

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Ословського Сергія Олексійовича  
на тему «Підвищення енергетичної ефективності теплонасосних схем опалення  
і кондиціонування на основі ґрунтових теплових насосів»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 – електрична інженерія  
за спеціальністю 144 – теплоенергетика

### **Актуальність теми дисертації.**

Сучасний світ стикається зі зростаючим використанням енергії побутовими споживачами та дефіцитом енергоресурсів в загальному. Збільшення населення, індустріалізація, технологічний розвиток і зміни клімату збільшують споживання традиційних джерел енергії, таких як вугілля, нафта і природний газ. Це призводить до збільшення витрат ресурсів на їх видобуток та забруднення довкілля, що ставить під загрозу енергетичну безпеку та призводить до змін клімату.

Теплові насоси виступають як перспективне рішення для зменшення дефіциту енергоресурсів і зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Однією з їхніх ключових переваг є ефективне використання відновлюваних джерел теплоти, таких як повітря, вода або ґрунт. Теплові насоси перетворюють ці низькотемпературні джерела теплоти в енергію, яка може бути використана для опалення приміщень, гарячого водопостачання, вентиляції та кондиціонування повітря.

Відомо, що ТН на базі ґрунтових теплообмінників у якості нижнього джерела теплоти мають високі капітальні затрати на спорудження. В зв'язку з цим їх впровадження є досить складною задачею, для вирішення якої необхідно використовувати комплексний підхід як в проектуванні самих систем опалення так і в розробці нових схем ОВ і К.

Тематика дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку «Енергетика та енергоефективність» та Законам України «Про енергозбереження» і «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» і є актуальною в перерізі викликів сьогодення.

Наукові дослідження здобувач С. О. Ословський виконував на кафедрі теплової та альтернативної енергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського у відповідності до ініціативної НДР «Розробка та дослідження ресурсозберігаючих технологій та процесів у промисловій теплоенергетиці», державний реєстраційний номер 0111U004644 та наукового напрямку кафедри «Процеси переносу в паро- газорідних та теплонасосних системах» під

керівництвом професора кафедри теплової та альтернативної енергетики д-ра техн. наук, проф. Безродного Михайла Костянтиновича.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1) Для опалювально-вентиляційної системи, яка використовує теплоту ґрунту, витяжного повітря та стічних вод, були визначені залежності критеріїв енергоефективності від основних параметрів схеми. Значення цих критеріїв порівнювалися з аналогічними значеннями для схеми без використання додаткових джерел енергії.

2) Проведено аналіз впливу ключових параметрів на ефективність опалювально-вентиляційної системи з використанням теплоти ґрунту і стічних вод будинку. Визначено та проаналізовано залежності питомого навантаження ґрунтового теплообмінника від зовнішньої температури, частки теплового потоку для ГВП та вентиляції в загальному тепловому потоці для опалення.

3) Запропоновано розрахункову модель для визначення термодинамічної ефективності комбінованої системи опалення та вентиляції з використанням послідовно встановлених ґрунтового та повітряного теплових насосів. Була визначена ступінь утилізації теплоти для досягнення найвищого енергетичного ефекту при використанні запропонованого рішення.

4) Проаналізовано схему кондиціонування повітря, використовуючи горизонтальний ґрунтовий тепловий насос в активному та пасивному режимах кондиціонування. Визначено межі роботи системи в обох режимах, а також продемонстровані умови для досягнення суттєвого позитивного ефекту. Результати дослідження співставлено з такими ж для традиційної системи кондиціонування на базі спліт-системи.

5) Отримано та проаналізовано залежності енергетичної ефективності теплового насосу з вертикальним ґрунтовим теплообмінником для кондиціонування повітря. Визначено оптимальні параметри використання запропонованого рішення.

Дисертація містить обґрунтовані результати. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, сформульованих у дисертації, підтверджується достатньою кількістю проведених теоретичних досліджень з використанням сучасних методів, які базуються на загальноприйнятих підходах щодо аналізу процесів теплопереносу. Отримані результати не суперечать висновкам відомих теорій. Результати досліджень пройшли апробацією на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях.



Достовірність результатів досліджень забезпечується коректною постановкою завдань і виконаних досліджень; застосуванням оригінальних математичних моделей; використанням сучасних методів обробки отриманих теоретичних даних, а також аналізом отриманих даних та даних інших дослідників.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання «підвищення енергетичної ефективності теплонасосних схем опалення, вентиляції та кондиціювання повітря на основі ґрунтових теплових насосів» виконане повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Ословського С.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Теплоенергетика».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Процеси переносу в паро- газорідних та теплонасосних системах».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Ословського Сергія Олексійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

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

Дисертація написана українською мовою.

Матеріал дисертаційної роботи викладений на високому науковому та методичному рівнях з дотриманням загальноприйнятої науково-технічної термінології, логічно і послідовно.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаної літератури. Загальний обсяг дисертації 155 сторінок.

У вступі розглянута актуальність проведення досліджень, спрямованих на підвищення ефективності систем опалення, вентиляції і кондиціювання повітря, зокрема теплонасосних. Визначено мету, завдання, методи дослідження, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Також висвітлено особистий внесок дослідника, апробацію роботи, її структуру та обсяг.

У першому розділі проаналізовані сучасні підходи та перспективи розвитку теплонасосних технологій. Висвітлені проблеми впровадження

теплових насосів як альтернативи традиційним джерелам тепла. Детально розглянуті причини обмеженого використання теплових насосів та геотермального теплопостачання в Україні та світі. Визначені основні напрямки та етапи раціонального проектування теплонасосних систем. Також проведений аналіз економічних аспектів впровадження теплових насосів на українському ринку, зазначено аналоги державних програм підтримки.

Другий розділ присвячений термодинамічному аналізу схем опалення і вентиляції на основі ґрунтового теплового насосу. Розроблена комбінована схема, в якій використовуються тепло ґрунту, стічні води та вентиляційні викиди. Проведено числовий аналіз цієї схеми та визначено залежності енергетичної ефективності від різних параметрів. Практичний результат впровадження цієї схеми включає зменшення капітальних та експлуатаційних витрат на систему опалення і вентиляції.

Третій розділ аналізує термодинамічну ефективність використання комбінованих схем кондиціювання повітря з ґрунтовим тепловим насосом. Визначені температури в вузлових точках системи та коефіцієнти їх корисної дії. Порівняно запропоновані системи зі стандартною спліт-системою. Побудовані та проаналізовані залежності енергетичної ефективності від параметрів систем. Визначено оптимальні параметри для забезпечення експлуатаційної ефективності.

Четвертий розділ присвячений розрахунковим дослідженням практичного використання запропонованих рішень для опалення, вентиляції та кондиціювання повітря на базі ґрунтового теплового насосу. Енергетичний аналіз системи для теплопостачання виробничого цеху та приватного будинку підтверджує реальний економічний ефект використання теплових насосів. Проведено порівняння з традиційними системами, визначено параметри для оптимальних експлуатаційних витрат.

Зроблено загальний висновок про те, що розроблені теплонасосні схеми можуть бути успішно впроваджені для підвищення енергоефективності систем опалення, вентиляції і кондиціювання повітря.

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 висвітлені у 7 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях України, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України та мають категорію Б (спеціальність 144 – теплоенергетика); 3 статті у наукових виданнях України, які відносяться до видань про фахові технічні науки; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus,



які віднесені до третього квартиля (Q3) відповідно до класифікації Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 23 наукових фахових конференціях.

Публікації здобувача характеризуються високим науковим рівнем, при їх підготовці до видання проходили відповідні рецензування та перевірку на плагіат згідно з умовами видавництва. Вагомим також є особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих у співавторстві. Публікації охоплюють усі результати наукового дослідження.

Таким чином, наукові результати, які описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

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

Незважаючи на загальне позитивне враження від розглянутої дисертаційної роботи, вона містить деякі зауваження та дискусійні твердження, які наведено нижче.

1. При формулюванні наукової новизни слід замінити слово «розроблено» на «вдосконалено та проаналізовано», так як схема кондиціювання на базі ґрунтового теплового насосу з використанням горизонтального ґрунтового теплообмінника були розроблені раніше, але деякі особливості автором внесені та проаналізовані вперше.

2. У висновках до розділу 1 в пункті 4 слід було б більш широко розкрити «комплексний підхід» до впровадження теплонасосних систем.

3. В розділі 2 пропонується використання теплообмінника стічних вод, для відбору теплоти від стоків будинку. Слід зауважити, що таке рішення не користується популярністю в системах опалення і на це є причини, які не розкриті.

4. Було б доцільно показати економічний ефект від використання запропонованих рішень в грошовому еквіваленті. Це мало б наглядний ефект і зацікавило б більшу аудиторію у впровадженні теплонасосних технологій.

5. В поясненні до рисунку 2.15 (с) зауважено факт випадіння кривої 7 з загальної картини. Хотілось би більш детально висвітлити причини такого явища і пояснити конструктивну можливість переходу ґрунтового теплообмінника в реверсивний режим роботи.

6. Значення коефіцієнта ефективності рекуперації прийнято в точках 0,4, 0,6, 0,8. Для сучасних систем вентиляції такі рекуператори давно не використовують. Доцільніше було б взяти межі від 0,7 до 0,95.

7. Значення оптимальної температури повітря на виході з випарника повітряного ТН, що зображені на кривих (рис. 2.22) інформативніше було б надати у вигляді таблиці.

8. В розділах 4.1 та 4.2 слід було б висвітлити економічні показники, а саме розмір капітальних вкладень на реконструкції існуючих систем або побудову нових систем, економічний ефект від використання запропонованого рішення в порівнянні з традиційними джерелами енергії, термін окупності впровадження ТН систем.

9. Пункти 1-5 загальних висновків є досить загальними без конкретних показників та числових значень отриманих результатів.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Ословського Сергія Олексійовича на тему «Підвищення енергетичної ефективності теплонасосних систем опалення і кондиціонування повітря на основі ґрунтових 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 та 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 Ословський Сергій Олексійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 144 Теплоенергетика.

### **Офіційний опонент:**

Професор кафедри теплоенергетики  
Вінницького національного технічного університету  
МОН України  
доктор технічних наук, професор

 Станіслав ТКАЧЕНКО

М.П. «17» 01 2024 року

