

О. П. Остапенко
С. П. Святенко

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ ПАРОВОЇ ПРОМИСЛОВО- ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено моделювання, дослідження та оцінка показників енергетичної та економічної ефективності варіантів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні.

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

Abstract

Modeling, research and evaluation of energy and economic efficiency indicators of options for using heat pump installations in the thermal scheme of a steam industrial heating boiler house were carried out.

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

Вступ

Для моделювання роботи теплонасосної установки в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні потрібно розглянути такі ключові аспекти: варіанти ефективної інтеграції теплового насоса в теплову схему парової котельні, визначення джерел низькотемпературної теплоти, розрахунок енергетичної ефективності теплового насоса в тепловій схемі котельні та аналіз економічної доцільності застосування обраного варіанту встановлення теплового насоса в теплову схему парової котельні.

В наших дослідженнях [1 – 16] обґрунтовано та визначено критерії енергетичної та економічної ефективності варіантів застосування парокомпресійних теплонасосних установок.

Результати дослідження

Метою є моделювання, дослідження та оцінка показників енергетичної та економічної ефективності варіантів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні. Передбачається, що підвищення енергетичної та економічної ефективності в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні буде забезпечено за рахунок використання теплоти вторинних енергоресурсів котельні в теплонасосній установці (ТНУ). В нашому дослідженні використано науково-методологічні основи та результати з досліджень з [1 – 16].

Вихідні дані та умови для досліджень ефективності парокомпресійних теплових насосів із застосуванням математичної моделі були визначені у джерелах [1 – 2, 9 – 10, 16]. Моделювання роботи теплових насосів проводилося в програмі HP FAT Calculator Programme-2023 [17], розроблений Данським Технологічним Інститутом. HP FAT (Heat Pump First Assessment Tool) – це програма, створена на основі пакета Engineering Equation Solver (EES), що містить відповідний математичний опис теплового насоса. EES забезпечує врахування термодинамічних властивостей та спрощує визначення термодинамічних характеристик холодоагенту завдяки вбудованим функціям. HP FAT оцінює ефективність схем з тепловим насосом, їхні потужності та визначає основні фінансові показники.

На рис. 1 – 3 показано результати моделювання роботи теплових насосів у програмі HP FAT, відповідно до режимних параметрів теплової схеми парової промислово-опалювальної котельні.

Моделювання здійснено для двох сезонів роботи ТНУ в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні. На рис. 1 – 3 для прикладу показані результати моделювання роботи ТНУ в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні в першому сезоні.

На рис. 1 показані результати моделювання роботи теплового насоса для таких значень температур теплоносіїв в конденсаторі та випарнику: вхід води в конденсаторі 50 °С – вихід 70 °С; вхід води в випарнику 45 °С – вихід 35 °С.

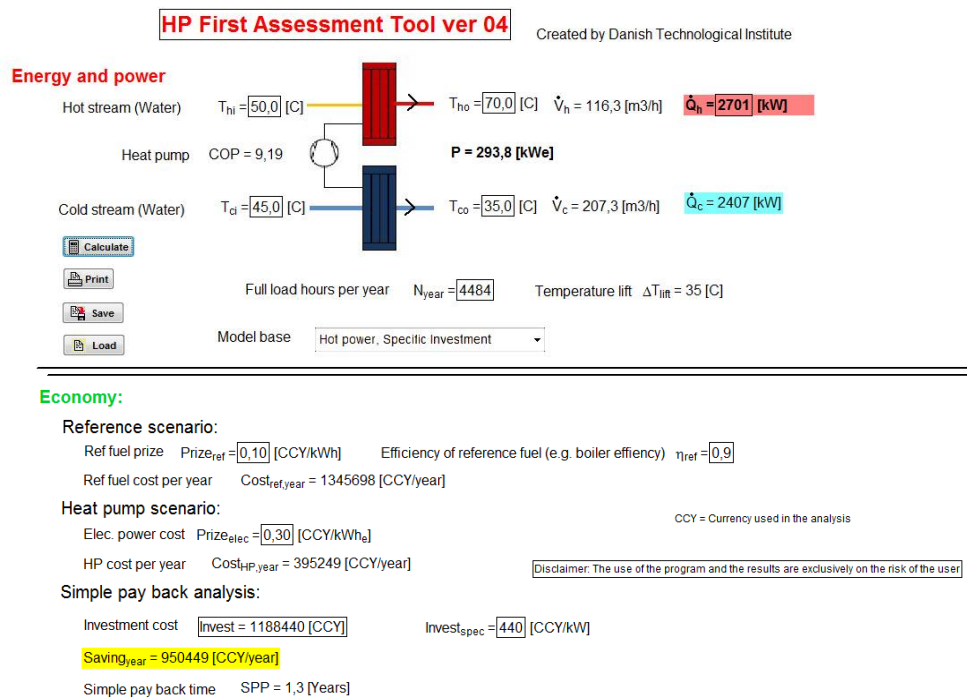


Рис. 1 – Результати моделювання роботи теплового насоса в програмі HP FAT у відповідності з режимними параметрами (варіант 1)

На рис. 2 показані результати моделювання роботи теплового насоса для таких значень температур теплоносіїв в конденсаторі та випарнику: вхід води в конденсаторі 45 °С – вихід 65 °С; вхід води в випарнику 40 °С – вихід 30 °С.

На рис. 3 показані результати моделювання роботи теплового насоса для таких значень температур теплоносіїв в конденсаторі та випарнику: вхід води в конденсаторі 55 °С – вихід 75 °С; вхід води в випарнику 45 °С – вихід 35 °С.

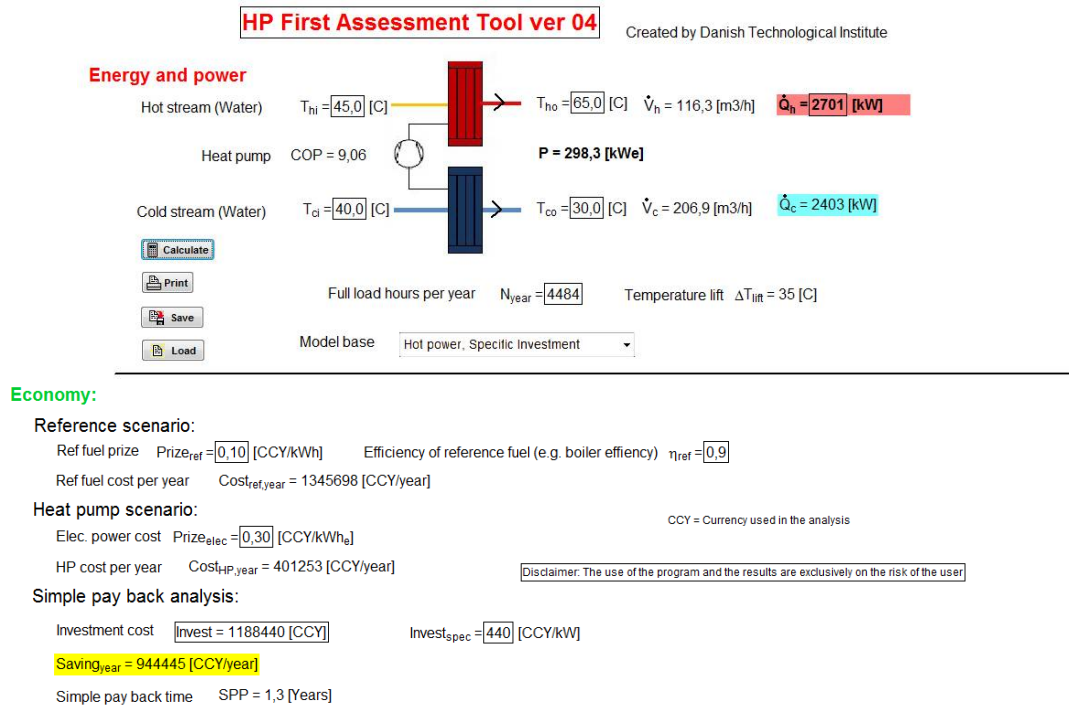


Рис. 2 – Результати моделювання роботи теплового насосу в програмі HP FAT у відповідності з режимними параметрами (варіант 2)

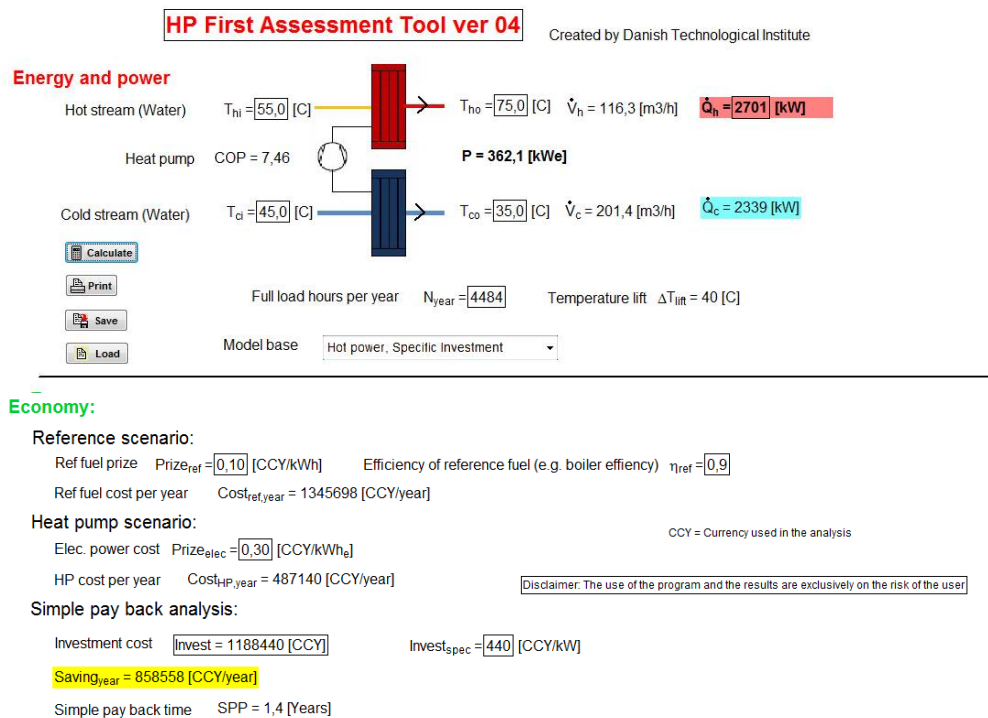


Рис. 3 – Результати моделювання роботи теплового насосу в програмі HP FAT у відповідності з режимними параметрами (варіант 3)

На основі аналізу енергетичних та економічних показників ефективності варіантів застосування теплових насосів в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні (рис. 1 – 3) підтверджена енергетична та економічна ефективність застосування ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів для теплової схеми парової промислово-опалювальної котельні. Зокрема, як видно з даних на рис. 1 – 3, спостерігаються високі значення коефіцієнта перетворення ТНУ (енергетична ефективність), економія коштів та прийнятні значення терміну окупності ТНУ (економічна ефективність).

За результатами моделювання роботи ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів котельні та аналізу показників енергетичної та економічної ефективності варіантів застосування ТНУ в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні визначено, що використання ТНУ в тепловій схемі парової котельні забезпечить достатньо високу ефективність енергоперетворень та покращить економічні показники роботи котельні.

Висновки

1. Представлено результати моделювання, дослідження та оцінки показників енергетичної та економічної ефективності варіантів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні. В дослідженні використано науково-методологічні основи та результати з попередніх досліджень.

2. На основі аналізу енергетичних та економічних показників ефективності варіантів застосування теплових насосів в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні підтверджена енергетична та економічна ефективність застосування ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів для теплової схеми парової промислово-опалювальної котельні. Зокрема, спостерігаються високі значення коефіцієнта перетворення ТНУ (енергетична ефективність), економія коштів та прийнятні значення терміну окупності ТНУ (економічна ефективність).

3. За результатами моделювання роботи ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів котельні та аналізу показників енергетичної та економічної ефективності варіантів застосування ТНУ в тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні визначено, що використання ТНУ в тепловій схемі парової котельні забезпечить достатньо високу ефективність енергоперетворень та покращить економічні показники роботи 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 21.03.25)
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 21.03.25).
8. Остапенко О. П. Високоєфективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками: енергетичний, економічний та екологічний аспекти ефективності. Енергоєфективність та енергозбереження: економічний, технічний та агроекологічний аспекти: колект. моногр. Полтава: ІПІ 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 21.03.25)
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 21.03.25)
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 21.03.25)
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 21.03.25)
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 21.03.25).

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

Сергій Петрович Святенко – студент групи ТЕ-24м, 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

Serhii P. Sviatenko – Student of the Faculty of the Building, of Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia