

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОТИ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ В СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Узагальнені результати досліджень енергоефективної системи енергозабезпечення (СЕ) на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок (КТНУ) та пікових джерел теплоти (ПДТ) з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в схемі котельні.

Ключові слова: енергоефективність, система енергозабезпечення, когенераційно-теплонасосна установка, пікове джерело теплоти, безрозмірний критерій енерго-еколого-економічної ефективності.

Abstract

The results of the studies of energy efficient energy supply system (ESS), based on combined cogeneration heat pump installations (CHPI) and peak sources of heat (PSH) with the using the heat of secondary energy resources in scheme of boiler room are generalized.

Key words: energy efficiency, energy supply system, cogeneration heat pump installation, peak source of heat, dimensionless criterion of energy-ecological-economic efficiency.

Вступ

Актуальність роботи. Для України, в умовах дефіциту власних традиційних енергоресурсів та високої вартості імпортованих енергоресурсів, питання підвищення ефективності енерговикористання в системах теплопостачання та енергозабезпечення є надзвичайно актуальним. За останні роки питанням із дослідження ефективності систем енергозабезпечення (СЕ) із застосуванням когенераційно-теплонасосних установок (КТНУ) присвячено низку вітчизняних та закордонних публікацій, в яких підтверджена висока енергетична та економічна ефективність СЕ з КТНУ [1 – 21].

Мета дослідження – узагальнення результатів досліджень енергоефективної системи енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти, з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в схемі котельні.

Результати дослідження

Результати проведених досліджень опубліковані в роботах [1 – 3] та узагальнені в роботі [4]. Метою дослідження [4] було підвищення ефективності системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні, визначення енергоефективних режимів експлуатації СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні.

В роботі [1] виконана комплексна оцінка ефективності СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів (відхідних газів паливних котлів з використанням низькотемпературної теплоти в КТНУ), на основі комплексного показника енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ, з метою визначення ефективних та економічно обґрунтованих режимів роботи СЕ з КТНУ. В нашому дослідженні [1] проведено комплексне оцінювання ефективності СЕ з КТНУ з приводом від ГПД та піковим джерелом теплоти – паливним котлом. Схеми СЕ з КТНУ наведені в роботах [5 – 7]. Ряд енергетичних переваг СЕ з КТНУ та ПДТ зазначено у публікаціях [8 – 17]. Методичні основи з оцінювання ефективності СЕ з КТНУ наведено в роботах [8 – 19].

В нашому дослідженні [1] здійснено комплексну оцінку ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ з дослідження [20]:

$$K_{ESS}^{compl.} = K_{ESS} + \Delta E_i^{ESS} + \Delta EC_i^{ESS} = (1 - \beta) \cdot K_{PSH} + \beta \cdot K_{CHPI} + \Delta E_i^{ESS} + \Delta EC_i^{ESS}, \quad (1)$$

де K_{ESS} – комплексний безрозмірний критерій енергетичної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ з досліджень [9 – 10];

ΔE_i^{ESS} – відносна економічна ефективність (у частках) для СЕ з КТНУ та ПДТ для i -го режиму роботи СЕ з дослідження [21];

ΔEC_i^{ESS} – відносна екологічна ефективність (у частках) для СЕ на основі КТНУ та ПДТ для i -го режиму роботи СЕ з досліджень [18 – 21];

β – частка навантаження КТНУ у складі СЕ з досліджень [9 – 10];

K_{PSH} – безрозмірний критерій енергоефективності ПДТ у складі СЕ з дослідження [9];

K_{CHPI} – безрозмірний критерій енергоефективності парокompресійних КТНУ, запропонований та обґрунтований в дослідженнях [9, 11].

Як зазначено у [20], екологічно безпечні, енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи СЕ з КТНУ та ПДТ забезпечуються за умови $K_{ESS}^{compl.} > 1$. Чим більшим буде значення показника $K_{ESS}^{compl.}$, тим більш енергоефективними, екологічно безпечними та економічно ефективними та конкурентоздатними є СЕ з КТНУ та ПДТ.

В нашому дослідженні [1] показані результати комплексної оцінки ефективності СЕ з КТНУ потужністю до 1 МВт та піковим паливним котлом. В нашому дослідженні ефективність СЕ з КТНУ та ПДТ визначена для зміни частки навантаження КТНУ в межах $\beta = 0,1 \dots 1,0$. Дослідження проведені для режимів енергоефективної роботи КТНУ з $K_{CHPI} = 1,1 \dots 2,1$ (за умов максимальної ефективності ГПД) на основі результатів досліджень [9, 11, 19].

На рис. 1 показана область енергоекономічної та екологічно безпечної роботи СЕ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів, з КТНУ потужністю до 1 МВт та піковим паливним котлом на природному газі. Ця область визначена за показником енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ з формули (1), за умов максимальної ефективності ГПД та пікового паливного котла [1].

В нашому дослідженні [1], згідно з [9, 11, 19], враховані такі показники обладнання СЕ: значення ефективного ККД ГПД $\eta_{EM} = 0,42$; значення ККД електродвигуна, з урахуванням втрат енергії в блоці управління $\eta_{ED} = 0,8$. Як ПДТ в СЕ передбачена паливна котельня з $\eta_{FB} = 0,9$. Значення безрозмірного критерію енергоефективності паливного котла, згідно з [9], становить $K_{PSH}^{FB} = 0,9$. З метою оцінювання відносної екологічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ як альтернативне джерело теплоти передбачалась паливна котельня відповідної потужності на природному газі [1].

В статті [1] здійснена комплексна оцінка ефективності СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів (відхідних газів паливних котлів з використанням низькотемпературної теплоти в КТНУ), на основі комплексного показника енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ, з метою визначення ефективних та економічно обґрунтованих режимів роботи СЕ з КТНУ.

Запропонований в роботі [1] підхід дозволив визначити область високої ефективності СЕ з КТНУ, з використанням теплоти вторинних енергоресурсів пікових паливних котлів, за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енерго-еколого-економічної ефективності та розробити рекомендації з режимів високоефективної експлуатації зазначених СЕ.

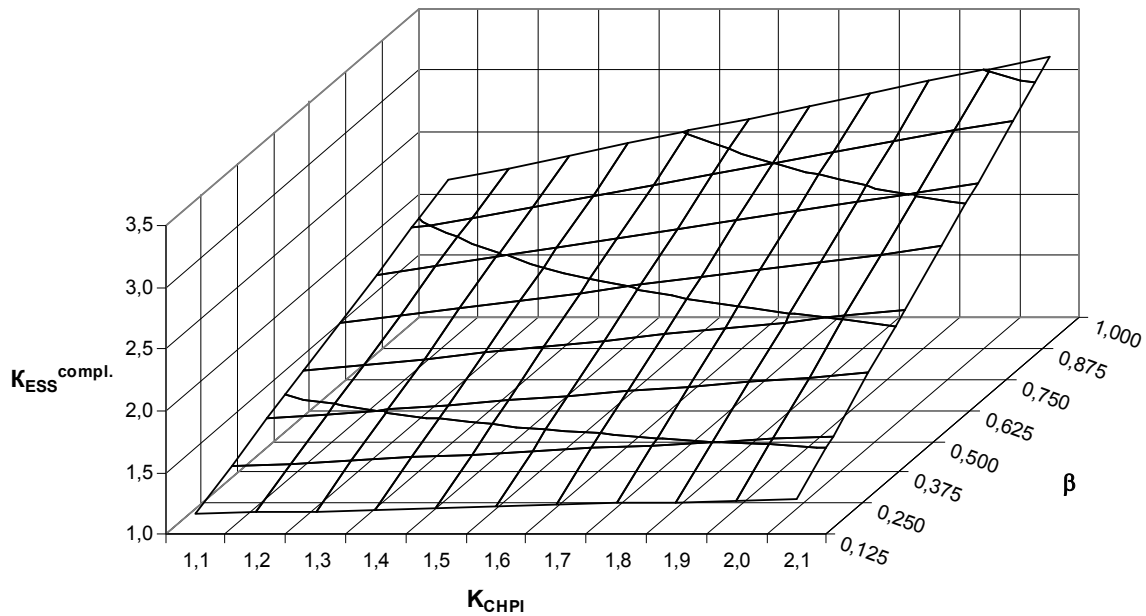


Рисунок 1 – Область енергоекономічної та екологічно безпечної роботи СЕ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів, з КТНУ потужністю до 1 МВт та піковим паливним котлом, за умов максимальної ефективності елементів СЕ [1]

Висновки

В роботі [4] розглянуті питання з підвищення ефективності системи енергозабезпечення з когенераційно-теплоносною установкою з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні, із визначення енергоефективних режимів експлуатації СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні, проведена оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні.

В роботі [4] проведені дослідження енергетичної ефективності СЕ з КТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів з урахуванням втрат енергії при енергоперетвореннях. Виконані дослідження та проведена оцінка комплексного впливу режимів роботи та рівнів енергоефективності елементів СЕ з КТНУ, з використанням теплоти вторинних енергоресурсів, на показники ефективності СЕ. Проведено комплексні оптимізаційні дослідження з метою визначення енергоефективних, екологічно безпечних та економічно обґрунтованих умов застосування СЕ з КТНУ на вторинних енергоресурсах в тепловій схемі котельні для теплопостачання. Розроблено методичні рекомендації із застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні з використанням теплоти вторинних енергоресурсів. Встановлено енерго-еколого-економічний ефект від застосування системи енергозабезпечення з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні.

За результатами проведених досліджень, що опубліковані в роботі [1], здійснена комплексна оцінка ефективності СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів (відхідних газів паливних котлів з використанням низькотемпературної теплоти в КТНУ), на основі комплексного показника енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ, з метою визначення ефективних та економічно обґрунтованих режимів роботи СЕ з КТНУ. Запропонований підхід дозволив визначити область високої ефективності СЕ з КТНУ, з використанням теплоти вторинних енергоресурсів пікових паливних котлів, за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енерго-еколого-економічної ефективності та розробити рекомендації з режимів високоефективної експлуатації зазначених СЕ.

Практичні рекомендації (наведені в роботі [4]) по застосуванню СЕ з КТНУ, з використанням теплоти вторинних енергоресурсів, в тепловій схемі котельні (на прикладі котельні Дзвиняцького лісокомбінату) містять: оцінку ефективності варіантів застосування СЕ з КТНУ з обґрунтуванням вибору

енергоефективних, екологічно безпечних та економічно обґрунтованих умов застосування СЕ з КТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні для теплопостачання, розробку технології монтажу і автоматизації обраного варіанту СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів. За обраним варіантом в тепловій схемі котельні передбачено встановлення теплового насосу марки НТ-110, що буде працювати цілорічно для забезпечення потреб гарячого водопостачання та опалення. Привод компресора КТНУ буде забезпечено від ГПД марки Generac SG100L з номінальною електричною потужністю 80 кВт. Вартість капіталовкладень в нове обладнання становить 1,568 млн. грн. Впровадження СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні забезпечить зменшення експлуатаційних витрат 686,227 тис. грн./рік. Термін окупності капіталовкладень в СЕ з КТНУ складе 2 роки 5 місяців.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Остапенко О. П. Комплексна оцінка ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками з використанням теплоти вторинних енергоресурсів / О. П. Остапенко, І. С. Михайлюк // Збірник наукових матеріалів XIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку української науки» (27 жовтня 2017 р., м. Вінниця). – Вінниця, 2017. – Частина 2. – Технічні науки. – С. 32 – 38.
2. Остапенко О. П. Аналіз енергетичного та економічного аспектів ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками з використанням теплоти вторинних енергоресурсів / О. П. Остапенко, Є. О. Павлович, І. С. Михайлюк, М. І. Максимов // Збірник наукових матеріалів XV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Наукові підсумки 2017 року» (15 грудня 2017 р., м. Вінниця). – Вінниця, 2017. – Частина 5. – Технічні науки. – С. 57 – 63.
3. Остапенко О. П. Ефективність систем енергозабезпечення з когенераційними установками [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, І. С. Михайлюк, Є. О. Павлович // Електронне наукове видання матеріалів XLV науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів Вінницького національного технічного університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області (9 – 11 березня 2016 р., Вінниця). – Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2016/paper/view/669/823>. (Дата звертання 01.06.18).
4. Михайлюк І. С. Енергоефективна система енергозабезпечення з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в схемі котельні / І. С. Михайлюк // Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності «теплоенергетика». – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 153 с.
5. Ткаченко С. Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання. Монографія / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2009. – 176 с.
6. Остапенко О. П. Холодильна техніка та технологія. Теплові насоси : навчальний посібник / О. П. Остапенко. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 123 с.
7. Остапенко О. П. Холодильна техніка та холодильна технологія. Теплові насоси. Конспект лекцій : навчальний посібник / О. П. Остапенко. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 69 с.
8. Остапенко О. П. Енергетичні переваги застосування парокомпресійних 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/article/view/3976/5776>. (Дата звертання 01.06.18).
9. 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 01.06.18).
10. Остапенко О. П. Наукові основи з оцінювання систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок / 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.
11. Остапенко О. П. Методичні основи комплексного оцінювання енергетичної ефективності парокомпресійних теплонасосних станцій з електричним та когенераційним приводом / О. П. Остапенко // Наукові праці ОНАХТ. – 2015. – Вип. 47. – Т. 2. – С. 157 – 162.

12. 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.
13. Остапенко О. П. Комплексна оцінка енергетичної ефективності парокompресійних теплонасосних станцій з когенераційним приводом [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 3. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/2/2>. (Дата звертання 01.06.18).
14. Остапенко О. П. Енергетична ефективність теплонасосних станцій з різними джерелами теплоти за умови змінних режимів роботи [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, О. В. Шевченко, О. В. Бакум // Наукові праці ВНТУ. – 2013. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/381/379>. (Дата звертання 01.06.18).
15. Остапенко О. П. Енергоекологічна ефективність теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти за умови змінних режимів роботи [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, І. О. Валігура, А. Д. Коваленко // Наукові праці ВНТУ. – 2013. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/363/361>. (Дата звертання 01.06.18).
16. Остапенко О. П. Енергетична, екологічна та економічна ефективність парокompресійних теплонасосних установок у порівнянні з альтернативними джерелами теплопостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, О. М. Слободянюк // Наукові праці ВНТУ. – 2014. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/399/397>. (Дата звертання 01.06.18).
17. Остапенко О. П. Енергетичний, екологічний та економічний аспекти ефективності теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, О. В. Бакум, А. В. Ющишина // Наукові праці ВНТУ. – 2013. – № 3. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/371/369>. (Дата звертання 01.06.18).
18. 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.
19. Остапенко О. П. Методичні основи з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти / О. П. Остапенко // Збірник праць VI Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р., м. Одеса). – Одеса : ОНАХТ, 2017. – С. 357 – 362.
20. Остапенко О. П. Методичні основи з комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2017. – № 3. – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/515/507>. (Дата звертання 01.06.18).
21. 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 01.06.18).

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

Ігор Сергійович Михайлюк — магістр зі спеціальності «теплоенергетика», м. Вінниця

Євгеній Олексійович Павлович — здобувач освітнього ступеня «магістр», 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

Igor S. Mykhailiuk – Master of Heat Power Engineering, Vinnytsia

Yevhenii O. Pavlovych – Applicant of Educational Degree "Master", Student of the Faculty of Civil Engineering, Heat Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia