

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЛЯ ВАРІАНТІВ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ ПАРОВОЇ ПРОМИСЛОВО- ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Проведено дослідження та оцінка показників екологічної безпеки для варіантів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні.*

**Ключові слова:** теплонасосна установка, екологічна безпека, тепла схема.

## *Abstract*

*Research and assessment of environmental safety indicators for options for the use of heat pump installations in the thermal scheme of a steam industrial heating boiler house were carried out.*

**Key words:** heat pump installation, environmental safety, thermal scheme.

## Вступ

Теплові насоси вважаються одним з найбільш екологічно безпечних способів отримання теплової енергії. При правильному підході до проектування, встановлення та експлуатації теплонасосні установки (ТНУ) є одним з найбільш екологічно безпечних способів теплозабезпечення. Ключовими факторами є використання сучасного обладнання, дотримання всіх технічних та екологічних норм, а також забезпечення належного обслуговування систем.

Проаналізуємо основні показники життєвого циклу теплових насосів (ТН). До інтегральних показників життєвого циклу теплового насосу слід віднести:

1. Економічні: загальна вартість життєвого циклу, період окупності, експлуатаційні витрати;
2. Екологічні: сумарний вуглецевий слід, загальний вплив на довкілля, потенціал глобального потепління;
3. Енергетичні: загальний енергетичний баланс, коефіцієнт енергетичної ефективності; енергозбереження за весь період;
4. Ресурсні: загальне споживання матеріалів, можливість повторного використання, ефективність використання ресурсів.

Ці показники дозволяють оцінити загальну ефективність та екологічність теплових насосів протягом всього життєвого циклу та визначити напрямки для їх оптимізації.

В наших дослідженнях [1 – 16] були обґрунтовані та визначені основні показники ефективності та екологічної безпеки теплонасосних установок, з урахуванням інтегрального впливу енергетичних, економічних та екологічних показників.

## Результати дослідження

**Метою дослідження** є оцінка показників екологічної безпеки для варіантів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні. В дослідженні використано науково-методологічні основи та результати з попередніх досліджень з [1 – 16].

Екологічний вплив варіантів застосування теплових насосів в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні в нашому дослідженні оцінено в програмі компанії Treeze Ltd [17], що створена для оцінки життєвого циклу. Використано програму-калькулятор компанії Treeze Ltd для оцінки екологічного впливу ТНУ [18]. В цій програмі екологічний вплив варіантів застосування ТНУ оцінюється за Швейцарською методикою «Точка впливу на навколишнє середовище 2021» (оновлена версія). Програма-калькулятор компанії Treeze Ltd для оцінки екологічного впливу ТНУ оцінює вплив джерела низькотемпературної теплоти, значення коефіцієнта перетворення ТНУ (загального та локального), враховує тип будівлі (нова, стара будівля) та пропонує структуру спожитої електроенергії (альтернативний варіант, мережева чи з відновлюваних джерел). Результати моделювання оцінюють екологічний вплив певного варіанту ТНУ та режиму її роботи, виду використаної електричної енергії. Результати моделювання представлені на рис. 1 – 4.

На рис. 1 та 2 для прикладу показані енергетичні та екологічні показники роботи теплового насоса типу «вторинні енергоресурси-вода» у разі значення локального коефіцієнта ефективності 3, електроенергія з мережі.

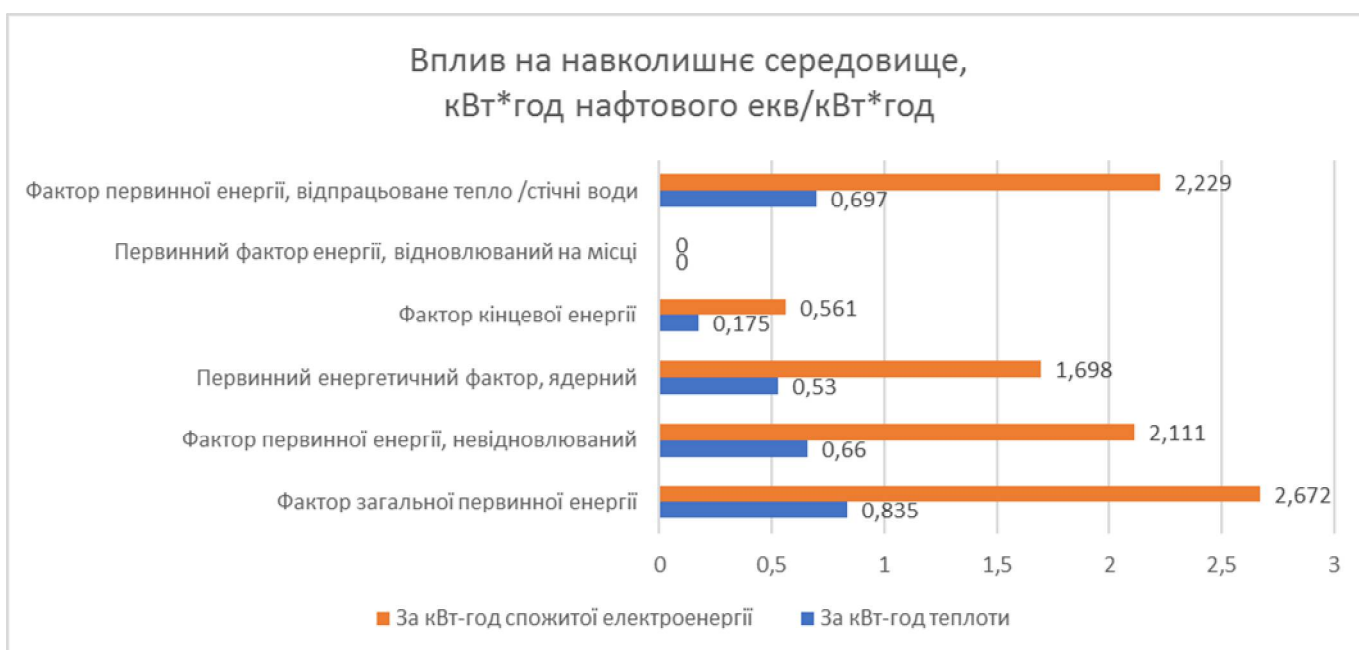


Рис. 1 – Результати моделювання енергетичних показників в «Калькуляторі теплового насосу»

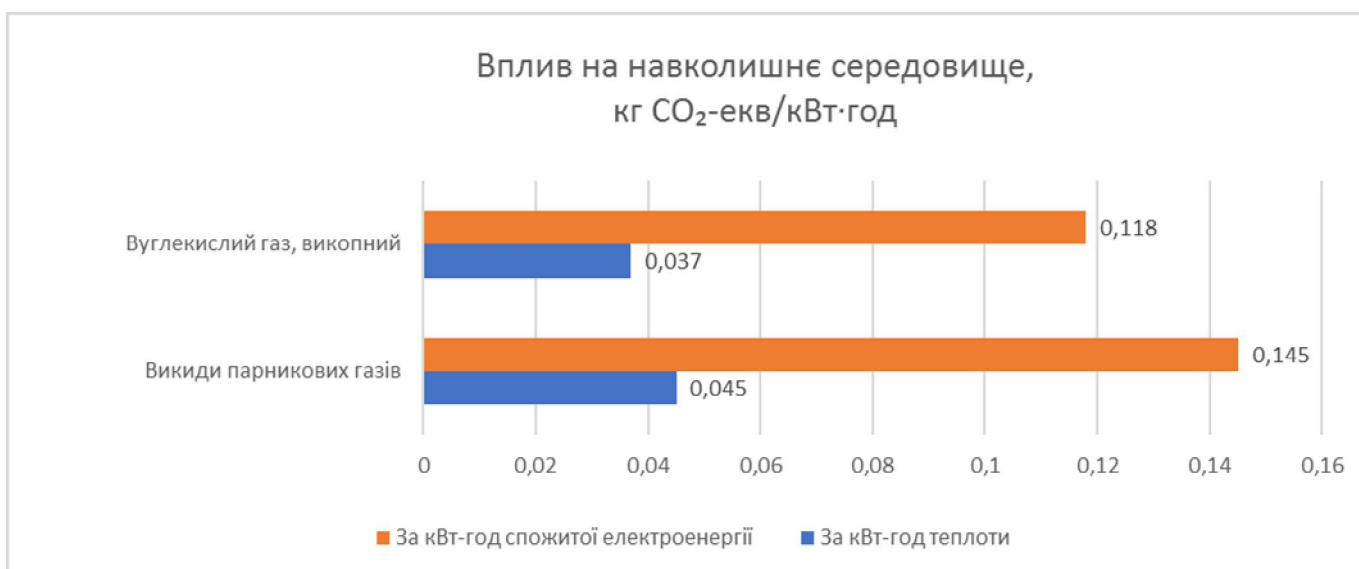


Рис. 2 – Результати моделювання екологічних показників в «Калькуляторі теплового насосу»

На рис. 3 та 4 для прикладу показані енергетичні та екологічні показники роботи теплового насоса типу «вторинні енергоресурси-вода» у разі значення локального коефіцієнта ефективності 3, електроенергія з відновлюваних джерел.

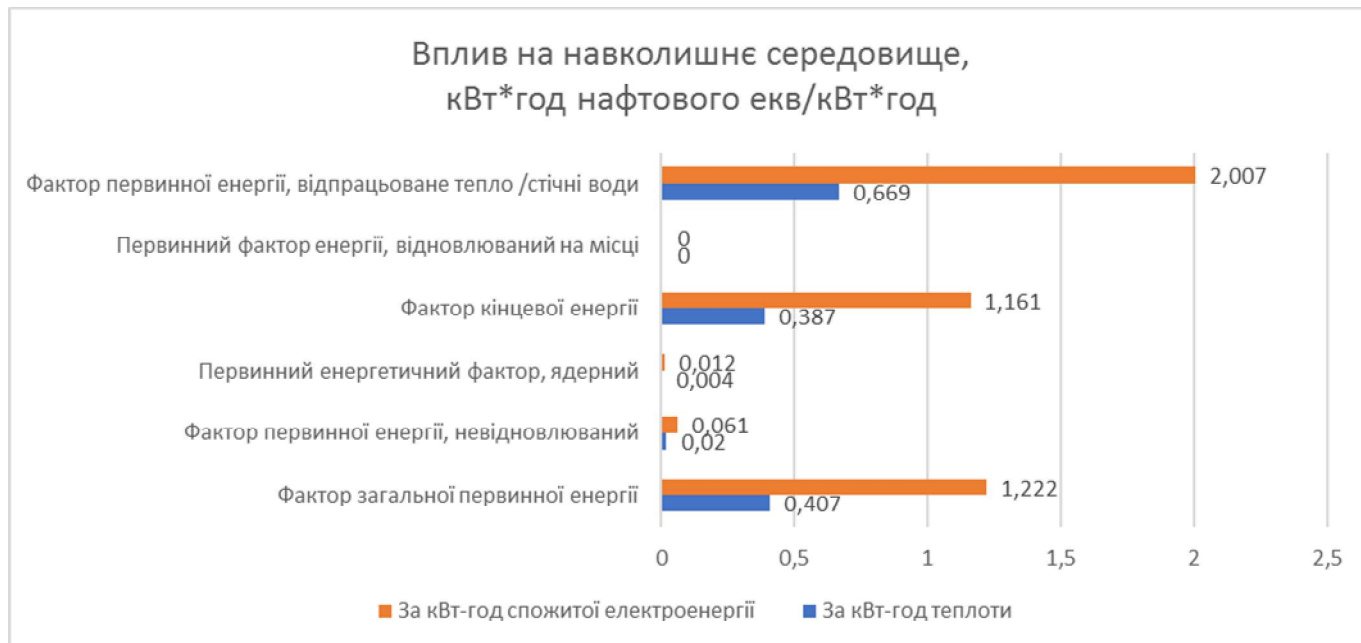


Рис. 3 – Результати моделювання енергетичних показників в «Калькуляторі теплового насосу»

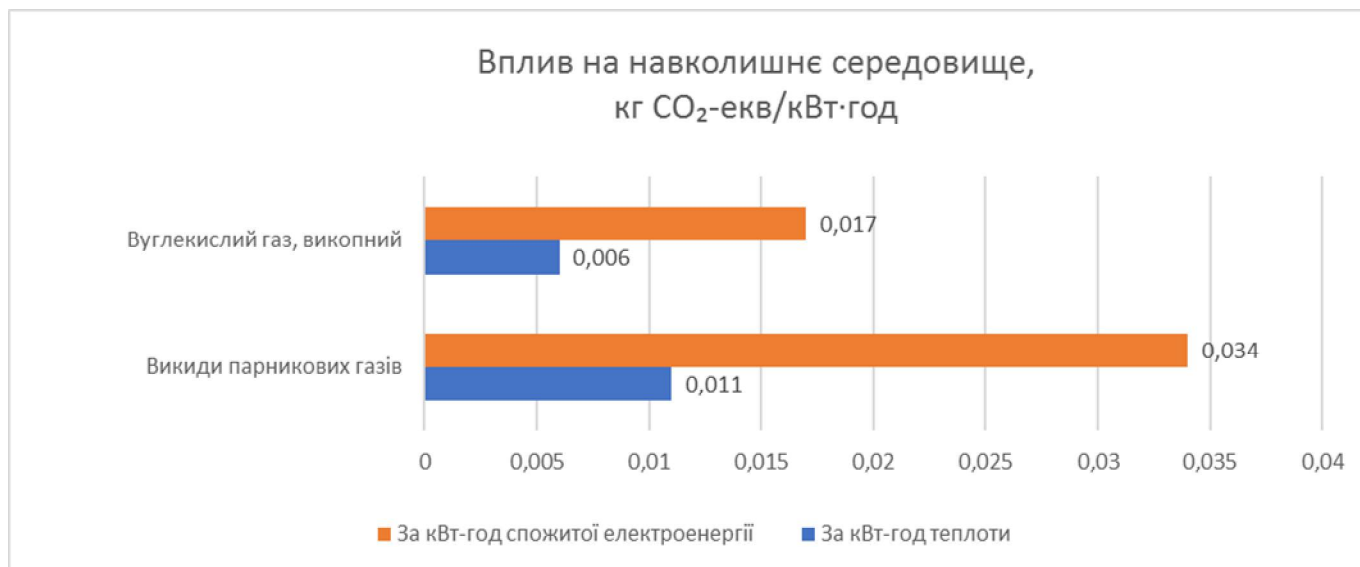


Рис. 4 – Результати моделювання екологічних показників в «Калькуляторі теплового насосу»

На основі аналізу показників екологічної безпеки варіантів застосування теплових насосів в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні (рис. 1 – 4), підтверджено покращення показників екологічної безпеки котельні у разі використання теплоти вторинних енергоресурсів котельні в теплових насосах та електроенергії з відновлюваних джерел (для порівняння рис. 1 - 2 та 3 - 4).

## Висновки

1. В дослідженні виконана оцінка показників екологічної безпеки для варіантів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні. В дослідженні використано науково-методологічні основи та результати з попередніх досліджень. Екологічний вплив варіантів застосування теплових насосів в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні в нашому дослідженні оцінено в програмі компанії Treeze Ltd, що створена для оцінки життєвого циклу. Використано програму-калькулятор компанії Treeze Ltd для оцінки екологічного впливу ТНУ.

2. На основі аналізу показників екологічної безпеки варіантів застосування теплових насосів в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні, підтверджено покращення показників екологічної безпеки котельні у разі використання теплоти вторинних енергоресурсів котельні в теплових насосах та електроенергії з відновлюваних джерел.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph. Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 62 p
2. Остапенко О. П. Холодильна техніка та холодильна технологія. Теплові насоси : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2015. 123 с.
3. Остапенко О. П., Бакум О. В., Ющишина А. В. Енергетичний, екологічний та економічний аспекти ефективності теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти. Наукові праці ВНТУ. 2013. № 3. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/371/369> (Дата звертання 01.12.24)
4. Ostapenko O. P. Estimation of energy-ecological-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations in Ukraine, in the concepts of green logistics and sustainable development. Institutional Development Mechanism Of The Financial System Of The National Economy: Collective monograph. Batumi: Publishing House "Kalmosani", 2020, 232 p. P. 52 – 66.
5. Ostapenko Olga. Study of energy-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations, using the heat of the industrial and natural sources, in industry and municipal heat power branch of Ukraine. Social and Legal Aspects of the Development of Civil Society Institutions: Collective Monograph. Part I. Warsaw: Institute of European Integration, Bmt Eridia Sp. z o. o., 2019, 536 p. P. 292 – 308.
6. Ostapenko O. P. Estimation of tendencies of transforming the energy sectors of World, European Union and Ukraine in the perspective to 2050 with using the renewable energy sources in the concept of Sustainable Development. Social capital: Vectors of development of behavioural economics: Collective monograph. ACCESS Press Publishing house: Veliko Tarnovo, Bulgaria, 2021, 184 p. P. 99 – 139.
7. Ostapenko O, Alina G, Serikova M, Popp L, Kurbatova T and Bashu Z. (2023) Towards Overcoming Energy Crisis and Energy Transition Acceleration: Evaluation of Economic and Environmental Perspectives of Renewable Energy Development. In: Koval V, Olczak P (eds) *Circular Economy for Renewable Energy. Green Energy and Technology*. Cham: Springer,. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0_7) (Дата звертання 01.12.24).
8. Остапенко О. П. Високоєфективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками: енергетичний, економічний та екологічний аспекти ефективності. Енергоєфективність та енергозбереження: економічний, технічний та агроєкологічний аспекти: колект. моногр. Полтава: ПП Астроя, 2019. С. 526 – 530.
9. Остапенко О. П. Методичні основи з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти. Наукові праці ОНАХТ. 2017. Т. 81. Вип. 1. С. 136 – 141.
10. Остапенко О. П. Методичні основи з комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти. Наукові праці ВНТУ. 2017. № 3. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/515/507> (Дата звертання 01.12.24)
11. Ostapenko, O., Savina, N., Mamatova, L., Zienina-Bilichenko, A. & Selezneva, O. (2020). Perspectives of application of innovative resource-saving technologies in the concepts of green logistics and sustainable development. Turismo: Estudos & Práticas (UERN), Mossoró/RN, Caderno Suplementar, 02. URL: <http://geplat.com/rtep/index.php/tourism/article/view/488> (Дата звертання 01.12.24)
12. Ostapenko, O. P. Substantiation of the method of complex assessment of energy-ecological-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations and peak sources of heat. Scientific Works of Vinnytsia National Technical University. 2018. №1. URL: <https://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/526/524> (Дата звертання 01.12.24)
13. Ostapenko O. P. Estimation of efficiency of energy- and resource-saving heat pump technologies in Ukraine, in the concepts of Green Logistics and Sustainable Development. Modern Approaches to Knowledge Management Development : Collective Monograph. Ljubljana: Visoka šola za poslovne vede. 2020, 543 p. P. 174 – 186.
14. Ostapenko, O.; Olczak, P.; Koval, V.; Hren, L.; Matuszewska, D.; Postupna, O. (2022). Application of Geoinformation Systems for Assessment of Effective Integration of Renewable Energy Technologies in the Energy Sector of Ukraine. Appl. Sci. 2022, 12, 592. URL : <https://doi.org/10.3390/app12020592> (Дата звертання 01.12.24)
15. Ostapenko Olga. Analysis of energy, ecological and economic efficiency of steam compressor heat pump installations, as compared with alternative sources of heat supply, with accounting the concept of sustainable development // Sustainable Development Under the Conditions of European Integration: Collective monograph / [editorial board Darko Bele, Lidija Weis, Nevenka Maher]. Part II. – Ljubljana: VŠPV, Visoka šola za poslovne vede = Ljubljana School of Business, 2019, 458 p. P. 312 – 329.

16. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця. 2009. 176 с.
17. Програмний продукт компанії Treeze Ltd з оцінки життєвого циклу. URL: <https://treeze.ch/> (Дата звертання 01.12.24).
18. Калькулятор теплового насосу. URL: [https://rechner.umweltchemie.ch/HTML/Waermerpumpen22\\_de\\_v5/Oekobilanzrechner\\_Waermerpumpen\\_2022\\_deutsch\\_v5\\_UVEK2022.htm](https://rechner.umweltchemie.ch/HTML/Waermerpumpen22_de_v5/Oekobilanzrechner_Waermerpumpen_2022_deutsch_v5_UVEK2022.htm) (Дата звертання 01.12.24).

**Ольга Павлівна Остапенко** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [ostapenko1208@gmail.com](mailto:ostapenko1208@gmail.com)

**Сергій Валерійович Хмара** – студент групи ТЕ-23м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Olga P. Ostapenko** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [ostapenko1208@gmail.com](mailto:ostapenko1208@gmail.com)

**Serhii V. Khmara** – Student of the Faculty of the Building, of Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia