

# КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНА УСТАНОВКА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОТИ ВІД КОНДЕНСАТОРІВ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ КОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Проведена оцінка енергетичної та економічної ефективності варіантів застосування когенераційно-теплонасосної установки (КТНУ) з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі котельні консервного заводу для різних режимів заміщення когенераційно-теплонасосною установкою потужності теплових споживачів. Обґрунтовано вибір найбільш ефективного варіанту застосування КТНУ з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі котельні консервного заводу, проведено оцінку техніко-економічних показників.*

**Ключові слова:** когенераційно-теплонасосна установка, теплота від конденсаторів холодильних машин, енергетична ефективність, економічна ефективність.

## *Abstract*

*The estimation of energy and economic efficiency of variants of application of the cogeneration heat pump installation (CHPI) with the usage of heat from the condensers of refrigeration machines in the thermal scheme of boiler room of cannery plant for the different modes of substitution by the cogeneration heat pump installation the power of thermal consumers was carried out. The choice of the most effective variant of application of CHPI with the usage of heat from the condensers of refrigeration machines in the thermal scheme of boiler room of cannery plant was substantiated; the estimation of technical-economic indexes was carried out.*

**Key words:** cogeneration heat pump installation, heat from the condensers of refrigeration machines, energy efficiency, economic efficiency.

## **Вступ**

Енергетика України розвивається в напрямку зростання частки екологічно чистої енергетики на основі нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. Зі зростанням вартості традиційних енергоресурсів, зростає роль залучення в паливно-енергетичний баланс країни вторинних енергоресурсів та відновлювальних нетрадиційних джерел енергії. Значне місце в паливно-енергетичному балансі країни займає низькотемпературна теплота, яка може бути використана із залученням теплонасосних технологій.

Метою дослідження є оцінка енергетичної та економічної ефективності варіантів застосування когенераційно-теплонасосної установки (КТНУ) з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі котельні заводу для різних режимів заміщення когенераційно-теплонасосною установкою потужності теплових споживачів.

## **Результати дослідження**

В нашому дослідженні проаналізована ефективність впровадження КТНУ з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин для теплової схеми промислово-опалювальної котельні консервного заводу (паливо – мазут), на основі результатів досліджень [1 – 6]. Максимальна потужність споживачів опалення та гарячого водопостачання (ГВП) становить 1,64 МВт. На даний час вироблення теплоти для забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання споживачів заводу здійснюється водогрійною частиною котельні. Передбачено використати теплоту від конденсаторів

холодильних машин в КТНУ для забезпечення теплових потужностей споживачів опалення та гарячого водопостачання. Теплова потужність конденсаторів холодильних машин становить 2907 кВт. Температура води на вході в випарник КТНУ становитиме 35 °С. В теплову схему пароводогрійної котельні для підвищення температури зворотної мережної води встановлюється КТНУ з приводом компресора від двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ). Передбачена цілорічна робота КТНУ в тепловій схемі. Нагрівання мережної води в КТНУ буде здійснюватись до температури 75 °С в теплонасосній установці (ТНУ) та утилізаційному обладнанні КТНУ. При низьких температурах зовнішнього повітря для підвищення температури мережної води після КТНУ від 75 °С до 95 °С, згідно з температурним графіком теплової мережі, буде використовуватись діюча водогрійна котельня.

Для зазначених режимів роботи ТНУ значення коефіцієнта перетворення енергії в ТНУ (без урахування утилізаційної потужності когенераційного приводу ТНУ) становитиме  $\phi_{\text{ТНУ}} = 3,27$ . Значення коефіцієнта перетворення енергії в КТНУ становитиме  $\phi_{\text{КТНУ}} = 4,37$ ; що буде досягнуто за рахунок використання теплоти утилізаційного обладнання когенераційного приводу ТНУ. Така КТНУ буде генерувати 4,37 одиниць теплової потужності в ТНУ та утилізаційному обладнанні когенераційного приводу КТНУ по відношенню до одиниці спожитої ТНУ електричної потужності, без споживання електроенергії з енергосистеми. Для порівняння слід зазначити, що ТНУ з електроприводом за цього режиму роботи буде генерувати лише 3,27 одиниць теплової потужності по відношенню до одиниці спожитої електричної потужності. Одержані високі значення коефіцієнта перетворення енергії для КТНУ свідчать про високу енергетичну ефективність цих комбінованих систем енергозабезпечення.

Нами в дослідженні [7] проведена оцінка ефективності чотирьох варіантів застосування КТНУ з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні консервного заводу, результати наведені в таблиці 1. В таблиці 1 позначені такі варіанти утилізації теплової потужності від конденсаторів холодильних машин із застосуванням КТНУ в тепловій схемі котельні: 1 – режим із заміщенням когенераційно-теплонасосною установкою 100% потужності споживачів опалення та ГВП; 2 – режим із заміщенням когенераційно-теплонасосною установкою 75% потужності споживачів опалення та 100% потужності споживачів ГВП; 3 – режим із заміщенням когенераційно-теплонасосною установкою 50% потужності споживачів опалення та 100% потужності споживачів ГВП; 4 – режим із заміщенням когенераційно-теплонасосною установкою 25% потужності споживачів опалення та 100% потужності споживачів ГВП.

Таблиця 1 – Показники ефективності теплової схеми промислово- опалювальної котельні консервного заводу з КТНУ з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин [7]

Показник	Варіант застосування КТНУ			
	1	2	3	4
Річна економія робочого палива водогрійною частиною котельні, %	100	52,19	37,9	27,6
Економія коштів, млн. грн./рік	2,05	0,717	відсутня	
Термін окупності КТНУ, років	2,61	5,26	не окупується	

Як видно з табл. 1, найбільш ефективним за енергетичними та економічними показниками є варіант застосування КТНУ з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі котельні консервного заводу у режимі заміщення когенераційно-теплонасосною установкою 100% потужності споживачів опалення та ГВП.

За результатами досліджень для обраного варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні було підібрано теплонасосне, когенераційне і допоміжне обладнання та проведено оцінку техніко-економічних показників.

Передбачено встановлення дизельного двигуна-генератора марки ДГА-500-4 з номінальною потужністю електрогенератора 500 кВт виробництва ТДВ «Первомайськдизельмаш» (Україна). Передбачено встановити два теплових насоси: один тепловий насос марки НТ-280 з розрахунковою теплопродуктивністю 320...490 кВт та один тепловий насос марки НТ-1000 з розрахунковою теплопродуктивністю 900...1350 кВт. Передбачено встановлення чотирьох насосів (три робочих, один резервний) фірми GLONG марки GHE-30-180-11 з подачею 30 м<sup>3</sup>/год., напором 0,18 МПа, ККД 70%, з потужністю електродвигуна 11 кВт.

Визначено основні техніко-економічні показники теплової схеми котельні за обраним варіантом застосування КТНУ з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин. У разі застосування КТНУ з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі котельні забезпечується зниження собівартості теплоти на 17%, термін окупності нового обладнання становитиме 2,61 року, зменшуються експлуатаційні витрати на 2,05 млн. грн./рік.

Утилізація теплоти вторинних енергоресурсів консервного заводу - теплоти від конденсаторів холодильних машин - в тепловій схемі котельні з використанням КТНУ дозволить забезпечити вироблення 1,64 МВт теплової потужності, зі значно нижчою собівартістю теплоти, для забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання споживачів. Енергоперетворення в КТНУ будуть забезпечені з високою енергетичною ефективністю та коефіцієнтом перетворення  $\phi_{\text{КТНУ}} = 4,37$ , що в два рази перевищує граничне значення, достатнє для ефективного впровадження теплонасосних когенераційних технологій.

### Висновки

Проведена оцінка енергетичної та економічної ефективності варіантів застосування когенераційно-теплонасосної установки з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі котельні заводу для різних режимів заміщення когенераційно-теплонасосною установкою потужності теплових споживачів.

Найбільш ефективним за енергетичними та економічними показниками є варіант застосування КТНУ з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі котельні консервного заводу у режимі заміщення когенераційно-теплонасосною установкою 100% потужності споживачів опалення та ГВП. За результатами досліджень для обраного варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні було підбрано теплонасосне, когенераційне і допоміжне обладнання та проведено оцінку техніко-економічних показників. У разі застосування КТНУ з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі котельні забезпечується зниження собівартості теплоти на 17%, термін окупності нового обладнання становитиме 2,61 року, зменшуються експлуатаційні витрати на 2,05 млн. грн./рік.

Утилізація теплоти вторинних енергоресурсів консервного заводу - теплоти від конденсаторів холодильних машин - в тепловій схемі котельні з використанням КТНУ дозволить забезпечити вироблення 1,64 МВт теплової потужності зі значно нижчою собівартістю теплоти для забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання споживачів. Енергоперетворення в КТНУ будуть забезпечені з високою енергетичною ефективністю та коефіцієнтом перетворення  $\phi_{\text{КТНУ}} = 4,37$ , що в два рази перевищує граничне значення, достатнє для ефективного впровадження теплонасосних когенераційних технологій.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. 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 17.03.18).
2. 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 17.03.18).
3. 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 17.03.18).
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. 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 17.03.18).

6. 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 17.03.18).

7. 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.

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

**Євгеній Олексійович Павлович** — студент групи ТЕ-17м, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [evgenijpavlovic3@gmail.com](mailto:evgenijpavlovic3@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](mailto:ostapenko1208@gmail.com)

**Yevhenii O. Pavlovych** – Student of the Faculty of Civil Engineering, Heat Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [evgenijpavlovic3@gmail.com](mailto:evgenijpavlovic3@gmail.com)