

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Іванова Павла Олександровича на тему: «Підвищення ефективності альтернативного теплопостачання за рахунок енергії ґрунту, ґрунтових та стічних вод», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 – «Теплоенергетика»

Обґрунтування вибору теми дослідження, актуальність.

До теперішнього часу важливим питанням залишається підвищення ефективності інноваційних технологій альтернативного теплозабезпечення шляхом раціонального використанні режимів роботи теплонасосних установок на базі енергії ґрунту, ґрунтових і стічних вод, задля удосконалення енергетичних і екологічних чинників функціонування теплонасосних систем (ТНС), здатних забезпечити сталий фоновий термічний стан джерел альтернативної енергії при довготривалій експлуатації ТНС, з урахуванням кліматичних умов, що призводить до збільшення ефективності процесів в елементах системи та покращення стану довкілля. Але незважаючи на потребу в застосуванні та на чисельні дослідження в галузі теплоенергетики, широкому впровадженню інноваційних технологій альтернативного теплозабезпечення на базі енергії ґрунту, ґрунтових і стічних вод, заважає недостатня обґрунтованість існуючих рішень. Для раціонального використання вказаних систем необхідно використовувати математичні моделі, на основі яких обирати раціональні схемно-конструктивні, режимні та технологічні рішення з урахуванням кліматичних умов, регіонального потенціалу низькопотенційних джерел енергії для ТНС і потреб споживачів з максимальним коефіцієнтом заміщення викопного палива. При цьому, інструментарій удосконалення, розроблений явно недостатньо.

Практична реалізація провадження теплонасосних систем на базі енергії ґрунту, ґрунтових та скидних вод має гарантувати ефективний перебіг процесів в елементах ТНС при довготривалій експлуатації без термічного виснаження низькопотенційних альтернативних джерел енергії (НАДЕ), при

утилізації енергії ґрунту (ГЕ), ґрунтових вод (ГВ) і скидних вод (СВ) у випарнику ТНС, що неможливо без використання методів математичного моделювання для оптимізації параметрів і режимів роботи ТНС на засадах енергозберігаючих технологій.

Отже, тема роботи є актуальною і спрямована на вдосконалення структури паливно-енергетичного комплексу і захисту довкілля.

Таким чином, вибір теми дослідження зумовлений:

– рішення зазначеної проблеми передбачається законами України «Про енергозбереження», «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» та «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні»;

– відсутністю інструментарія удосконалення енергетичних і екологічних параметрів теплонасосних установок з використанням різномірних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ) задля вирішення проблем енергозбереження, для чого необхідним є застосування методів математичного моделювання, задля визначення раціональних режимів роботи системи, які попереджають явища фазового переходу в ґрунті, які можуть виникати при довготривалій експлуатації системи.

На підставі визначеної актуальності було сформульовано мету, завдання та методи дослідження.

Здобувачем наукового ступеню обґрунтовано умови ефективного теплонасосної системи на базі енергії ґрунту, ґрунтових та скидних вод з використанням запропонованого інструментарію математичного моделювання нестационарних теплових процесів в елементах системи з різними НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ) на засадах енергозберігаючих технологій, з урахуванням кліматичних умов та запропоновано схемно-конструктивні, технологічні та режимні параметри ТНС, які здатні забезпечити енергетичні та екологічні переваги функціонування із попередженням можливості фазового переходу в масиві ґрунту навколо ґрунтових зондів і свердловин при довготривалому функціонуванні ТНС, а саме:

- визначено шляхи і методи підвищення ефективності практичної реалізації ТНС з використанням ГЕ, ГВ, СВ на засадах енергозберігаючих технологій;

- запропоновано інструментарій підвищення ефективності альтернативного теплопостачання за рахунок енергії ґрунту, ґрунтових та стічних вод, з використанням методів математичного моделювання теплових процесів в елементах теплонасосних систем на базі різнорідних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ), спрямованого на удосконалення режимів роботи ТНС, який відрізняється можливістю попередження негативного екологічного ефекту, пов'язаного з фазовим переходом в ґрунті при відводі теплоти до випарника теплового насосу;

- удосконалено методику чисельного моделювання параметрів елементів ґрунтових контурів ТНС на базі різнорідних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ), з урахуванням екологічних вимог та кліматичних умов при довготривалій експлуатації системи;

- запропоновано алгоритми та програми чисельного моделювання теплових параметрів елементів ТНС на базі різнорідних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ) на об'єктно-орієнтованій мові, з обґрунтуванням вимог щодо додержання термічної рівноваги ґрунтового масиву при довготривалій експлуатації системи.

- на підставі отриманих результатів розроблено рекомендації щодо вдосконалення параметрів і режимів роботи ТНС на базі різнорідних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ) при довготривалій експлуатації, з урахуваннями кліматичних даних та особливостей перебігу теплових процесів в елементах системи для об'єктів теплозабезпечення різного типу.

Здобувачем було застосовано комплексний підхід з використанням сучасних розрахункових програмних, розроблених математичних моделей і експериментальних досліджень, який дозволив підвищити ефективність застосування ТНС на базі різнорідних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ) при довготривалій

експлуатації для підвищення енергетичної і екологічної ефективності функціонування системи.

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

Дисертаційна робота виконана відповідно до планів, затверджених Міністерством освіти і науки України, які виконано в Національному університеті «Одеська політехніка» і є складовою частиною держбюджетних НДР за темами: НДР 179-41, №ДР (№0119U003518) «Забезпечення ефективного функціонування систем тепlopостачання будівель громадського призначення. Теоретико-методологічні та практичні аспекти»; НДР 131-40, №ДР (№01161U002956) «Розробка методів енергозберігаючого використання традиційних і відновлювальних джерел енергії», та НДР 196-40, №ДР 0121U108310 «Розробка ресурсозберігаючих технологій на підставі термодинамічного аналізу».

Мета і завдання дослідження.

Мета дисертаційної роботи полягає у науково-технічному обґрунтуванні умов ефективного використання теплонасосних систем на базі різномірних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ) для підвищення частки заміщення традиційних ПЕР та захисту довкілля з використанням методів математичного і фізичного моделювання теплових процесів в елементах ТНС зі збереженням термічної стабільності ґрунтового масиву, що базується на засобах математичного моделювання процесів в елементах системи, з урахуванням регіональних потреб і технічного потенціалу НАДЕ.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні завдання:

–виконати аналіз теплонасосних систем на базі низькопотенційних джерел енергії (ГЕ, ГВ та СВ) та запропонувати умови вдосконалення режимів роботи системи, їх схемно-технологічних та режимних параметрів на засадах енергозберігаючих технологій;

– розробити математичну модель теплових процесів в елементах ТНС з використанням енергії ґрунту, ґрунтової води та скидних вод, з урахуванням екологічних вимог, а саме, недопущення шкідливого екологічного впливу через термічну релаксацію ґрунту при довготривалому функціонуванні системи;

– виконати чисельне моделювання теплових процесів в елементах теплонасосної системи з використанням різномірних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ) та визначити енергетичну і екологічну ефективність системи при змінних кліматичних та технологічних умовах, які відповідають потребам споживачів;

– розробити алгоритми та програми розрахунку параметрів теплових процесів в елементах ТНС з використанням енергії ґрунту, ґрунтової води та скидних вод та розробити рекомендації, що спрямовані на удосконалення режимів функціонування ТНС на засадах енергозберігаючих технологій.

Об'єктом дослідження є теплові процеси в елементах теплонасосної системи теплопостачання з використанням різномірних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ), що дозволяє вирішити важливу науково-технічну проблему вдосконалення енергетичних, екологічних і режимних параметрів роботи ТНС на принципах сталого розвитку, що дозволяє вирішити важливу науково-технічну проблему вдосконалення довготривалого функціонування системи на засадах енергозберігаючих технологій.

Предметом дослідження є режими функціонування теплонасосних систем з використанням енергії ґрунту, ґрунтових і скидних вод, які не призводять до промерзання масиву ґрунту при довготривалій експлуатації ТНС, з урахуванням технічного потенціалу різномірних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ) та кліматичних умов.

Методи досліджень. Використовувались теоретичні та експериментальні методи дослідження як інструментарій для вдосконалення теплових і режимних параметрів об'єкту дослідження.

Наукова новизна дослідження: основний науковий результат полягає у науково-технічному обґрунтування умов ефективної практичної реалізації ефективної практичної реалізації ТНС з використанням різнорідних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ), що базується на засобах математичного моделювання процесів і експериментальних даних для оптимізації режимів роботи і вдосконалення режимів роботи при довготривалому функціонуванні ТНС.

Теоретичне значення: дисертація містить нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати виконаного дослідження, які мають суттєве значення для галузі теплоенергетики, і свідчить про особистий внесок здобувача в науку.

Практичне значення: запропоновані в дисертаційній роботі моделі і методи були використані для широкої низки практичних застосувань. Розроблено інструментарій визначення доцільності практичної реалізації ТНС з використанням ГЕ, ГВ і СВ, удосконалених за низкою технологічних, режимних, енерго-екологічних і техніко-економічних показників, дозволяє рекомендувати одержані результати для широкого спектру прикладних завдань галузі, спрямованих на підвищення надійності системи і покращення стану довкілля.

Особистий висновок здобувача.

Дисертація є самостійною науковою працею, в якій висвітлені власні ідеї і розробки автора, які дозволили вирішити поставлені завдання. Робота містить теоретичні і експериментальні результати, а також висновки, які сформульовані здобувачем особисто. Використані в дисертації ідеї, положення чи гіпотези інших авторів мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей здобувачки.

Основні положення та результати дисертації отримані автором самостійно в період з 2022 по 2026 роки, до яких слід віднести:

– розроблено методику аналізу умов функціонування ТНС, з використанням різнорідних НАДЕ (ГЕ, ГВ, СВ) для промислових,

агропромислових, муніципальних та автономних споживачів, що дозволяє обґрунтувати їх ефективність, з урахуванням кліматичних умов регіонів застосування;

- виконано аналіз попередження промерзання масиву ґрунту при роботі теплонасосної систем з використанням різнорідних НАДЕ, для об'єктів теплопостачання, з урахуванням режимів роботи системи за результатами теоретичних та експериментальних даних;

- виконано теоретичні і експериментальні дослідження теплонасосної систем з використанням різнорідних НАДЕ, які дозволили обґрунтувати раціональні умови використання ТНС, які призводять до корисного ефекту зменшення втрат енергії в системі;

- розроблено математичну модель ТНС, з використанням ГЕ, ГВ і СВ з урахуванням технічного потенціалу і кліматичних даних протягом довготривалого періоду функціонування системи;

- обґрунтовано доцільність практичної реалізації запропонованих рішень, спрямованих на удосконалення ТНС, з використанням ГЕ, ГВ і СВ, з урахуванням режимів роботи, технічного потенціалу НАДЕ, регіональних кліматичних умов та потреб споживачів, а також у виконанні числового моделювання процесів в елементах системи, узагальнення результатів та визначені доцільності практичного застосування розробок в різних кліматичних умовах;

- виконано аналіз ефективності режимів роботи теплонасосної систем з використанням ГЕ, для об'єктів теплопостачання, з урахуванням режимів роботи системи за результатами теоретичних та експериментальних даних;

- оприлюднено результати пропозицій згідно запиту практики.

Апробація результатів дослідження.

Основні положення та результати дисертації доповідалися на семи міжнародних науково-практичних конференціях:

– VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Наукові дослідження як механізм впливу на розвиток людства» (31 Січня - 2 Лютого, 2024), Софія, Болгарія: https://isu-conference.com/wp-content/uploads/2024/03/Scientific-research-as-a-mechanism-of-effective-human-development_Jan_31_Feb_2_2024_Sofia_Bulgaria.pdf;

– XXXII Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р., ХПІ, Харків, Україна: <https://science.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2024/05/Zbirnik-tez-MicroCAD-2024.pdf>;

– XVIII Міжнародній науково-практичній конференції «Scientific Research as a Mechanism of Effective Human Development», 09 – 12 травня, 2023 р. м. Більбао, Іспанія: <https://isg-konf.com/uk/theoretical-and-applied-aspects-of-the-development-of-science/>

– II Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні досягнення, з використанням новітніх технологій», 17-20 січня 2023 р., Лісабон, Португалія <https://isg-konf.com/uk/modern-education-using-the-latest-technologies/>

– X Міжнародна наукова конференція «Інформатика Культура Техніка», 26 – 27 вересня.2024 р. Одеса, Україна <https://doi.org.10.15276/ict.01.2024.49>;

– XXXIII Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р., ХПІ, Харків, Україна <https://ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/05/Zbirnik-tez-2025.pdf>;

XI Міжнародна наукова конференція «Інформатика Культура Техніка», 16–17 жовтня 2025, ХПІ, Харків, Україна <https://doi.org/10.15276/ict.02.2025.82>

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи викладено в 14 публікаціях, в т.ч. 1 стаття в наукометричній базі Scopus, 5 статей у наукових фахових виданнях України, 8 публікації – апробаційного характеру: тези доповідей в збірниках праць міжнародних науково-практичних конференцій.

Список опублікованих праць за темою дисертації.

1. Denysova A.A., Ivanov P., Mazurenko A.S., Zhaivoron O.S. Perfection of an Energy-Economic and Environmental Parameters of the Ground Source Heat Pump Systems with Preventing Freezing of the Soil around Ground Pipes// Problemele energeticii regionale 2(62) 2024. – P. 108 -120. – Available from: DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2024.2-62.10> (*Indexed in SCOPUS*)

2. Denysova A.E., Ivanov P.O. The toolkit of numerical modelling of the operating modes of the geothermal heat pump for heating and cooling with the account of climate conditions // Refrigeration Engineering and Technology, 2026. – Available from: <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/reftech/article/view/3380> (*Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»*).

3. Денисова А.С., Іванов П.О. Математичне моделювання нестационарних теплових процесів в ґрунтовій теплонасосній системі// Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, 2023, No 2 (1366). С. 11– 17. – Режим доступу: DOI: <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2023.02.02> (*Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»*).

4. Denysova A.E., Ivanov P. A. Modelling of thermal processes in vertical heat exchangers of ground-source heat pump / Herald of Advanced Information Technology 2023; Vol.6. No.4. P. 352–362. – Режим доступу: DOI: <https://doi.org/10.15276/hait.06.2023.23> (*Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»*)

5. Alla Denysova, Svitlana G. Antoshchuk, Pavlo O. Ivanov, Olena O. Arsirii, Anastasiya S. Troynina. Modelling of the temperature field in the soil massive for different operating modes of the ground source heat pump // Applied Aspects of Information Technology. 2024, N7 (3): 242–254. Режим доступу: <https://doi.org/10.15276/aait.07.2024.17>
<https://tests.hait.od.ua/index.php/journal/article/view/15> (*Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»*).

6. A. Mazurenko, O. Klymchuk, G. Luzhanska, P. Ivanov, I. Sergeiev. Ensuring increased reliability and efficiency of heat supply systems due to the use of microturbines in conditions of unstable power supply// Proceedings of Odessa Polytechnic University, Issue 2(66), 2022 – P.58-63. Режим доступу: DOI: 10.15276/opu.2.66.2022.07 <https://doi.org/10.15276/opu.2.66.2022.07>
<https://pratsi.op.edu.ua/index.php/pratsi/article/view/33/33>
(Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»).

Наукові роботи, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. Іванов П.О., Шилов П.О. Ефективність роботи теплового насосу у послідовно- паралельній схемі системи опалення// Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 751. Режим доступу: <https://ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/05/Zbirnik-tez-2025.pdf>

8. Іванов П.О., Чабан А.О. Підтримка умов мікроклімату на засадах енергозберігаючих технологій // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 750. Режим доступу: <https://ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/05/Zbirnik-tez-2025.pdf>

9. Денисова А. Є., Іванов П. О. Ексергетична ефективність теплонасосних технологій для когенераційних потреб// Proceedings of XI International conference "Informatics. Culture. Technique". Інноваційні енергетичні технології, Одеса, 16–17 жовтня 2025 р., №2.–С.548–554– Режим доступу: <https://doi.org/10.15276/ict.02.2025.82>

10. Іванов П.О. Методика визначення температури теплоносія на виході з ґрунтового теплообмінника теплонасосної системи // VIII International scientific and practical conference VIII International scientific and practical

conference «Scientific Research as a Mechanism of Effective Human Development» (January 31-February 2, 2024) Sofia, Bulgaria, International Scientific Unity. 2024. С.341–344. – Режим доступу: https://isu-conference.com/wp-content/uploads/2024/03/Scientific-research-as-a-mechanism-of-effective-human-development_Jan_31_Feb_2_2024_Sofia_Bulgaria.pdf

11. А.Є.Денисова, П.О.Іванов. Модель нестационарних теплових процесів в ґрунтовій теплонасосній системі // Proceedings of X International conference "Informatics. Culture. Technique". Інноваційні енергетичні технології, 2024, Vol. 1, N1. – Р. 315–322. – Режим доступу: <https://doi.org.10.15276/ict.01.2024.49>

12. Іванов П.О., Мазуренко А.С. Забезпечення ефективності теплонасосної системи // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 583. – Режим доступу: <https://science.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2024/05/Zbirnik-tez-MicroCAD-2024.pdf>

13. Мазуренко А.С., Іванов П.О., Шавров В.В. Перспективи використання води свердловин для теплонасосних систем тепlopостачання // Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference “Theoretical and applied aspects of the development of science”. Bilbao, Spain. May 09 – 12, 2023. – С.471-474. – Режим доступу: <https://isg-konf.com/uk/theoretical-and-applied-aspects-of-the-development-of-science/>

14. Мазуренко А.С., Лужанська Г.В., Іванов П.О., Гафінчук В.М., Хавара Ю.П. Використання мікротурбін автономного енергозабезпечення в міському та сільському господарстві // II Міжнародна науково-практична конференція “Modern education using the latest technologies”, 17-20 січня 2023 р., Лісабон, Португалія. –С 468– 470. Режим доступу: <https://isg-konf.com/uk/modern-education-using-the-latest-technologies/>

У результаті публічної презентації дисертації **Іванова Павла Олександровича** та повноти публікацій основних результатів дослідження

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Іванова Павла Олександровича на тему: «Підвищення ефективності альтернативного теплопостачання за рахунок енергії ґрунту, ґрунтових та стічних вод».

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Іванова Павла Олександровича «Підвищення ефективності альтернативного теплопостачання за рахунок енергії ґрунту, ґрунтових та стічних вод» відповідає спеціальності 144 «Теплоенергетика» та вимогам 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.

3. Враховуючи позитивний висновок щодо дисертаційної роботи рекомендувати Іванову Павлу Олександровичу звернутися до вченої ради Національного університету «Одеська політехніка» із заявою щодо утворення разової ради із захисту дисертації на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 «Теплоенергетика».

Головуючий на засіданні

доктор технічних наук, професор, професор кафедри
теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики
Українсько-польського навчально-наукового інституту
Національного університету
«Одеська політехніка»



Василь АРСІРІЙ