

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу  
Місюри Тимофія Олексійовича  
на тему **«Енергоефективність комбінованих схем опалення, вентиляції та кондиціонування на основі повітряних теплових насосів»**,  
подану на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 14 Електрична інженерія  
за спеціальністю 144 Теплоенергетика

### **Актуальність теми дисертації.**

Актуальні питання впровадження теплонасосних технологій визначено Національним планом дій з енергоефективності на період до 2030 року, який затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2021 р. № 1803-р. У Національному плані дій вказано, що очікуване зменшення споживання первинної енергії, досягнуте завдяки встановленню теплових насосів для підтримання ефективного опалення, вентиляції та охолодження будівель житлового та комерційного секторів у 2030 році може досягти 251 тис. тон нафтового еквівалента. Водночас викиди парникових газів зменшаться на 382 тис. тон на рік.

На сучасному етапі основними стримувальними чинниками для широкого використання повітряних теплових насосів у системах тепlopостачання будівель в Україні є порівняно висока вартість устаткування, значний термін окупності й низька ефективність у холодному кліматі.

З огляду на це актуальним залишається розроблення енергоефективних гібридних (бівалентних) HVAC систем на основі повітряних теплових насосів. Такий підхід дає змогу підвищити ефективність у холодний період, зменшити енергоспоживання, знизити номінальну потужність теплового насоса й утилізувати «безплатну» поновлювальну енергію.

Мета дисертаційної роботи – підвищити енергоефективність повітряних теплонасосних систем вентиляції, кондиціонування, опалення та знайти оптимальні режими роботи гібридних систем за різних кліматичних умов.

Дисертацію виконано відповідно до наукових досліджень за темою «Екотехнології та технології енергозбереження» на кафедрі теплової та альтернативної енергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та до ініціативної НДР «Розробка та дослідження ресурсозберігаючих технологій та процесів у промисловій теплоенергетиці», державний реєстраційний номер 0111U004644.



## **Оцінювання обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності й новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в такому:

- показано, що, щоб забезпечити задані температурно-вологісні параметри в системі з надлишковими вологовиділеннями, потрібна змінна рециркуляція вентиляційних викидів залежно від параметрів навколишнього середовища;

- запропоновано додаткове підігрівання припливного повітря на вході в приміщення для опалення та додаткове охолодження для кондиціонування визначати через простий коефіцієнт пропорційності перепаду температур іззовні й усередині приміщення;

- встановлено оптимальні діапазони відносної вологості й температури зовнішнього повітря, щоб забезпечити максимальну енергоефективність теплонасосних систем із різними способами утилізації низькопотенційної енергії витяжного повітря для вентиляції та кондиціонування приміщень;

- розроблені термодинамічні та імітаційні моделі дають змогу враховувати зміни умов внутрішніх вологовиділень та дослідити функціонування теплонасосних систем зі збереженням постійних параметрів припливного повітря як за температурою, так і за вологістю. Водночас у реальних умовах зазвичай лише один параметр є цільовим (найчастіше температура). Таке уточнення сприяє більш точному визначенню енергоефективності комбінованих теплонасосних систем;

- визначено середні значення коефіцієнтів рекуперації, за яких припливно-витяжні установки на основі теплового насоса забезпечують найвищу економічність і найнижчу собівартість вентиляції та кондиціонування повітря в комерційних і промислових будівлях.

Обґрунтованість висновків і одержаних результатів дисертаційної роботи полягає у коректному математичному моделюванні та верифікації термодинамічних моделей з фактичними даними. Здобуті автором наукові результати відповідають завданням досліджень та підтверджуються їх апробацією на науково-технічних конференціях.

Достовірність результатів дисертації підтверджується коректністю поставлених завдань і несуперечністю відомих і запропонованих у роботі практичних положень.

Отже, у дисертаційній роботі поставлене наукове завдання «підвищення енергоефективності повітряних теплонасосних систем вентиляції, кондиціонування, опалення та знаходження оптимальних режимів роботи гібридних систем за різних кліматичних умов» виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.



**Оцінювання змісту дисертації, її завершеність і дотримання принципів академічної доброчесності.**

Дисертаційна робота здобувача Місюри Т.О. є завершеною науковою працею і за своїм змістом повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика та напрямам досліджень відповідно до освітньої програми «Теплоенергетика».

Відповідно до звіту подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові збіги, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Місюри Тимофія Олексійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату й запозичень. Використані ідеї, результати й тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Дисертаційна робота викладена послідовно, має логічну структуру та доступна для розуміння, написана технічною мовою з використанням наукової термінології. Текст дисертації має достатній обсяг та проілюстрований рисунками і таблицями. Трапляються поодинокі неточності в оформленні рисунків: бракує пояснення даних на рисунку 2.7 (с. 71); однакове позначення різних витрат повітря на рис. 4.1 (с. 90).

Дисертація складається зі вступу, семи розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 168 сторінок.

У вступі послідовно обґрунтовано актуальність дослідження, сформульовано мету й завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, а також відомості про наявні публікації, апробацію та особистий внесок здобувача.

Перший розділ має оглядовий характер та присвячений сучасним підходам щодо ефективного застосування систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря на основі повітряних теплових насосів з додатковим використанням різних низькопотенційних джерел теплоти або холоду.

Другий розділ присвячений термодинамічному аналізу роботи теплонасосної системи вентиляції та повітряного опалення виробничого приміщення з надлишковим вологовиділенням, у якій застосовано часткову рециркуляцію відпрацьованого повітря для підтримання заданих комфортних умов усередині приміщення.

У третьому розділі основний акцент зроблено на можливості застосування системи вентиляції та кондиціонування з тепловим насосом, щоб підтримувати



комфортні умови всередині виробничої зони в теплу пору року. Особливої уваги заслуговує чисельний аналіз оцінювання впливу змін параметрів навколишнього середовища та характеристик об'єкта на параметри системи.

Четвертий розділ присвячений термодинамічному аналізу моделі теплонасосної установки вентиляції та кондиціювання повітря з рециркуляцією холоду залежно від параметрів зовнішнього повітря, щоб підтримувати температурні й вологісні умови у виробничому приміщенні в теплий період року. Кількісно відображено вагомість рециркуляції холоду для забезпечення високої ефективності роботи схеми.

У п'ятому розділі досліджено ефективність і режими роботи моделі теплонасосної системи вентиляції та кондиціювання повітря з рекуперацією холоду вентиляційного повітря залежно від параметрів зовнішнього повітря, ефективності рекуперації та характеристик приміщення.

У шостому розділі викладено результати термодинамічного аналізу моделі теплонасосної системи вентиляції, кондиціювання та осушення виробничого приміщення за змінних обсягів внутрішніх надходжень вологи й теплоти в період перехідної та теплої пори року.

У сьомому розділі міститься порівняльний термодинамічний аналіз двох найбільш популярних рішень загальної вентиляції та кондиціювання повітря: припливно-витяжних установок, що ґрунтуються на вбудованих контурах теплових насосів або зовнішніх компресорно-конденсаторних блоках.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлено у 21 науковій публікації здобувача, серед яких: 5 статей у наукових виданнях, внесених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та Scopus; 1 стаття в інших виданнях.

Також результати дисертації було апробовано на 13 наукових фахових конференціях.

Публікації здобувача мають високий науковий рівень, проходили рецензування та перевірку на плагіат згідно з умовами видавництва. Особистий внесок здобувача до поданих наукових публікацій є вагомим. Публікації охоплюють усі результати дисертаційного дослідження.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлено в наукових публікаціях здобувача.



### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

Загалом робота справляє позитивне враження, та, попри це, варто відзначити такі зауваження:

1. Мету сформулював здобувач таким чином, що вона швидше становить засоби досягнення мети.

2. У першому розділі схеми систем опалення, вентиляції та кондиціювання на основі повітряних теплових насосів описано без недоліків, бракує їх аналізу та порівняння. Відповідно чітко не сформульовано, чому саме у будівлях із внутрішніми вологовиділеннями наявні теплонасосні системи працюють неефективно і потребують подальшого вдосконалення.

3. У висновках до другого розділу (с. 72) є таке: «Дана система підтримання температурно-вологісних умов всередині приміщення характеризується високою енергетичною ефективністю в широкому діапазоні як параметрів зовнішнього повітря, так і параметрів об'єкта теплопостачання...». Для підтвердження доцільно порівняти питомі затрати зовнішньої енергії схеми, яку запропонував здобувач, із показниками інших відомих теплонасосних систем.

4. Методи термодинамічного моделювання, наведені у другому і третьому розділах, подібні й не потребують повторного пояснення. Те саме стосується опису теплонасосних систем та робочих процесів у п'ятому і шостому розділах. Водночас під час опису імітаційних моделей не зазначено початкових та крайових умов. Це ускладнює оцінювання адекватності моделювання.

5. Не наведено пояснення появи піків на графіках залежності холодильних коефіцієнтів теплового насоса від параметрів навколишнього середовища (рис. 3,5 на с. 86; рис. 5.5 на с. 112; рис. 5,6 на с. 113; рис. 6.5 на с. 125; рис. 6.6 на с. 126; рис. 7.19 на с. 152 і рис. 7.20 на с. 153).

6. У висновках до п'ятого розділу (с. 113) є фраза «Аналіз даної ТНУ вентиляції та кондиціювання показав переваги рекуперації холоду, у порівнянні зі схемою в роботі [9]». Однак саме порівняння в дисертації не наведено.

7. Під час аналізу графіків на рис. 6.6 (с. 126) здобувач стверджує, що значення холодильних коефіцієнтів теплонасосної системи мало залежать від характеристики приміщення, тобто величини  $K$ , у всьому діапазоні температур зовнішнього повітря. Проте самі залежності холодильних коефіцієнтів від параметрів навколишнього середовища побудовано за постійного значення коефіцієнта рекуперації ( $K = 0,2$ ).

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальної наукової новизни та практичної значущості результатів, та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.




### Висновок про дисертаційну роботу.


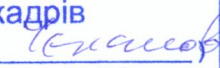
Уважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Місюри Тимофія Олексійовича на тему «Енергоефективність комбінованих схем опалення, вентиляції та кондиціювання на основі повітряних теплових насосів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 14 Електрична інженерія. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю і науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Місюра Тимофій Олексійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 144 Теплоенергетика.

### Рецензент:

доцент кафедри теплової та  
альтернативної енергетики  
Національного технічного  
університету України  
«Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря  
Сікорського»,  
кандидат технічних наук,  
доцент

/   
(підпис)

Підпис гр.	Володимир СЕРЕДА
ЗАСВІДЧУЮ	
Відділ кадрів	
 підпис	 пр-ще



«17» січня 2024 року