-теплообмінника, яка б дозволила масштабувати систему для приміщень різної площі та призначення, зберігаючи оптимальні показники ефективності.

4. Не проаналізовано оптимальні стратегії вентиляції для гібридних систем, що поєднують природну та механічну вентиляцію з використанням фільтра-теплообмінника, з метою максимізації енергозбереження та якості повітря.
5. Бажано б було провести дослідження щодо економічної доцільності впровадження системи в будинках з різним рівнем теплоізоляції та герметичності, оскільки ці фактори суттєво впливають на загальне енергоспоживання.
6. Не проаналізовано соціальні та екологічні вигоди від широкомасштабного впровадження фільтра-теплообмінника, такі як зниження показників захворюваності, підвищення продуктивності праці та зменшення вуглецевого сліду будівельного сектору.
7. Бажано б було провести дослідження щодо стандартизації та сертифікації розробленої системи для її подальшого комерційного виробництва та широкого впровадження на ринку, враховуючи національні та міжнародні нормативи.

Офіційний опонент - кандидат технічних наук, старший науковий співробітник **ДАВИДЕНКО Борис Вікторович**, старший науковий співробітник відділу теплофізичних основ енергоощадних технологій Інститут технічної теплофізики НАН України, надав позитивний відгук із зауваженнями:

1. У другому розділі наведено основні рівняння, за якими виконується розрахунок теплообмінних характеристик «фільтр-теплообмінника». Бажано було б навести алгоритм та послідовність виконання розрахунків за цією моделлю для визначення температури теплоносіїв після їх виходу з теплообмінника.

2. Доцільно було б проаналізувати вплив конструкційних параметрів «фільтр -теплообмінника», таких як його габарити, діаметр трубок, їх кількість та відстані між ними на ефективність теплопередачі у системи, що розглядається, а також на його аеродинамічний опір. Адже відомо, що збільшення кількості трубок в теплообміннику призводить як до зростання площі поверхні теплообміну, так і до збільшення його аеродинамічного опору.

3. Недостатньо повно проаналізовано вплив режимних параметрів роботи теплообмінника, таких як швидкість потоку повітря всередині трубок «фільтр-теплообмінника» та швидкість повітряної течії теплоносія, що омиває трубки, на коефіцієнт теплопередачі від гарячого теплоносія до холодного та на загальну ефективність його роботи.

4. В розрахунках температурного режиму теплообмінника приймається, що теплові втрати через його стінки складають 4% від загальної кількості теплоти, що передається в теплообміннику від гарячого теплоносія до холодного. Але це значення теплових втрат повинно бути обґрунтовано.

5. Результати розрахунку температурних характеристик «фільтр-теплообмінника» доцільно узгоджувати з розрахунком теплового стану приміщення, де він встановлюється, тому що через певний час температура в приміщенні за рахунок дії теплообмінника може змінюватися.

6. В тексті дисертаційної роботи зустрічаються невдалі висловлювання,

такі, наприклад, як "температурний тиск між теплоносіями", замість більш прийнятних "різниця між температурами" або "перепад температур".

Офіційна опонентка - кандидатка технічних наук, доцентка **СУХОДУБ Ірина Олегівна**, доцентка кафедри теплової та альтернативної енергетики НТУ України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», надала позитивний відгук із зауваженнями:

1. Доцільним є проведення дослідження щодо оптимізації енергоспоживання вентиляторів пристрою, особливо в контексті забезпечення низького аеродинамічного опору системи.
2. Для аналізу характеристик пристроїв, які включають теплообмінні та аеродинамічні процеси, доцільно застосувати експериментальний аналіз.
3. Проаналізовано вплив вологості повітря на ефективність роботи фільтраційної частини при відносній вологості 35-55%. Водночас аналіз впливу вологості на теплообмінну частину не проводився, зокрема з точки зору можливості конденсації водяної пари та утворення інею.
4. Вплив температурних зон України на розрахункові та фактичні показники енергоефективності фільтра-теплообмінника в умовах опалювального та неопалювального сезонів не було проаналізовано.
5. Доцільно провести дослідження щодо можливості інтеграції джерел відновлюваної енергії для компенсації електроспоживання пристрою.
6. Рекомендовано провести дослідження оптимізації енергоспоживання пристрою з фільтром-теплообмінником за рахунок впровадження системи управління з допомогою датчиків якості повітря та контролерів.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» немає членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує **Макаренку Любові Ігорівні** ступінь доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої
вченої ради



Тетяна ТКАЧЕНКО

Підпис голови разової спеціалізованої
вченої ради Тетяни Ткаченко засвідчується

Секретар Вченої ради Київського
національного університету
будівництва і архітектури



Микола КЛИМЕНКО