

# ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНІ САНАТОРІЮ В МІСТІ ОДЕСА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ТЕПЛОНАСОСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

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

**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 sanatorium with application of cogeneration heat pump installations (CHPI), from determination of the energy effective modes of exploitation of thermal scheme of boiler room of sanatorium with CHPI, conducted estimation of volumes of economy of energy resources from application of CHPI in the thermal scheme of boiler room of sanatorium. The studies from the increase of the energy efficiency of thermal scheme of boiler room of sanatorium (on the example of boiler room in Odesa city) with application of CHPI are conducted. Investigation and influence of the modes of operations of thermal scheme of boiler room of sanatorium (on the example of boiler room in Odesa city) with application of CHPI, on the indexes of power and economic efficiency of thermal scheme of boiler room of sanatorium, is appraised. The energy effective modes of application of the CHPI are determined in the thermal scheme of boiler room of sanatorium (on the example of boiler room in Odesa city). The methodical recommendations are worked out from the increase of energy efficiency and economic efficiency of thermal scheme of boiler room of sanatorium (on the example of boiler room in Odesa city) with application of CHPI. The energy and economic effect from application of CHPI in the thermal scheme of boiler room of sanatorium in Odesa city are determined.*

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

## **Вступ**

Значні обсяги економії природного газу у разі виробництва теплової енергії теплофікаційними котельнями пов'язані з використанням компресійних теплових насосів. Однак, практичне застосування теплонасосних технологій у разі високої вартості електроенергії з мережі виявляється економічно недоцільним. Виходом з цього положення є використання в теплонасосній технології, як джерела

електроенергії для теплових насосів, когенераційних установок, які виробляють електроенергію, собівартість якої значно нижча, ніж вартість електроенергії з мережі (когенераційного-теплонасосних технологій), що визначено та обґрунтовано на основі результатів багаторічних досліджень та висвітлено у низці вітчизняних та закордонних публікацій [1 – 23].

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

**Завдання дослідження:**

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

### Результати дослідження

Нами досліджено та проаналізовано енергоекономічну ефективність чотирьох варіантів застосування когенераційно-теплонасосних установок у тепловій схемі котельні санаторію із визначенням за результатами цього аналізу енергоефективного та економічно обґрунтованого режиму роботи КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію. В нашому дослідженні, з метою підвищення ефективності енерговикористання у тепловій схемі котельні санаторію, пропонується застосувати низку енергоефективних та економічно доцільних варіантів використання КТНУ на основі парокompресійних теплових насосів та газопоршневих двигунів-генераторів, з комбінованим сезонним використанням низькотемпературної теплоти промислових та природних джерел. Як джерело низькотемпературної теплоти для КТНУ пропонується використати теплоту вторинних енергоресурсів котельні санаторію – відхідних газів котельні в контактному утилізаторі теплоти відхідних газів для вироблення низькотемпературної теплоти для КТНУ, а також низькотемпературну теплоту від природного джерела. Базовим варіантом джерела теплозабезпечення санаторію в м. Одеса є водогрійна котельня на природному газі, яка забезпечує потреби наступних теплових споживачів: максимальна потужність опалення санаторію становить 4 МВт, потужність споживачів гарячого водопостачання – 2 МВт, потужність для забезпечення потреб технологічних споживачів – 0,5 МВт.

В нашому дослідженні виконаний варіантний аналіз енергоекономічної ефективності застосування КТНУ для теплової схеми котельні санаторію, з використанням результатів досліджень [1 – 18] та методичних основ з [19 – 23]. Нами в дослідженні [1] оцінена енергоекономічна ефективність чотирьох варіантів застосування КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію, результати наведені в таблиці 1, де позначені такі варіанти утилізації теплової потужності відхідних газів: 1 – 100%; 2 – 75%; 3 – 50%; 4 – 25%.

Дослідження проведено методом числового експерименту, визначено енергоекономічну ефективність теплової схеми котельні санаторію з КТНУ. Енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи теплової схеми котельні санаторію 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.

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 санаторію з утилізацією 50% теплової потужності відхідних газів котлів в утилізаційному обладнанні та КТНУ. Для цього варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію економія робочого палива (природного газу) становитиме 14,4%, температура відхідних газів становитиме 113 °С, очікувана річна економія коштів на паливі становитиме 6,33 млн. грн./рік. Виконаний в дослідженні [1] варіантний аналіз енергоекономічної ефективності чотирьох варіантів застосування КТНУ

для теплової схеми котельні санаторію дозволив визначити енергоефективний та економічно обґрунтований режим роботи СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію з утилізацією 50% теплової потужності відхідних газів котлів в утилізаційному обладнанні та КТНУ.

Таблиця 1 – Показники енергоекономічної ефективності варіантів теплової схеми котельні санаторію з КТНУ

Показник	Одиниця вимірювання	Варіант застосування			
		1	2	3	4
Річна економія робочого палива	%	18,79	16,58	14,4	11,4
Економія природного газу	тис. м <sup>3</sup> /рік	853,48	753,10	654,08	517,81
Економія коштів на паливі	млн. грн./рік	8,253	7,282	6,325	5,007
Температура відхідних газів	°С	55	81,3	112,8	133,8

*Джерело: дослідження авторів з публікації [1]*

В нашому дослідженні визначено, що у разі застосування обраного варіанту модернізації теплової схеми котельні санаторію з КТНУ в м. Одеса, будуть забезпечені енергоефективні та економічно обґрунтовані змінні режими роботи теплової схеми котельні з комбінованим сезонним використанням низькотемпературної теплоти промислових та природних джерел: сезонна економія робочого палива котельнею із застосуванням КТНУ буде змінюватись в межах 10,59...15,43%, річна економія робочого палива (природного газу) котельнею з КТНУ становитиме 14,4%. Для цього варіанту застосування з КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію в м. Одеса буде забезпечено економію коштів котельнею в обсязі 5,213 млн. грн./рік.

За обраним варіантом модернізації теплової схеми котельні санаторію в м. Одеса із встановленням КТНУ було підібрано теплонасосне та когенераційне обладнання. Передбачено встановлення: теплового насоса марки НТ-1000, газопоршневого двигуна-генератора марки ГДГА500 з номінальною потужністю електрогенератора 500 кВт виробництва ТДВ «Первомайськдизельмаш» (Україна), утилізаційного обладнання марки КТАН-0,8УГ, насосів фірми GLONG.

В нашому дослідженні [2] представлено техніко-економічне обґрунтування застосування КТНУ для теплової схеми котельні санаторію в місті Одеса. Економічний ефект від використання КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію підтверджується економічною ефективністю капіталовкладень, економією природного газу та економією коштів на паливі у порівнянні з діючою котельнею – базовим варіантом джерела теплотабезпечення (ДТ) санаторію. В нашому дослідженні [2] виконано порівняння економічної ефективності цих варіантів ДТ санаторію в м. Одеса на основі досліджень [1, 6 – 12, 19 – 23], результати представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати техніко-економічного аналізу варіантів ДТ санаторію

Показник	Одиниця вимірювання	Варіант ДТ санаторію	
		Базовий варіант ДТ	ДТ з КТНУ
Капіталовкладення в нове обладнання з урахуванням витрат на монтаж	млн. грн.	---	16,126
Експлуатаційні витрати	млн. грн./рік	48,454	43,241
Економічна ефективність	млн. грн./рік	---	5,213
Термін окупності	рік	---	3,093

*Джерело: дослідження авторів з публікації [2]*

За результатами техніко-економічного аналізу ефективності ДТ санаторію визначено, що у випадку використання обраного варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію в місті Одеса буде забезпечено зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми та зниження експлуатаційних витрат на 5,213 млн. грн./рік. За результатами техніко-економічного аналізу визначено, що капіталовкладення в нове обладнання КТНУ становитимуть 16,126 млн. грн., термін окупності нового обладнання становитиме 3,09 року.

### Висновки

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

Дослідження проведено методом числового експерименту, визначено енергоекономічну ефективність теплової схеми котельні санаторію з КТНУ. Енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи теплової схеми котельні санаторію 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 санаторію в м. Одеса, представлено техніко-економічне обґрунтування застосування КТНУ для теплової схеми котельні санаторію в місті Одеса. Визначено, що найбільш ефективним за енергетичними, економічними та технічними показниками є варіант застосування КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію в м. Одеса з утилізацією 50% теплової потужності відхідних газів котлів в утилізаційному обладнанні та КТНУ. Для цього варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію в м. Одеса буде забезпечено економію робочого палива (природного газу) в обсязі 14,4%, очікувана річна економія коштів на паливі становитиме 6,33 млн. грн./рік.

За обраним варіантом модернізації теплової схеми котельні санаторію в м. Одеса із встановленням КТНУ було підібрано теплонасосне та когенераційне обладнання. Передбачено встановлення: теплового насоса марки НТ-1000, газопоршневого двигуна-генератора марки ГДГА500 з номінальною потужністю електрогенератора 500 кВт виробництва ТДВ «Первомайськдизельмаш» (Україна), утилізаційного обладнання марки КТАН-0,8УГ, насосів фірми GLONG.

Визначено, що у разі застосування обраного варіанту модернізації теплової схеми котельні санаторію з КТНУ в м. Одеса, будуть забезпечені енергоефективні та економічно обґрунтовані змінні режими роботи теплової схеми котельні з комбінованим сезонним використанням низькотемпературної теплоти промислових та природних джерел: сезонна економія робочого палива котельнею із застосуванням КТНУ буде змінюватись в межах 10,59...15,43%, річна економія робочого палива (природного газу) котельнею з КТНУ становитиме 14,4%.

За результатами техніко-економічного аналізу ефективності ДТ санаторію визначено, що у випадку використання обраного варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію в місті Одеса буде забезпечено зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми та зниження експлуатаційних витрат на 5,213 млн. грн./рік. За результатами техніко-економічного аналізу визначено, що капіталовкладення в нове обладнання КТНУ становитимуть 16,126 млн. грн., термін окупності нового обладнання становитиме 3,09 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Остапенко О. П. Варіантний аналіз енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в тепловій схемі котельні санаторію / О. П. Остапенко, **В. М. Портнов** // 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. 48 – 50.
2. Остапенко О. П. Техніко-економічне обґрунтування застосування енергоефективної системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою в тепловій схемі котельні санаторію / О. П. Остапенко, **В. М. Портнов** // Збірник наукових матеріалів XX Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Інновації XXI століття» (25 травня 2018 р., м. Вінниця). – Вінниця, 2018. – Частина 7. – Технічні науки. – С. 59 – 65.
3. 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.
4. 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.
5. Остапенко О. П. Дослідження енергоекономічної ефективності змінних режимів роботи систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками з використанням теплоти промислових та природних джерел [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, **В. М. Портнов**, П. Д. Форсюк // Наукові праці ВНТУ. – 2018. – № 2. – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/549/533> (Дата звертання 10.12.19).
6. Остапенко О. П. Показники енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти / О. П. Остапенко, І. Ю. Лебідь, **В. М. Портнов** // 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. 152 – 155.
7. Остапенко О. П. Енергоефективна система енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою в тепловій схемі котельні санаторію / О. П. Остапенко, **В. М. Портнов** // Збірник доповідей VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки». – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 30 – 31.
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-fbtegr/all-fbtegr-2017/paper/view/2875/2248>. (Дата звертання 10.12.19).
9. Остапенко О. П. Система енергозабезпечення з теплонасосними установками для теплової схеми котельні санаторію / О. П. Остапенко, **В. М. Портнов**, В. В. Немировський // Університетська наука-2018 : в 3 т. : тез. доп. міжнар. наук.-техн. конф. (Маріуполь, 23-24 травня 2018 р.). – Маріуполь: ПДТУ, 2018. – Т. 1. – С. 266–267.
10. Остапенко О. П. Оцінка ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками на теплоті вторинних енергоресурсів за умов змінних режимів роботи / О. П. Остапенко, Є. О. Павлович, М. І. Максимов, М. С. Дзюбанчук, **В. М. Портнов** // Збірник наукових матеріалів XVIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Перспективні напрями розвитку науки і техніки» (23 березня 2018 р., м. Вінниця). – Вінниця, 2018. – Частина 2. – Технічні науки. – С. 16 – 22.
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.
12. Остапенко О. П. Енергоекономічна ефективність систем енергозабезпечення з парокомпресійними 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.
13. 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.
14. 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).
15. 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).
16. 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).

17. Остапенко О. П. Области 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).

18. 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.

19. 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).

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. 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](mailto:ostapenko1208@gmail.com)

**Віктор Миколайович Портнов** - 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](mailto:ostapenko1208@gmail.com)

**Viktor M. Portnov** – Student of the Faculty of Civil Engineering, Heat Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia