

ВИСНОВОК
про наукову повнизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації

на тему:

«Регенеративні реверсивні пристрої для енергоефективної
децентралізованої вентиляції приміщень»,

здобувача ступеня доктора філософії

Вакуленко Дар'ї Ігорівни

з галузі знань 19 – Архітектура та будівництво

за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

1. Актуальність теми дисертаційного дослідження Вакуленко Дар'ї Ігорівни пов'язана з підвищенням ефективності утилізації теплоти та холоду при децентралізованій вентиляції приміщень низько поверхових житлових і громадських будівель. Метою роботи було наукове обґрунтування та розроблення ефективних децентралізованих пристроїв з регенерацією теплоти витяжного повітря задля енергоефективного формування мікроклімату приміщень, забезпечення нормативного повітрообміну та зменшення енергетичних витрат у будівлях. Для досягнення поставленої мети було вирішено такі наукові та прикладні завдання: проаналізовано сучасні технології вентиляції та визначено їхні проблеми при застосуванні у житлових і громадських будівлях; створено математичну модель роботи регенератора теплоти з періодичним перемиканням потоків і, на її основі, чисельно досліджено теплообмінні процеси регенеративного теплоутилізатора та визначено вплив конструктивних параметрів на ефективність регенерування теплоти; експериментально визначено локальні коефіцієнти тепловіддачі конвекцією в тонких каналах теплообмінника пристрою для оптимізації конструкції та підвищення ефективності процесів теплоутилізації; з урахуванням отриманих дослідних даних уточнено математичну модель та розроблено рекомендації щодо впровадження запропонованих рішень у практику будівництва; виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконана згідно з Державною "Програмою підтримки енергоефективності в Україні" і безпосередньо пов'язана з планами держбюджетних тематик Київського національного університету будівництва і архітектури на замовлення Міністерства освіти і науки України (№ державної реєстрації 0122U001197 та 0114U002579).

Результати роботи впроваджено при вдосконаленні регенеративних децентралізованих пристроїв TwinFresh у ПрАТ "Вентиляційні системи". Окремі положення запропонованого експериментального методу впроваджено при розробленні експериментальних методик дослідження зелених

конструкцій у проєкті ДСТУ «Захист довкілля. Зелені конструкції. Метод випробування тепломасообмінних процесів у рослинних шарах», що вперше набуває чинності в Україні.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

3. Наукова новизна одержаних результатів.

У дисертації одержані наступні наукові результати.

Уперше:

- отримано аналітичну залежність числа Нуссельта від числа Грасгофа, еквівалентного діаметра та координати x для тепловіддачі в тонких трубках діаметрами 0,003 – 0,008 м, яка дозволяє визначити температурний коефіцієнт ефективності утилізації теплоти витяжного повітря в реверсивному регенеративному теплообміннику децентралізованих вентиляційних пристроїв.

Удосконалено:

- математичну модель нестационарних тепломасообмінних процесів у реверсивному регенераторі теплоти реверсивного вентиляційного пристрою, що дозволило оцінити вплив його теплофізичних властивостей на інтенсивність теплопередачі та ефективність регенерування теплової енергії;
- уявлення про доцільну товщину теплової ізоляції;
- методику експериментальних досліджень локальних коефіцієнтів тепловіддачі від поверхні стінки до повітря в тонких трубках без можливості встановлення датчиків у їхніх порожнинах.

Набула подальшого розвитку:

- методика експериментального визначення локальних коефіцієнтів тепловіддачі при ламінарній течії в тонких трубках діаметрами 0,003-0,008 м, що дало змогу уточнити математичну модель нестационарного тепломасообміну в теплообмінних апаратах реверсивного типу.

Практичне значення роботи:

- удосконалено конструктивні рішення реверсивного регенеративного теплоутилізатора децентралізованих вентиляційних пристроїв;
- запропоновано та обґрунтовано рекомендації щодо встановлення пропонованих пристроїв, що дозволить забезпечити енергоефективну вентиляцію приміщень з утилізуванням теплоти та холоду з мінімальним втручанням в інтер'єри приміщень;
- створено алгоритм і програму для моделювання ефективності роботи реверсивного регенератора теплоти, що дозволяє оцінити вплив різних теплофізичних характеристик реверсивного регенератора на ефективність утилізації теплоти витяжного повітря.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Дисертація містить наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні результати проведених досліджень, які мають істотне значення для галузі знань 19 – Архітектура та будівництво.

Теоретичне значення дисертаційного дослідження полягає у вдосконаленні методів теоретичних досліджень нестационарних тепломасообмінних процесів у регенераторі теплоти реверсивного вентиляційного пристрою та експериментальних досліджень локальних коефіцієнтів тепловіддачі повітря в тонких трубках діаметрами 0,003-0,008 м без можливості встановлення датчиків у її порожнині.

Практичне значення дисертаційного дослідження може бути використане при розробленні вентиляції малоповерхових житлових і громадських будинків. Результати дослідження можуть бути використані у навчальному процесі факультету інженерних систем та екології КНУБА, зокрема при викладанні дисциплін спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»: «Вентиляція», а також при викладанні для інших будівельних спеціальностей «Інженерне обладнання будівель і споруд», «Теплогазопостачання і вентиляція» тощо.

5. Використання результатів роботи.

Результати роботи впроваджено при вдосконаленні регенеративних децентралізованих пристроїв TwinFresh у ПрАТ "Вентиляційні системи". Окремі положення запропонованого експериментального методу впроваджено при розробленні експериментальних методик дослідження зелених конструкцій у проєкті ДСТУ «Захист довкілля. Зелені конструкції. Метод випробування тепломасообмінних процесів у рослинних шарах», що впроваджується вперше в Україні.

Особиста участь авторки в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі є самостійною науковою працею, у якій висвітлено власні ідеї та розробки авторки, що дали змогу вирішити поставлені завдання.

Усі основні наукові та практичні результати, представлені в роботі та винесені на захист, отримані авторкою особисто. Зокрема, проведено аналіз сучасних технологій енергоефективної вентиляції з визначенням їхніх переваг і недоліків у контексті застосування в житлових і громадських будівлях; створено математичну модель роботи регенератора теплоти з періодичним перемиканням потоків; на основі цієї моделі виконано чисельне дослідження теплообмінних процесів у регенеративному теплоутилізаторі та визначено вплив конструктивних параметрів на ефективність регенерації теплоти; експериментально визначено локальні коефіцієнти тепловіддачі конвекцією в тонких каналах теплообмінника регенеративного пристрою з метою оптимізації конструкції та підвищення ефективності теплоутилізації; розроблено практичні рекомендації щодо встановлення та керування

регенеративними реверсивними пристроями у приміщеннях житлових і громадських будівель малої поверховості. При цитуванні інших авторів здійснено посилання на відповідні джерела.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі теплогазопостачання і вентиляції Київського Національного університету будівництва і архітектури, науковий керівник – доктор технічних наук, професор, професор кафедри теплогазопостачання і вентиляції КНУБА, Мілейковський В.О.

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, зроблено висновок, що дисертаційна робота Вакуленко Д.І. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Максимальний відсоток збігів, виявлений у системах перевірки: Anti-Plagiarism – два відсотки (2 %), StrikePlagiarism – вісім цілих двадцять одна сота (8,21%). Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

6. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 22 наукові праці, у тому числі: 2 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 1 – у періодичних наукових фахових виданнях інших держав, які входять до ЄС; 1 - стаття в науковому журналі, що індексується наукометричною базою SCOPUS з квантилем Q2; дві доповіді в збірниках матеріалів конференцій з індексацією в наукометричній базі SCOPUS та 15 тез доповідей у матеріалах міжнародних конференцій.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. **Vakulenko D.** and Mileikovskiy, V. The Experimental Determination of the Heat Transfer Coefficient in Thin Channels of a Regenerative Heat Exchanger. *FME Transactions*, Vol. 53, pp. 173-183, 2025. (*WEB OF SCIENCE*, Q2) <https://doi.org/10.5937/fme2501173V>

Особистий внесок здобувачки: описано конструкцію та роботу експериментального стенду; проаналізовано отримані дослідні результати та виведено авторську формулу числа Нуссельта для тонких каналів 0,003-0,008 м; проведено порівняння авторської формули із раніше відомими.

2. Mileikovskiy V. and **Vakulenko D.** Simulation of the efficiency of improved regenerative decentralised ventilators Vents TwinFresh. *Construction of Optimized Energy Potential (CoOEP)*, Vol. 9, No. 1/2020, pp. 61-67, 2020. <https://doi.org/10.17512/bozpe.2020.1.07>

Особистий внесок здобувачки: CFD моделювання роботи регенеративного теплоутилізатора на основі рівнянь Нав'є-Стокса та конвекції-дифузії.

3. **Вакуленко Д.** та Мілейковський В. Моделювання ефективності теплоутилізації регенеративного пристрою за різними підходами. *Вентиляція*,

освітлення та теплогазопостачання, т. 41, Квітень 2022, с. 32-38, 2022.
<https://doi.org/10.32347/2409-2606.2022.41.32-38>

Особистий внесок здобувачки: коригування раніше створеної математичної моделі роботи регенератора теплоти з урахуванням гравітаційних сил; порівняння значень коефіцієнтів ефективності за різними підходами.

4. Вакуленко Д. Теоретичні дослідження доцільного діаметра ізоляції тонкої трубки. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, т. 46, Лютий 2024, с. 5-17, 2024. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2023.46.5-17>.

5. **Vakulenko D.**, Mileikovskiy V., Tkachenko T., and Liubarets O.: Investigation in critical radius of thermal insulation for vertical pipes. *Contents of Proceedings of 23rd International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, 24-26 May 2023, pp. 232-238, 2024. (SCOPUS) <https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF047>

Особистий внесок здобувачки: Проаналізовано та спростовано теорію критичного діаметра теплової ізоляції для вертикальних циліндрів; описано застосування отриманих результатів для градуювальної установки.

6. **Vakulenko D.**, Mileikovskiy V., Tkachenko T., Ujma A. and Konovaliuk V.: Analysis of critical radius of insulation for horizontal pipes. *Contents of Proceedings of 22nd International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, 22-24 May 2024, pp. 902-907, 2023. (SCOPUS) <https://doi.org/10.22616/ERDev.2023.22.TF178>

Особистий внесок здобувачки: Проаналізовано та спростовано теорію критичного діаметра теплової ізоляції для горизонтальних труб.

7. Вакуленко Д. Наближене моделювання теплообміну в регенераторах вентиляційних пристроїв. *III міжнародна науково-технічна конференція "Ефективні технології у будівництві"*, Київ, 28-29 березня 2018 р., с. 154-155.

8. **Vakulenko D.** and Mileikovskiy V. Approximate Modeling of Heat Exchange in the Regenerator of Ventilators. *Восьма міжнародна науково-практична конференція "Енергоінтеграція-2018"*, Київ, 25-27 квітня 2018 р., с. 24.

Особистий внесок здобувачки: описано математичну модель роботи регенератора теплоти пристрою.

9. Вакуленко Д. І. та Мілейковський В. О. Моделювання процесів теплообміну в регенеративних теплоутилізаторах на прикладі установки «ТвінФреш». *International Scientific-Practical Conference of Young Scientists "Build-Master-Class-2018"*, Київ, 2018, с. 290-291.

Особистий внесок здобувачки: визначено ефективність теплоутилізації у регенеративному пристрої ТвінФреш.

10. Вакуленко Д. І. Уточнення математичної моделі тепломасообмінних процесів у регенераторі пристрою «Twin Fresh». *Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених «БУД-МАЙСТЕР-КЛАС-2020»*, 25-27 листопада 2020 р., Київ, КНУБА, 2020, с. 204-205. URL: https://www.bmc-conf.com/download/bmc-2020_articles.pdf.

11. Мілейковський В. О. та Вакуленко Д. І. Ефективність утилізації теплоти у децентралізованих регенеративних установках. *Актуальні проблеми, пріоритетні напрямки та стратегії розвитку України: тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції*, 10 лютого 2022 р., Київ, ред. О. С. Волошкіна та ін., ITTA, 2022, с. 162. URL: https://itta.org.ua/wp-content/uploads/2022/02/mizhnarodna_asocziacziya_transferu_tehnologij-3.pdf#page=162

Особистий внесок здобувачки: описано уточнену модель роботи регенеративного теплоутилізатора з урахуванням впливу гравітаційних сил.

12. Вакуленко Д. І. та Мілейковський В. О. Вплив тиску всередині та ззовні будівлі на роботу децентралізованих систем вентиляції. *Енергоощадні машини і технології, Матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф.*, 17-19 травня 2022 р., Київ, КНУБА, 2022, с. 133-135. URL: https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/27/ESMT_Conference_Proceedings_2022_PDF.pdf.

Особистий внесок здобувачки: проведено аналіз чинників зниження ефективності роботи регенеративних теплоутилізаторів – вітрового тиску та дисбалансу припливного й витяжного повітря.

13. Вакуленко Д. І. та Мілейковський В. О. Вплив зовнішніх чинників на роботу регенеративних децентралізованих вентиляційних установок. *Актуальні проблеми науки, освіти та суспільства: теорія і практика: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції*, 16 червня 2022 р., Полтава, ЦФЕНД, 2022, с. 47-48. URL: <http://www.economics.in.ua/2022/07/blog-post.html>.

Особистий внесок здобувачки: описано роботу пристрою та проаналізовано вплив зовнішніх чинників на його роботу.

14. Мілейковський В. та Вакуленко Д. Дослідження теплообмінних процесів у тонких каналах регенеративного пристрою. *III Міжнародна науково-практична конференція «Екологія, ресурси, енергія»*, 23-25 листопада 2022 р., Київ, 2022, с. 61-62. URL: <https://drive.google.com/file/d/11OGP8disWyjoRkQ7WyLbmhaOO9kqgvOi/view>

Особистий внесок здобувачки: описано дослідження теплообмінних процесів у тонких каналах регенеративного пристрою

15. Vakulenko D. and Mileikovskiy V. Determination of the Appropriate Thickness of Insulation of Horizontal Cylindrical Surfaces in the Study of Heat Transfer. *VII International Scientific and Practical Conference "Challenges and Problems of Modern Science"*, 15-16 June 2023, London, United Kingdom, pp. 38-39. URL: <https://conference-w.com/wp-content/uploads/2024/03/GB.L-1516062023.pdf>

Особистий внесок здобувачки: висвітлено важливість використання доцільної товщини теплової ізоляції дослідних стендів для зменшення похибок.

16. Вакуленко Д. та Мілейковський В. Дослідження регенеративного теплоутилізатора, що працює з періодичною зміною напрямку потоку повітря.

Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction», 13-14 квітня 2023 р., с. 414-417. URL: https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/30/greenconst_2_23.pdf.

Особистий внесок здобувачки: продемонстровано розбіжності ефективності роботи регенератора теплоти з використанням різних методів симуляції процесів теплообміну і надано рекомендації щодо необхідності проведення експериментальних досліджень.

17.Вакуленко Д. та Мілейковський В. Дослідження товщини теплової ізоляції горизонтальних циліндрів. IV Міжнародна науково-практична конференція «Екологія, ресурси, енергія»: матеріали конференції, 22-24 листопада 2023 р., Київ, КНУБА, 2023, с. 86-87. URL: https://drive.google.com/file/d/1F3jn_ypNLqHuzm0EqOFMI1QWelEw64AX/view

Особистий внесок здобувачки: рекомендовано використовувати економічно доцільну товщину теплової ізоляції для мінімізації тепловтрат у навколишнє середовище від горизонтальних труб.

18.Вакуленко Д. І. та Мілейковський В. О. Дослідження опору теплопередачі теплоізоляції вертикальних енергоефективних циліндричних будівель. Матеріали III М Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction», 16-17 квітня 2024 р., Київ, Київський національний університет будівництва і архітектури, 2024, с. 418-422.

Особистий внесок здобувачки: надано рекомендацію щодо використання не критичного, а доцільного діаметра теплової ізоляції вертикальних циліндричних об'єктів з науковим обґрунтуванням.

19.Вакуленко Д. та Мілейковський В. Дослідження теплообміну в системах вентиляції: нові підходи до зменшення тепловтрат. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Прикладні науково-технічні дослідження», 14-16 травня 2024 р., Івано-Франківськ, Видавець Кушнір Г. М., 2024, с. 168-170.

Особистий внесок здобувачки: запропоновано зниження похибки експериментальних вимірювань температури у тонких каналах шляхом використання доцільної товщини теплової ізоляції понад критичне значення.

20.Vakulenko D. and Mileikovskiy V. Experimental Study of Heat Transfer Processes in a Regenerative Ventilation Unit. XVIII International Scientific Conference: «Development of science in the XXI century». Abstracts, 26-27 December 2024, Dortmund, Germany, 2024, pp. 1156-1158.

Особистий внесок здобувачки: запропоновано авторську формулу визначення критерію Нуссельта.

21.Tkachenko T., Bystrov D., Vakulenko D., et al.: Creating perspective technologies of forming the safe building environment combining "green structures", phytodesign, and engineering systems, Scientific report. Reg. No. 0224U001505. Kyiv, 2024. (In Ukrainian).

Особистий внесок здобувачки: Створено принцип складених проводів для підвищення точності лабораторних досліджень тепломасообмінних процесів. Застосовано результати аналізу критичного діаметра теплової

ізоляції.

22. Mileikovskyi V. and **Vakulenko D.** Analytical Studies of the Non-stationary Mode of Operation of the VENTS TwinFresh Ventilator Heat Regenerator. *VENTS Magazine*, Kyiv, 2019.

Особистий внесок здобувачки: Створено математичну модель роботи регенеративного теплоутилізатора на основі рівнянь Фур'є-Кірхгофа та балансу теплоти; створено графіки зміни температур твердого тіла повітряного потоку, зміни температурного коефіцієнта ефективності утилізації теплоти витяжного повітря; проаналізовано роботу регенератора у випадку завітрювання.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Вакуленко Д.І. «Регенеративні реверсивні пристрої для енергоефективної децентралізованої вентиляції приміщень», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 5, 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Регенеративні реверсивні пристрої для енергоефективної децентралізованої вентиляції приміщень», подану Вакуленко Дар'єю Ігорівною на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, до захисту.

2. Головою спеціалізованої вченої ради призначити:

– доктора економічних наук, кандидата технічних наук професора Предуна Костянтина Мироновича, завідуючого кафедрою теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури;

Рецензенткою призначити:

– кандидатку технічних наук, Москвітіну Анну Сергіївну, доцентку кафедри теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури.

Опонентами призначити:

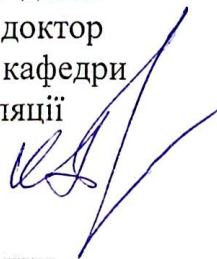
– доктора технічних наук, професора Шаповала Степана Петровича, професора кафедри теплогазопостачання і вентиляції Національного університету «Львівська політехніка»;

– кандидата технічних наук, доцента Антипова Євгена Олексійовича, в.о. завідувача кафедри теплоенергетики Національного університету біоресурсів і природокористування України;

– кандидатку технічних наук, Суходуб Ірину Олегівну, доцентку кафедри теплотехніки та енергозбереження Національного технічного університету України "Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського".

Рішення прийнято одноголосно (за – 17, проти – немає, утримались – немає).

Головуючий розширеного засідання
наукового семінару кафедри доктор
економічних наук, професор кафедри
теплогазопостачання і вентиляції
КНУБА



Костянтин ПРЕДУН

Секретар розширеного засідання
наукового семінару кафедри кандидатка
технічних наук, доцентка кафедри
теплогазопостачання і вентиляції
КНУБА



Вікторія КОНОВАЛЮК

Підписи професора Предуна К.М.
та доцентки Коновалюк В.А.
ЗАСВІДЧУЮ
Секретар Вченої ради КНУБА



Микола КЛИМЕНКО