

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ ОЛІЙНО-ЖИРОВОГО КОМБІНАТУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В статті розглянуті питання з підвищення ефективності енерговикористання та визначення енергоефективних режимів роботи теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату з когенераційно-теплонасосними установками (КТНУ), оцінки обсягів економії енергоресурсів від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні. Проведені дослідження з підвищення енергоефективності теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату із використанням КТНУ. Досліджено та оцінено вплив режимів роботи теплової схеми олійно-жирового комбінату із застосуванням КТНУ на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні. Визначені енергоефективні режими та умови застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату. Розроблено методичні рекомендації із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату із застосуванням енергоефективних КТНУ. Встановлено енергетичний та економічний ефект від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійножирового комбінату.

Ключові слова: ефективність енерговикористання, енергетична ефективність, економічна ефективність, когенераційно-теплонасосна установка.

Abstract

In this paper are considered the questions from the increase of energy efficiency use in thermal scheme of boiler room of oil and fat factory with application of cogeneration heat pump installations (CHPI), from determination of the energy effective modes of exploitation of thermal scheme of boiler room of oil and fat factory with CHPI, conducted estimation of volumes of economy of energy resources from application of CHPI in the thermal chart of boiler room of oil and fat factory. The studies from the increase of the energy efficiency of thermal chart of boiler room of oil and fat factory with application of CHPI are conducted. Investigation and influence of the modes of operations of thermal scheme of boiler room of oil and fat factory with application of CHPI, on the indexes of power and economic efficiency of thermal scheme of boiler room, is appraised. The energy effective modes of application of the CHPI are determined in the thermal chart of boiler room of oil and fat factory. The methodical recommendations are worked out from the increase of energy efficiency and economic efficiency of thermal scheme of boiler room of oil and fat factory with application of CHPI. The energy and economic effect from application of CHPI in the thermal scheme of boiler room of oil and fat factory are determined.

Key words: energy use efficiency, energy efficiency, economic efficiency, cogeneration heat pump installation.

Вступ

Сталий розвиток суспільства можливий лише в умовах енергозбереження, тобто розробки систем, що ефективніше використовують енергію, забезпечують такий самий або навіть вищий рівень транспортних послуг, освітлення, опалення тощо за менших енерговитрат. І тут немає жодних суперечностей із законами термодинаміки. Нині 60 - 80 % спожитої енергії не перетворюється в корисну роботу, а втрачається у вигляді тепла. Сутність енергозбереження полягає в зменшенні цих збитків. Можли-

вості енергозбереження широко використовуються у світі. Це, наприклад, упровадження нових технологій у виробничий процес. Використання викопного палива та ядерної енергії суперечить принципу сталого розвитку, оскільки ці ресурси невідновні, а їх використання забруднює довкілля. Рух до сталого розвитку суспільства потребує повільної ліквідації залежності від викопного палива. Тому шляхом щодо подолання сучасної енергетичної кризи є перехід до використання альтернативних (нетрадиційних) джерел енергії, зокрема, впровадження теплонасосних установок. Однією з найважливіших особливостей теплонасосних установок є їх універсальність відносно виду використаної енергії (електричної, теплової). Це дозволяє оптимізувати паливний баланс енергетичного джерела шляхом заміщення більш дефіцитних енергоресурсів менш дефіцитними. Переваги застосування теплонасосних установок для умов України визначено та обґрунтовано на основі результатів багаторічних досліджень та висвітлено у низці вітчизняних та закордонних публікацій [1 – 17].

Метою дослідження є підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі олійно-жирового комбінату та визначення енергоефективних режимів роботи когенераційно-теплонасосних установок (КТНУ) в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату.

Завдання дослідження:

- дослідити засоби з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату із застосуванням КТНУ;
- дослідити та оцінити вплив режимів роботи теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату із застосуванням КТНУ на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату;
- провести дослідження, визначити енергоефективні режими та економічно обґрунтовані умови застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату;
- розробити рекомендації із підвищення ефективності енерговикористання та економічної ефективності теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату із застосуванням КТНУ.

Результати дослідження

Нами проведений аналіз енергетичних та економічних показників ефективності варіантів застосування когенераційно-теплонасосних установок (КТНУ) для теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату з обґрунтуванням вибору енергоефективних та економічно доцільних режимів роботи КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату. В нашому дослідженні, з метою підвищення ефективності енерговикористання у тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату, пропонується застосувати низку енергоефективних та економічно доцільних варіантів використання КТНУ на основі парокompресійних теплових насосів та газопоршневих двигунів-генераторів, з використанням низькотемпературної теплоти промислового джерела. Як джерело низькотемпературної теплоти для КТНУ пропонується використати теплоту вторинних енергоресурсів котельні – відхідних газів котельні в контактному утилізаторі теплоти відхідних газів для вироблення низькотемпературної теплоти для КТНУ. Джерелом теплозабезпечення олійно-жирового комбінату є парова котельня, що забезпечує потреби теплових споживачів комбінату.

В нашому дослідженні виконаний варіантний аналіз показників енергетичної та економічної ефективності для теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату у разі застосування КТНУ, аналіз проведено з використанням результатів досліджень [1 – 12] та методичних основ з [13 – 17]. Нами в дослідженні [1] оцінена енергетична та економічна ефективність чотирьох варіантів застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату, результати наведені в таблиці 1, де позначені такі варіанти утилізації теплової потужності відхідних газів: 1 – 65%; 2 – 55%; 3 – 45%; 4 – 35%.

Дослідження проведено методом числового експерименту, визначено енергетичну та економічну ефективність теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату з КТНУ. Енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату з КТНУ визначалися з використанням спеціалізованих програм SOLKANE SoftWare 8.0 та CoolPack1.5, адекватність результатів яких підтверджено характеристиками обладнання за даними фірм-виробників та точністю матеріальних та енергетичних балансів.

Таблиця 1 – Показники енергетичної та економічної ефективності варіантів теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату з КТНУ

Показник	Одиниця вимірювання	Варіант застосування			
		1	2	3	4
Економія робочого палива	%	37,58	33,98	29,18	25,39
Річна економія коштів на паливі	млн. грн./рік	33,453	30,248	25,975	22,602
Температура відхідних газів	°С	105,75	120,25	137,65	149,25

Джерело: дослідження авторів з публікації [1]

За результатами дослідження [1] (див. табл. 1) визначено, що найбільш ефективним за енергетичними, економічними та технічними показниками є варіант застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату з використанням 45% теплової потужності відхідних газів котельні в контактному утилізаційному обладнанні та КТНУ. Для цього варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату економія робочого палива буде забезпечена в обсязі 29,18%, річна економія коштів на паливі становитиме 25,98 млн. грн./рік. Впровадження цього варіанту КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату забезпечить вироблення додатково 3,304 МВт теплової потужності та 642 кВт електричної потужності з високим показником ефективності енергоперетворень.

Проведений в дослідженні [1] багатоваріантний аналіз ефективності чотирьох варіантів застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату, з використанням теплоти від контактного утилізатора теплоти відхідних газів котельні, дозволив визначити енергетично ефективний та економічно обґрунтований варіант роботи КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату з використанням 45% теплової потужності відхідних газів котельні в контактному утилізаційному обладнанні та КТНУ.

В нашому дослідженні визначено, що у разі застосування обраного варіанту модернізації теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату з КТНУ, будуть забезпечені енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи теплової схеми котельні з використанням низькотемпературної теплоти промислового джерела: річна економія робочого палива котельнею з КТНУ становитиме 29,94% (річна економія за уточненими даними). Для цього варіанту застосування з КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату буде забезпечено економію коштів котельнею (зменшення експлуатаційних витрат) в обсязі 9,123 млн. грн./рік.

За обраним варіантом модернізації теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату із встановленням КТНУ було підібрано теплонасосне та когенераційне обладнання. Передбачено встановлення: двох теплових насосів марок НТ-3000 та НТ-500, газопоршневого двигуна-генератора марки 11ГД100М з номінальною потужністю електрогенератора 1000 кВт виробництва ДП «Завод ім. В. О. Малишева» (Україна), утилізаційного обладнання марки КТАН-2,3УГ, насосів фірми GLONG.

В нашому дослідженні [2] представлено техніко-економічне обґрунтування застосування КТНУ для теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату. Економічний ефект від використання КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату підтверджується економічною ефективністю капіталовкладень, економією робочого палива та економією коштів на паливі у порівнянні з базовим варіантом джерела теплотабезпечення (ДТ) комбінату – з діючою котельнею. В нашому дослідженні [2] виконано порівняння економічної ефективності базового та альтернативного варіантів ДТ олійно-жирового комбінату на основі досліджень [1, 3 – 6, 13 – 17], результати представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати техніко-економічного аналізу варіантів ДТ олійно-жирового комбінату

Показник	Одиниця вимірювання	Варіант ДТ олійно-жирового комбінату	
		Базовий варіант ДТ	Альтернативний варіант ДТ з КТНУ
Капіталовкладення в нове обладнання з урахуванням витрат на монтаж	млн. грн.	---	36,67
Експлуатаційні витрати	млн. грн./рік	98,275	89,152
Економічна ефективність	млн. грн./рік	---	9,123
Термін окупності	рік	---	4,02

Джерело: дослідження авторів з публікації [2]

За результатами техніко-економічного аналізу ефективності ДТ олійно-жирового комбінату визначено, що у випадку використання обраного варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату буде забезпечено зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми та зниження експлуатаційних витрат на 9,123 млн. грн./рік. За результатами техніко-економічного аналізу визначено, що капіталовкладення в нове обладнання КТНУ становитимуть 36,67 млн. грн., термін окупності нового обладнання становитиме 4,02 року.

Висновки

В статті розглянуті питання з підвищення ефективності енерговикористання та визначення енергоефективних режимів роботи теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату з когенераційно-теплонасосними установками (КТНУ), оцінки обсягів економії енергоресурсів від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні. Проведені дослідження з підвищення енергоефективності теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату із використанням КТНУ. Досліджено та оцінено вплив режимів роботи теплової схеми олійно-жирового комбінату із застосуванням КТНУ на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні. Визначені енергоефективні режими та умови застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату. Розроблено методичні рекомендації із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату із застосуванням енергоефективних КТНУ. Встановлено енергетичний та економічний ефект від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійножирового комбінату.

Дослідження проведено методом числового експерименту, визначено енергетичну та економічну ефективність теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату з КТНУ. Енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату з КТНУ визначалися з використанням спеціалізованих програм SOLKANE SoftWare 8.0 та CoolPack1.5, адекватність результатів яких підтверджено характеристиками обладнання за даними фірм-виробників та точністю матеріальних та енергетичних балансів.

В статті, на основі багатоваріантного аналізу, наведено обґрунтування вибору варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату, представлено техніко-економічне обґрунтування застосування КТНУ для теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату. Визначено, що найбільш ефективним за енергетичними, економічними та технічними показниками є варіант застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату з використанням 45% теплової потужності відхідних газів котельні в контактному утилізаційному обладнанні та КТНУ. Для цього варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату очікувана економія робочого палива буде забезпечена в обсязі 29,18%, очікувана річна економія коштів на паливі становитиме 25,98 млн. грн./рік. Впровадження цього варіанту КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату забезпечить вироблення додатково 3,304 МВт теплової потужності та 642 кВт електричної потужності з високим показником ефективності енергоперетворень.

За обраним варіантом модернізації теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату із встановленням КТНУ було підібрано теплонасосне та когенераційне обладнання. Передбачено встановлення: двох теплових насосів марок НТ-3000 та НТ-500, газопоршневого двигуна-генератора марки 11ГД100М з номінальною потужністю електрогенератора 1000 кВт виробництва ДП «Завод ім. В. О. Малишева» (Україна), утилізаційного обладнання марки КТАН-2,3УГ, насосів фірми GLONG.

Визначено, що у разі застосування обраного варіанту модернізації теплової схеми котельні олійно-жирового комбінату з КТНУ, будуть забезпечені енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи теплової схеми котельні з використанням низькотемпературної теплоти промислового джерела: річна економія робочого палива котельнею з КТНУ становитиме 29,94% (річна економія за уточненими даними). Для цього варіанту застосування з КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату буде забезпечено економію коштів котельнею (зменшення експлуатаційних витрат) в обсязі 9,123 млн. грн./рік.

За результатами техніко-економічного аналізу ефективності ДТ олійно-жирового комбінату визначено, що у випадку використання обраного варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату буде забезпечено зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми та зниження експлуатаційних витрат на 9,123 млн. грн./рік. За результатами техніко-економічного аналізу визначено, що капіталовкладення в нове обладнання КТНУ становитимуть 36,67 млн. грн., термін окупності нового обладнання становитиме 4,02 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Остапенко О. П. Аналіз ефективності системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату/ О. П. Остапенко, **А. Д. Волошин** // Актуальні проблеми сучасної енергетики: Матеріали Третьої Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (23 – 25 травня 2018 р., Херсон). – Херсон: Херсонський національний технічний університет, 2018. – С. 51-53.
2. Остапенко О. П. Техніко-економічне обґрунтування застосування енергоефективної системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату / О. П. Остапенко, **А. Д. Волошин** // Збірник наукових матеріалів XXI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Літні наукові дискусії» (15 червня 2018 р., м. Вінниця). – Вінниця, 2018. – Частина 2. – Технічні науки. – С. 36 – 42.
3. Остапенко О. П. Енергоефективна система енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату / О. П. Остапенко, **А. Д. Волошин** // Збірник доповідей VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки». – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 33.
4. Остапенко О. П. Енергоефективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в теплових схемах промислово-опалювальних котельних / О. П. Остапенко, І. Г. Войцех, **А. Д. Волошин** // Наукове видання матеріалів регіональної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2 січня – 6 червня 2018 р., Вінниця). – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 160 – 163.
5. 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 10.12.19).
6. Остапенко О. П. Енергоекономічна ефективність систем енергозабезпечення з парокompресійними теплонасосними установками / О. П. Остапенко, В. М. Портнов, **А. Д. Волошин** // Університетська наука-2017 : в 3 т. : тез. доп. міжнар. наук.-техн. конф. (Маріуполь, 18-19 травня 2017 р.). – Маріуполь: ПДТУ, 2017. – Т. 1. – С. 254–255.
7. Остапенко О. П. Високоєфективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками: енергетичний, економічний та екологічний аспекти ефективності / О. П. Остапенко // Енергоефективність та енергозбереження: економічний, технічний та агроекологічний аспекти: [колективна монографія]. – Полтава: ПП Астроя, 2019. – С. 526 – 530.
8. 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 10.12.19).
9. 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 10.12.19).
10. Остапенко О. П. Області енергоефективної роботи систем енергозабезпечення 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 10.12.19).
11. Остапенко О. П. Області високої енергоефективності систем енергозабезпечення 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 10.12.19).

12. Ostapenko O. P. Spheres of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of large power and peak fuel-fired boilers / O. P. Ostapenko // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – IV (12). – Issue 110. – 2016. – P. 64-67.

13. 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 10.12.19).

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. Ostapenko O. P. 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 / O. P. Ostapenko // 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.

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

Андрій Дмитрович Волошин - студент групи ТЕ-18м, 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

Andrii D. Voloshyn – Student of the Faculty of Civil Engineering, Heat Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia