

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведений аналіз особливостей оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплоасосними установками (КТНУ) на основі результатів наших досліджень. Обґрунтовано вибір критеріїв з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплоасосними установками, що дозволяють забезпечити обґрунтоване визначення енергоефективних та економічно ефективних режимів роботи СЕ з КТНУ в промисловості та муніципальній теплоенергетиці України.

Ключові слова: енергоекономічна ефективність, система енергозабезпечення, когенераційно-теплоасосна установка.

Abstract

The analysis of peculiarities of estimation of energy-economic efficiency of energy supply systems (ESS) with cogeneration heat pump installations (CHPI) on the basis of our research results was carried out. The choice of criteria for estimating the energy-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations is substantiated, which allows providing a well-founded definition of energy-efficient and economically-efficient operating modes of the ESS with CHPI in industry and municipal heat power branch of Ukraine.

Key words: energy-economic efficiency, energy supply system, cogeneration heat pump installation.

Вступ

Як зазначено в наших дослідженнях [1 – 2], значний потенціал можливої економії паливно-енергетичних ресурсів в результаті застосування систем енергозабезпечення з когенераційними теплоасосними установками в Україні, а також екологічні та економічні переваги застосування цих систем, сприяють впровадженню СЕ з КТНУ в промисловий та муніципальний сектори енергетики України.

Метою дослідження є аналіз особливостей оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплоасосними установками (КТНУ), обґрунтування вибору критеріїв з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплоасосними установками, що дозволяють забезпечити обґрунтоване визначення енергоефективних та економічно ефективних режимів роботи СЕ з КТНУ в промисловості та муніципальній теплоенергетиці України.

Результати дослідження

В нашому дослідженні проаналізовані особливості оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплоасосними установками, що визначені на основі результатів наших досліджень [1 – 11].

В роботі [3] запропоновано здійснювати комплексну оцінку енергоефективності СЕ з КТНУ та піковим джерелом теплоти (ПДТ, PSH) за комплексним безрозмірним критерієм енергоефективності:

$$K_{ESS} = (1 - \beta) \cdot K_{PSH} + \beta \cdot K_{CHPI}, \quad (1)$$

де β – частка навантаження КТНУ у складі СЕ з дослідження [4], K_{PSH} – безрозмірний критерій енергоефективності пікового джерела теплоти (ПДТ, PSH) у складі СЕ (водогрійного паливного кот-

ла, електрокотла, сонячних колекторів тощо) з досліджень [3 – 4]; K_{CHPI} – безрозмірний критерій енергоефективності комбінованих КТНУ у складі СЕ з досліджень [5 – 7], який одержаний на основі рівняння енергетичного балансу для системи «Джерело приводної енергії КТНУ – КТНУ – споживач теплоти від КТНУ» з урахуванням впливу джерел приводної енергії парокompресійних теплонасосних установок (ТНУ) та з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії до КТНУ.

Економічна ефективність від впровадження вищезазначених СЕ з КТНУ визначається як різниця експлуатаційних витрат заміщеного джерела теплової енергії (котельні) та СЕ. До експлуатаційних витрат при роботі котельні або СЕ відносяться: витрати на паливо, електроенергію, воду, амортизацію обладнання та поточний ремонт, заробітну плату та інші витрати. Найбільш вагомою складовою в структурі експлуатаційних витрат та собівартості теплової енергії котельних та СЕ з КТНУ та ПДТ є витрати на паливо. Також значний вплив на енергетичну і, як наслідок, економічну ефективність СЕ чинять режими роботи СЕ та температурний рівень обраного джерела низькотемпературної теплоти для КТНУ.

У низці наших закордонних та вітчизняних публікацій [1, 2, 8, 9] обґрунтоване здійснення комплексної оцінки енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ:

$$K_{ESS}^{en.ec.} = K_{ESS} + \frac{\Delta E_i}{(E_{SH})_i} = (1 - \beta) \cdot K_{PSH} + \beta \cdot K_{CHPI} + \frac{(E_{SH})_i - (E_{ESS})_i}{(E_{SH})_i}, \quad (2)$$

де ΔE_i – економічна ефективність СЕ з КТНУ та ПДТ для i -го режиму роботи СЕ, $(E_{SH})_i$ – експлуатаційні витрати для i -го режиму роботи заміщеного джерела теплової енергії (ДТ, ШН) - (котельної), $(E_{ESS})_i$ – експлуатаційні витрати для i -го режиму роботи СЕ [1, 2, 8].

В публікаціях [1 – 2] зазначено, що економічно ефективні режими роботи СЕ з КТНУ будуть забезпечені за умови $\Delta E_i > 0$. В наших публікаціях [1, 2, 8, 9] зазначено, що енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи СЕ на основі комбінованих КТНУ та ПДТ будуть забезпечуватись за умови $K_{ESS}^{en.ec.} > 1$. Чим більшим буде значення показника $K_{ESS}^{en.ec.}$, тим більш енергоефективною, економічно ефективною та конкурентоздатною буде СЕ на основі КТНУ та ПДТ.

В нашій закордонній публікації [10] оцінені економічні аспекти використання СЕ з КТНУ різних рівнів потужності, що дозволяє забезпечити обґрунтоване визначення економічно доцільних схемних рішень та режимів роботи СЕ з КТНУ різних рівнів потужності в системах енергопостачання та тепло забезпечення.

В нашій публікації [10] зазначено, що капіталовкладення в СЕ з КТНУ різних рівнів потужності можуть бути визначені, згідно із даними виробників обладнання. Капіталовкладення в СЕ з КТНУ малих та середніх потужностей (до 1000 кВт) будуть знаходитись в діапазоні 290 – 1000 \$/кВт встановленої потужності КТНУ. Капіталовкладення в СЕ з КТНУ великих потужностей (понад 1000 кВт) будуть знаходитись в діапазоні 113 – 165 \$/кВт встановленої потужності КТНУ. Таким чином, термін окупності капіталовкладень в СЕ з КТНУ великих рівнів потужності буде майже в десять разів меншим, ніж термін окупності капіталовкладень в СЕ з КТНУ малих та середніх рівнів потужності.

Економічні аспекти використання СЕ з КТНУ різних рівнів потужності, проаналізовані в нашому дослідженні [10], дозволяють забезпечити обґрунтоване визначення економічно доцільних схемних рішень та режимів роботи СЕ з КТНУ різних рівнів потужності в системах теплопостачання та енергозабезпечення.

Результати проведених нами досліджень, в яких здійснено аналіз енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в промисловості та муніципальній теплоенергетиці України, опубліковані в наших закордонних публікаціях [1 - 2]. Як зазначено в нашому дослідженні [2], значний потенціал можливої економії паливно-енергетичних ресурсів в результаті застосування систем енергозабезпечення з когенераційними теплонасосними установками в Україні, а також екологічні переваги застосування цих систем, сприятимуть впровадженню СЕ з КТНУ в промисловий та муніципальний сектори енергетики України. Згідно з [1], економічна ефек-

тивність та окупність СЕ з КТНУ з приводом від газопоршневих двигунів не залежить від вартості електричної енергії, проте залежить від вартості палива. На енергетичному ринку України є диференціація цін на природний газ для промислових підприємств та підприємств муніципальної теплоенергетики. Це призводить до значних відмінностей в показниках економічної ефективності СЕ з КТНУ, у разі впровадження їх в промисловість та муніципальну енергетику, та зумовлює необхідність проведення такого аналізу, який і було виконано в роботі [2].

Метою нашого дослідження [2] був аналіз енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ в промисловій та муніципальній галузях енергетики в Україні, що мав за мету визначення оптимальних енергоекономічних умов застосування СЕ з КТНУ в системи теплопостачання та енергопостачання промислових підприємств та підприємств муніципальної теплоенергетики.

Як зазначено в дослідженнях [1, 2] енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи СЕ з КТНУ будуть забезпечені за умов: $K_{CHPI} > 1,1$ та $\Delta E_i > 0$ та $K_{ESS}^{en.ec} > 1$. В дослідженні [9] визначено, що чим більшим є значення показника $K_{ESS}^{en.ec}$, тим більш енергоефективними, економічно ефективними та конкурентоздатними будуть СЕ з КТНУ.

Таблиця 1 (з дослідження [2]) демонструє результати оцінювання економічної ефективності СЕ з КТНУ тепловою потужністю 1 МВт, що використовує теплоту поверхневих вод, в промисловості та муніципальній теплоенергетиці України.

Таблиця 1 – Результати оцінювання економічної ефективності СЕ з КТНУ тепловою потужністю 1 МВт, що використовує теплоту поверхневих вод, в промисловості та муніципальній теплоенергетиці України [2]

Частка навантаження КТНУ в СЕ β	Економічна ефективність СЕ з КТНУ ΔE_i , млн. грн./рік	
	Муніципальна теплоенергетика	Промисловість
0,125	0,655	0,902
0,25	1,309	1,804
0,375	1,634	2,252
0,5	1,958	2,699
0,625	2,345	3,232
0,75	2,732	3,765
0,875	3,214	4,430
1	3,697	5,095

Рис. 1 та 2 (з нашого дослідження [11]) демонструють результати комплексної оцінки енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ, що використовують теплоту поверхневих вод, в промисловості та муніципальній теплоенергетиці України. Рис. 3 та 4 (з нашого дослідження [1]) демонструють результати комплексної оцінки енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ, що використовують теплоту систем оборотного водопостачання, в промисловості та муніципальній теплоенергетиці України.

Висновки

В нашому дослідженні проаналізовані особливості оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками, що визначені на основі результатів наших досліджень [1 – 11].

В нашому дослідженні, на основі результатів досліджень з публікацій [1 – 11], обґрунтовано вибір критеріїв з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками, що дозволяють забезпечити обґрунтоване визначення енергоефективних та економічно ефективних режимів роботи СЕ з КТНУ в промисловості та муніципальній теплоенергетиці України.

Результати досліджень енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ з публікацій [1 – 11] дозволяють забезпечити обґрунтоване визначення енергоефективних та економічно ефективних режимів роботи СЕ з КТНУ в промисловості та муніципальній теплоенергетиці України, за умов: $K_{CHPI} > 1,1$ та $\Delta E_i > 0$ та $K_{ESS}^{en.ec.} > 1$. Підхід, запропонований в низці наших досліджень [1 – 10], дозволяє забезпечити обґрунтоване визначення енергоефективних та економічно ефективних режимів роботи СЕ з КТНУ, що використовують різні низькотемпературні джерела теплоти, в промисловості та муніципальній теплоенергетиці України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Ostapenko O. P. 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 / O. P. Ostapenko // 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.
2. Ostapenko O. P. Analysis of energy-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations in industry and municipal heat power branch of Ukraine / O. P. Ostapenko, V. M. Portnov // Proceedings of the 1st International Scientific and Practical conference «Imperatives of civil society development in promoting national competitiveness», Volume I, December 13 – 14, 2018, Batumi, Georgia, Publishing House «Kalmosani», 2018, p. 111 – 113.
3. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок і пікових джерел теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 1. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/462/460>. (Дата звертання 11.03.19).
4. Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph / O. P. Ostapenko. – Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 62 p.
5. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/454/452>. (Дата звертання 11.03.19).
6. Остапенко О. П. Енергетична ефективність парокompресійних теплових насосів з електричним та когенераційним приводами [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2014. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/421/419>. (Дата звертання 11.03.19).
7. Остапенко О. П. Енергетичні переваги застосування парокompресійних теплових насосів з електричним та когенераційним приводами [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 1. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/437/435>. (Дата звертання 11.03.19).
8. Остапенко О. П. Показники енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. М. Портнов, А. Д. Волошин // Електронне наукове видання матеріалів XLVI науково-технічної конференції Вінницького національного технічного університету (22 – 24 березня 2017 р., Вінниця). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2017/paper/view/2875/2248>. (Дата звертання 11.03.19).
9. Остапенко О. П. Методичні основи з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти / О. П. Остапенко // Наукові праці ОНАХТ. – 2017. – Т. 81. – Вип. 1. – С. 136 – 141.
10. Ostapenko O. P. Economical aspects of the efficiency of usage of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of various power levels / O. P. Ostapenko, V. M. Portnov // Proceedings of the International Scientific conference «Eastern European Studies: Economics, Education and Law», Volume II, June 7 – 8, 2018, Burgas Free University, Burgas, Publishing House FLAT Ltd-Burgas, 2018, p. 60 – 62.
11. Остапенко О. П. Аналіз енергоекономічної ефективності системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою на теплоті поверхневих вод / О. П. Остапенко, В. М. Портнов // Збірник доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки». – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 25-27.

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

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