

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ В МІСТІ БОРЗНА

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Проведено техніко-економічне обґрунтування застосування системи енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосною установкою (КТНУ) в тепловій схемі котельні в місті Борзна. На основі багатоваріантного аналізу обґрунтовано вибір варіанту системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою для теплової схеми котельні в місті Борзна, визначені техніко-економічні показники.*

**Ключові слова:** техніко-економічне обґрунтування, енергетична ефективність, економічна ефективність, система енергозабезпечення, когенераційно-теплонасосна установка.

### *Abstract*

*The technical and economic justification of the application of energy supply system (ESS) with cogeneration heat pump installation (CHPI) for the thermal scheme of the boiler-house in Borzna was carried out. On the base of multivariate analysis the choice of a variant of the energy supply system with cogeneration heat pump installation for the thermal scheme of the boiler-house in Borzna is grounded, and the technical and economic indicators are determined.*

**Key words:** technical and economic justification, energy efficiency, economic efficiency, energy supply system, cogeneration heat pump installation.

### **Вступ**

**Метою дослідження** є обґрунтування вибору варіанту застосування СЕ з КТНУ, на основі багатоваріантного аналізу, та проведення техніко-економічного обґрунтування застосування системи енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосною установкою (КТНУ) для теплової схеми котельні в місті Борзна на основі результатів дослідження [1]. СЕ з парокompресійними когенераційно-теплонасосними установками забезпечують високу ефективність енергоперетворень та призначені забезпечення потреб теплових споживачів, а також власних потреб в електричній енергії. СЕ з КТНУ, запропоновані в нашому дослідженні, мають високі показники енергоперетворень, енергетичної та економічної ефективності, що підтверджено результатами з низки публікацій [1 – 12].

### **Результати дослідження**

В нашому дослідженні [1] виконана оцінка енергетичної та економічної ефективності варіантів СЕ з КТНУ для теплової схеми опалювальної водогрійної котельні в місті Борзна. В дослідженні [1] проаналізована ефективність СЕ з КТНУ, на основі результатів досліджень [2 – 3], для теплової схеми опалювальної водогрійної котельні в м. Борзна на природному газі, з використанням теплоти відхідних газів котлів. Максимальна опалювальна потужність котельні становить 10,54 МВт. Максимальна потужність споживачів гарячого водопостачання становить 3,89 МВт. Максимальна теплова потужність системи вентиляції становить 1,23 МВт.

В дослідженні [1] оцінена ефективність чотирьох варіантів застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі опалювальної водогрійної котельні в місті Борзна при роботі зі змінним навантаженням теплових споживачів, результати досліджень наведені в таблиці 1 [1]. В дослідженні [1] запропоновані чо-

тири варіанти застосування СЕ з КТНУ з використанням теплоти від контактного утилізатора теплоти відхідних газів котельні. СЕ з КТНУ, рекомендовані до застосування в тепловій схемі водогрійної котельні в м. Борзна, мають когенераційний привод від газопоршневих двигунів-генераторів.

В нашому дослідженні техніко-економічне обґрунтування із застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі водогрійної котельні в м. Борзна виконано з використанням результатів досліджень та методичних основ щодо оцінювання енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ з робіт [2 – 5, 10 – 12].

Таблиця 1 – Показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми опалювальної водогрійної котельні з СЕ з КТНУ в м. Борзна [1]

Показник	Варіант застосування			
	1	2	3	4
Річна економія природного газу, %	27,5	25,51	23,23	20,59
Температура відхідних газів, °С	66	88	110	132
Економія природного газу, тис. м <sup>3</sup> /рік	1598,61	1482,93	1350,39	1196,92
Економія коштів на паливі, млн. грн./рік	16,21	15,04	13,69	12,14

В таблиці 1 [1] позначені такі варіанти: 1 – застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні для роботи в двох сезонах з використанням 90% потужності контактного утилізатора; 2 – застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні для роботи в двох сезонах з використанням 70% потужності контактного утилізатора; 3 – застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні для роботи в двох сезонах з використанням 50% потужності контактного утилізатора; 4 – застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні для роботи в двох сезонах з використанням 30% потужності контактного утилізатора.

За результатами дослідження [1] (див. табл. 1) визначено найбільш ефективний за енергетичними та економічними показниками варіант застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі опалювальної водогрійної котельні в м. Борзна з використанням 50% потужності контактного утилізатора, при якому температура відхідних газів становить 110 °С. На основі результатів дослідження [1] визначено, що у випадку застосування вищевказаного варіанту СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Борзна буде забезпечено: економію робочого палива в обсязі 23,23%, річну економію коштів на паливі у 13,69 млн. грн./рік.

Згідно з розрахунками [1], тепла потужність теплонасосних установок для обраного варіанту застосування СЕ з КТНУ становить: в перший сезон – 1625 кВт, в другий сезон – 1734 кВт; максимальна потужність компресора становить 641,05 кВт. Загальна тепла потужність СЕ з КТНУ в перший сезон становить 2,168 МВт, в другий сезон – 2,59 МВт.

За результатами розрахунків [1] підібрано когенераційне, теплонасосне, утилізаційне та допоміжне обладнання. Вибрано газопоршневий двигун-генератор марки 11ГД100М з номінальною потужністю електрогенератора 1000 кВт, тепловий насос марки НТ-3000 з розрахунковою теплопродуктивністю 1600...2800 кВт, утилізаційне обладнання та насоси фірми GLONG.

Економічний ефект від використання обраного варіанту СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Борзна підтверджується економічною ефективністю капіталовкладень, економією природного газу та економією коштів на паливі у порівнянні з базовим варіантом джерела теплозабезпечення (котельнею).

В нашому дослідженні виконано порівняння економічної ефективності базового (котельної) та альтернативного (котельної з СЕ з КТНУ) варіантів джерел теплозабезпечення на основі досліджень [3 – 7, 10 – 12], із використанням цін та тарифів 2019 року, результати узагальнені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати техніко-економічного аналізу варіантів

Показник	Одиниця вимірювання	Варіант джерела теплозабезпечення	
		Базовий варіант (котельня)	Альтернативний варіант (котельня з СЕ з КТНУ)
Річна витрата природного газу	тис. м <sup>3</sup> /рік	5813,126	4462,737
Економія природного газу	%	---	23,23
Річна економія коштів	млн. грн./рік	---	11,478
Капіталовкладення в нове обладнання з урахуванням витрат на монтаж	млн. грн.	---	33,36
Термін окупності	рік	---	2,906

### Висновки

В статті наведено обґрунтування вибору варіанту застосування СЕ з КТНУ, на основі багатоваріантного аналізу, та проведено техніко-економічне обґрунтування застосування системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою для теплової схеми котельні в місті Борзна.

За результатами техніко-економічного аналізу застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі вищезазначеної котельні визначено, що: буде забезпечено економію робочого палива в обсязі 23,23%; річна економія коштів становитиме 11,48 млн. грн./рік, капіталовкладення в нове обладнання складуть 33,36 млн. грн., термін окупності нового обладнання становить 2,91 року.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Остапенко О. П. Система енергозабезпечення з теплонасосними установками в тепловій схемі котельні в місті Борзна / О. П. Остапенко, Ю. В. Рябоконь // Університетська наука-2018 : в 3 т. : тез. доп. міжнар. наук.-техн. конф. (Маріуполь, 23-24 травня 2018 р.). – Маріуполь: ПДТУ, 2018. – Т. 1. – С. 260–262.
2. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок та 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).
3. 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.
4. 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.
5. 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 1<sup>st</sup> 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.
6. 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.
7. Остапенко О. П. Енергоефективність систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти в системах теплопостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/472/470>. (Дата звертання 11.03.19).
8. Остапенко О. П. Области энергоефективной работы систем энергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 3. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/479/478>. (Дата звертання 11.03.19).
9. Остапенко О. П. Области высокой энергоефективности систем энергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками малої потужності та паливними котлами в системах теплопостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2017. – № 1. – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/499/496>. (Дата звертання 11.03.19).
10. 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).

11. Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph / O. P. Ostapenko. – Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 64 p.

12. Остапенко О. П. Наукові основи з оцінювання систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок [Текст] / О. П. Остапенко // Актуальні проблеми енергетики та екології: матеріали XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції (5 – 7 жовтня 2016 р., м. Одеса). – Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2016. – С. 15 – 17.

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

**Юрій Володимирович Рябоконт** - студент групи ТЕ-17м, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, 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

**Yurii V. Riabokon** – Student of the Faculty of Civil Engineering, Heat Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia