

ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВАРІАНТІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведена оцінка показників енергетичної та екологічної ефективності варіантів підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі водогрійної котельні.

Ключові слова: теплонасосна установка, техніко-економічні показники, тепла схема.

Abstract

An evaluation of the energy and environmental efficiency indicators of the options for increasing the efficiency of energy use in the thermal scheme of the water-heating boiler house was carried out.

Key words: heat pump installation, technical and economic indicators, thermal scheme.

Вступ

На основі результатів багаторічних досліджень [1 – 16] були отримані показники відносної паливної економічності комбінованих когенераційних теплонасосних установок, які підтверджують більш високу енергоефективність комбінованих установок, перспективність і доцільність їх застосування в муніципальній теплоенергетиці і теплотехнологіях в Україні.

Результати дослідження

Метою дослідження є оцінка показників енергетичної та екологічної ефективності варіантів підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі водогрійної котельні. На основі проведеного аналітичного огляду літературної інформації щодо енергоефективної енергозберігаючої технології теплових насосів було враховано світовий та європейський досвід. Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі водогрійної котельні досягатиметься за рахунок впровадження когенераційної теплонасосної установки (ТНУ) в тепловій схемі котельні. Виконаний аналіз низки показників енергетичної та екологічної ефективності теплової схеми водогрійної котельні з ТНУ, використано методологічні основи та результати досліджень з [1 – 16].

Початкові дані для виконання досліджень показників ефективності теплонасосних установок з використанням математичної моделі пароконденсійної теплонасосної установки визначені у [8 – 16]. Математичний опис систем з тепловими насосами закладений у модель для досліджень показників теплонасосних установок у відомих та широко застосовуваних програмних продуктах. Моделювання роботи теплових насосів здійснювалось в програмі HP FAT Calculator Programme-2023 [17] (розробка Датського Технологічного Інституту). HP FAT (Heat Pump First Assessment Tool) створена на основі пакета Engineering Equation Solver (EES) [18] і відповідного математичного опису теплового насосу. EES забезпечує врахування термодинамічних властивостей, спрощує визначення термодинамічних властивостей холодоагенту з використанням вбудованих функцій. HP FAT виконує оцінку ефективності схем з тепловим насосом, потужностей та визначає прості фінансові показники.

На рис. 1 – 3 проілюстровано результати моделювання HP FAT для трьох режимів роботи схеми з теплонасосними установками у відповідності з режимними параметрами теплової схеми котельні.

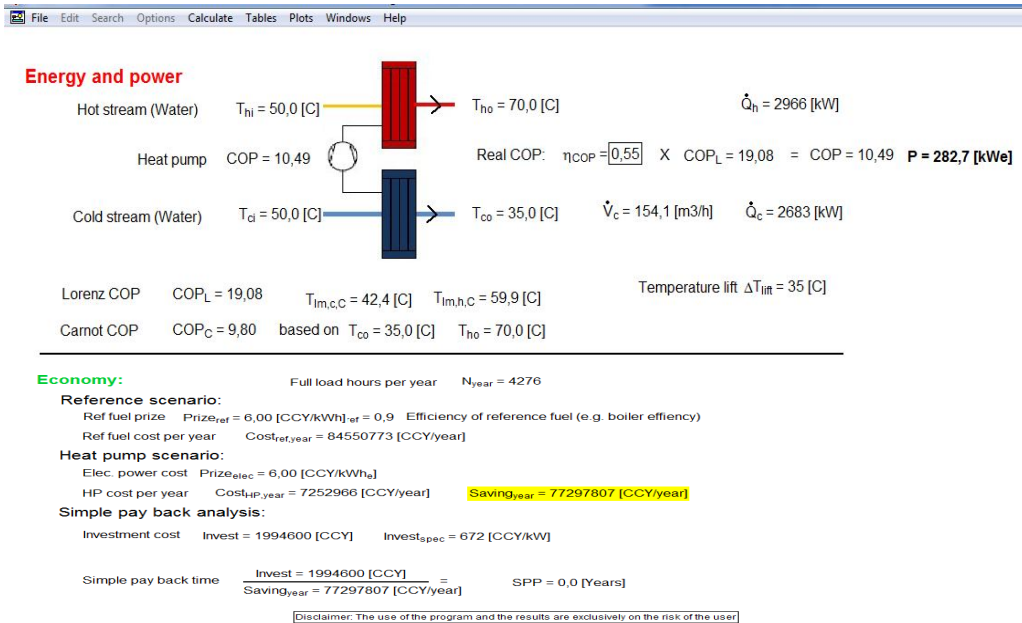


Рис. 1 – Результати моделювання HP FAT

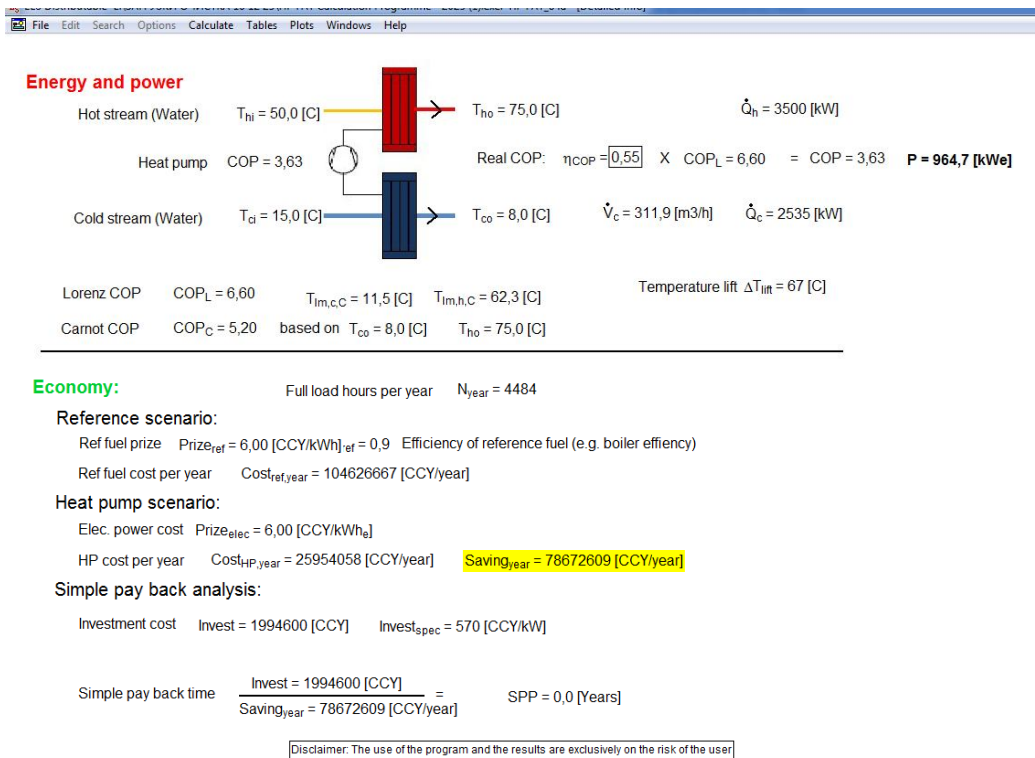


Рис. 2 – Результати моделювання HP FAT

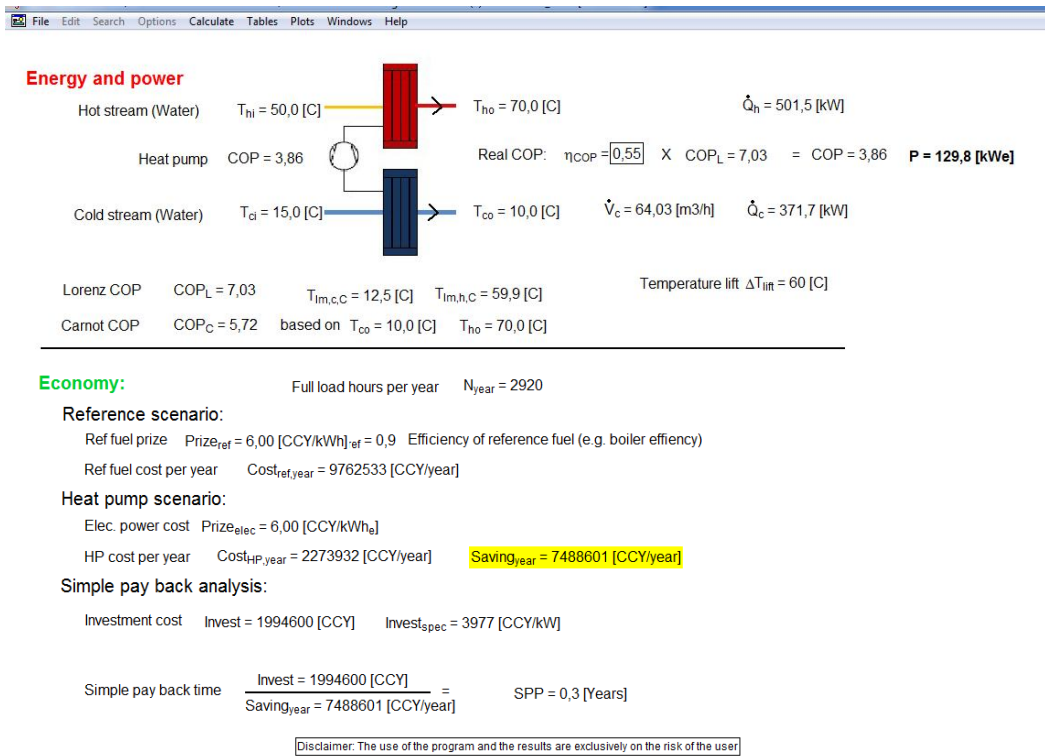


Рис. 3 – Результати моделювання НР FAT

Екологічний вплив варіантів модернізації було оцінено в програмі компанії Treeze Ltd з оцінки життєвого циклу [19]. Використано програми-калькулятори теплових насосів та різних джерел генерування теплової та електричної енергії [20 – 21], що дозволяють оцінити вплив на навколишнє середовище.

Результати математичного моделювання з використанням програмних продуктів.

Моделювання здійснювалось для теплових насосів, для граничних значень локальних та загальних коефіцієнтів ефективності в діапазоні 3...4.

Результати моделювання з використанням програмних продуктів представлені на рис. 1 – 9.

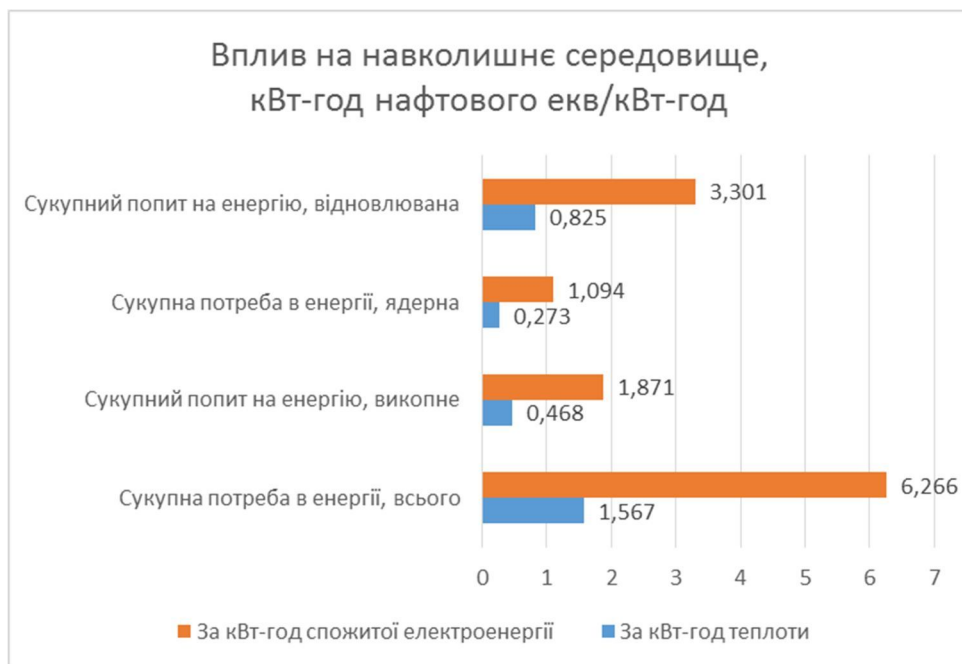


Рис. 4 – Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода»

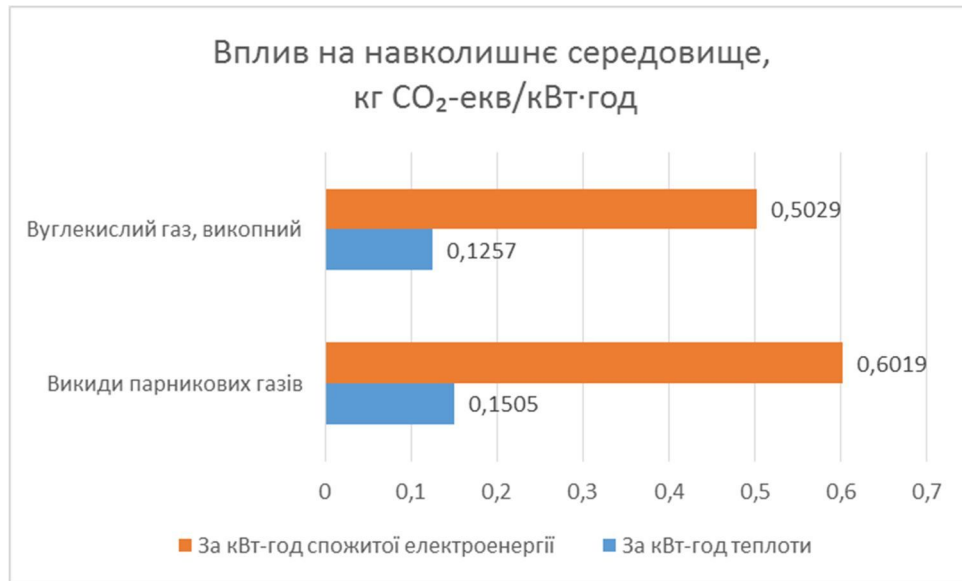


Рис. 5 – Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода»

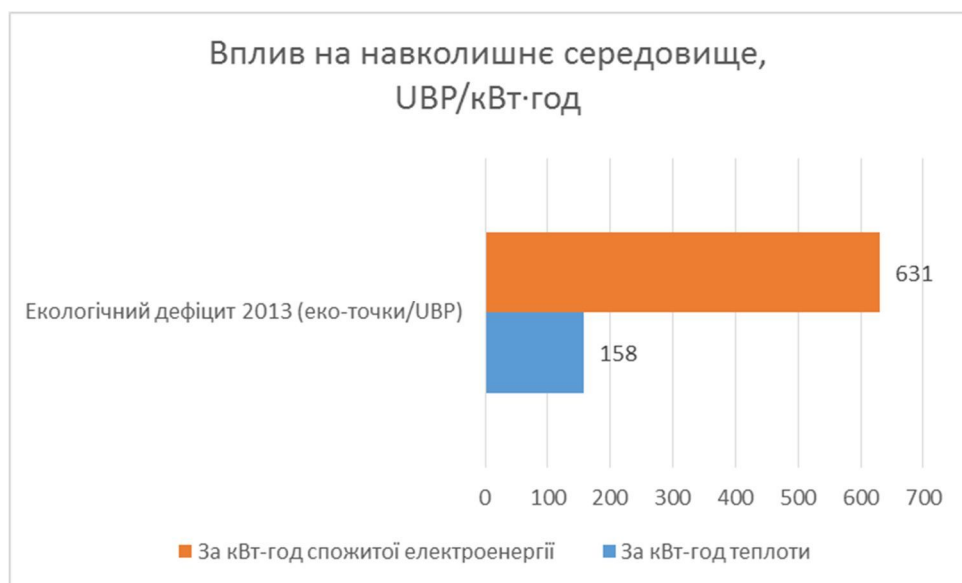


Рис. 6 – Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода»

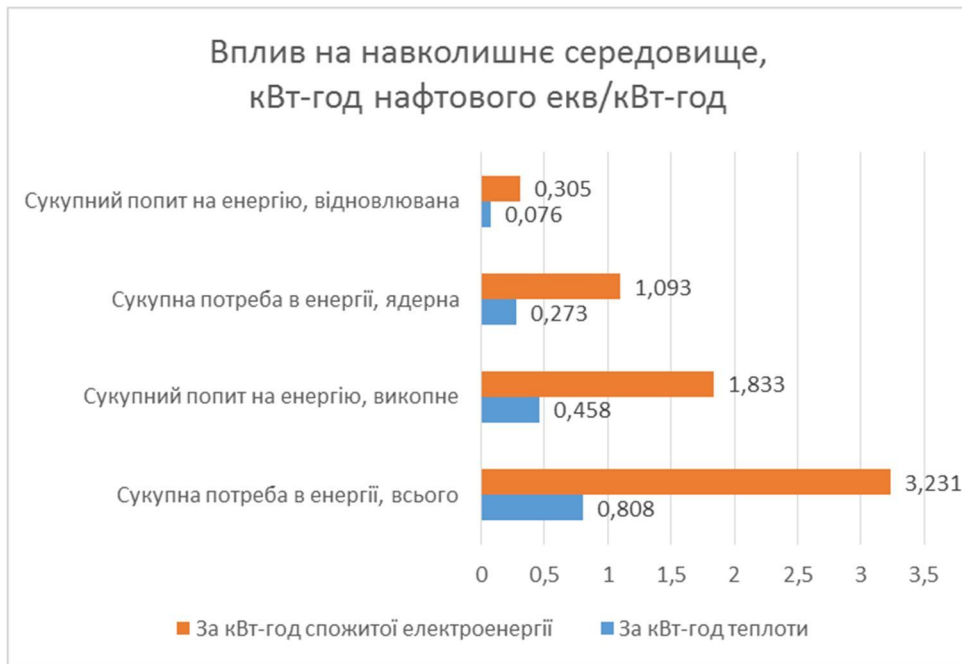


Рис. 7 – Показники роботи теплового насоса «вторинні енергоресурси-вода»

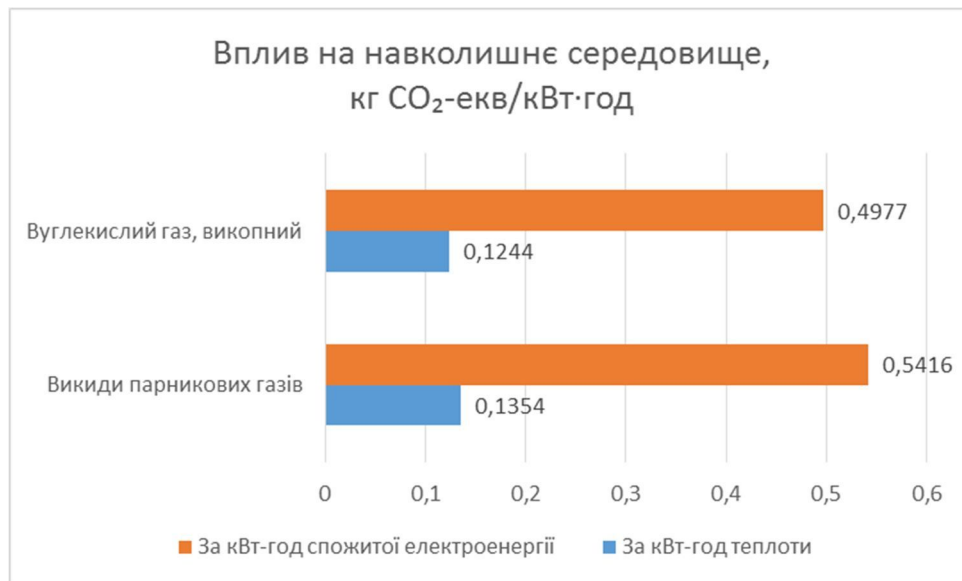


Рис. 8 – Показники роботи теплового насоса «вторинні енергоресурси-вода»

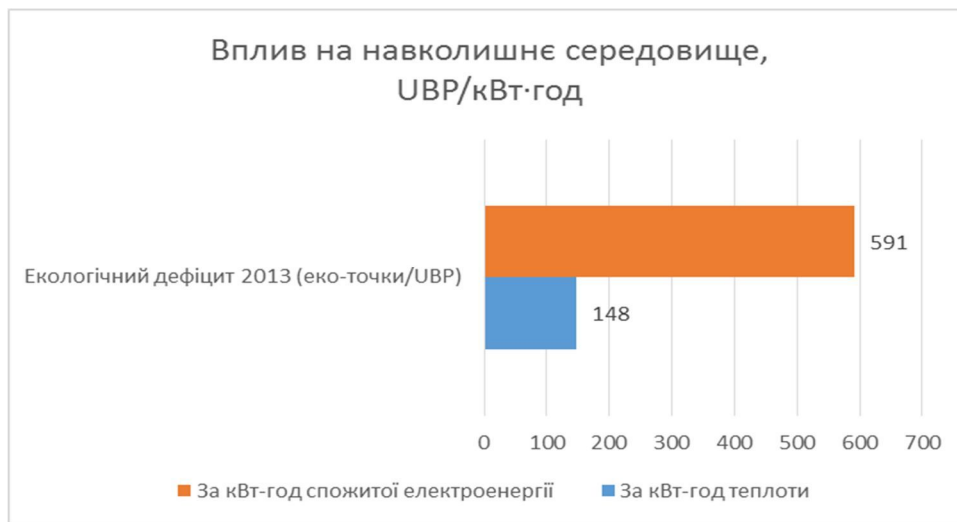


Рис. 9 – Показники роботи теплового насоса «вторинні енергоресурси-вода»

На основі аналізу показників з рис 1 – 9 можна зробити висновок, що використання теплоти вторинних енергоресурсів в теплових насосах буде забезпечувати високу ефективність енергоперетворень в теплоенергетичному обладнанні та кращі екологічні показники.

За результатами аналізу показників ефективності для базового та альтернативних варіантів схеми опалювальної котельні з тепловим насосом з використанням природних та промислових джерел низькотемпературної теплоти визначено, що використання теплоти вторинних енергоресурсів котельні в теплових насосах забезпечує достатньо високу ефективність енергоперетворень в обладнанні та кращі екологічні показники обладнання та котельні порівняно з базовим та низкою альтернативних варіантів впровадження теплонасосних установок.

Обраний варіант модернізації теплової схеми опалювальної котельні з теплонасосною установкою на теплоті вторинних низькотемпературних енергоресурсів котельні.

Висновки

1. В дослідженні виконана оцінка показників енергетичної та екологічної ефективності варіантів підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі водогрійної котельні. На основі проведеного аналітичного огляду літературної інформації щодо енергоефективної енергозберігаючої технології теплових насосів було враховано світовий та європейський досвід. Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі водогрійної котельні досягатиметься за рахунок впровадження когенераційної теплонасосної установки (ТНУ) на вторинних енергоресурсах в тепловій схемі котельні. Виконаний аналіз низки показників енергетичної та екологічної ефективності теплової схеми водогрійної котельні з ТНУ, використано методологічні основи та результати попередніх досліджень.
2. На основі аналізу визначених показників можна зробити висновок, що використання теплоти вторинних енергоресурсів в теплових насосах буде забезпечувати високу ефективність енергоперетворень в теплоенергетичному обладнанні та кращі екологічні показники.
3. За результатами аналізу показників ефективності для базового та альтернативних варіантів схеми опалювальної котельні з тепловим насосом з використанням природних та промислових джерел низькотемпературної теплоти визначено, що використання теплоти вторинних енергоресурсів котельні в теплових насосах забезпечує достатньо високу ефективність енергоперетворень в обладнанні та кращі екологічні показники обладнання та котельні порівняно з базовим та низкою альтернативних варіантів впровадження теплонасосних установок. Обраний варіант модернізації теплової схеми опалювальної котельні з теплонасосною установкою на теплоті вторинних низькотемпературних енергоресурсів котельні.

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 08.12.23)
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 (Дата звертання 08.12.23).
8. Остапенко О. П. Високоєфективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками: енергетичний, економічний та екологічний аспекти ефективності. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, технічний та агроекологічний 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 08.12.23)
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 08.12.23)
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 08.12.23)
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 08.12.23)
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. HP FAT Calculator Programme-2023. URL: <https://www.dti.dk/specialists/heat-pumps-hp-fat/39679> (Дата звертання 08.12.23).
18. Engineering Equation Solver (EES). URL: <https://fchartsoftware.com/ees/> (Дата звертання 08.12.23)
19. Програмний продукт компанії Treeze Ltd з оцінки життєвого циклу. URL: <https://treeze.ch/> (Дата звертання 08.12.23).

20. Калькулятор централізованого опалення. URL: https://rechner.umweltchemie.ch/HTMLFernwaerme22_de_v4/Oekobilanzrechner_Fernwaerme_2022_deutsch_v4_UVEK2022.htm (Дата звергання 08.12.23).

21. Калькулятор теплового насосу. URL: https://rechner.umweltchemie.ch/HTMLWaermerpumpen22_de_v5/Oekobilanzrechner_Waermerpumpen_2022_deutsch_v5_UVEK2022.htm (Дата звергання 08.12.23).

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

Богдан Ігорович Яворський – студент групи ТЕ-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

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

Bohdan I. Yavorskyi – Student of the Faculty of the Building, of Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia