

*Міністерство освіти і науки України  
Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Інститут проблем природокористування та екології НАН України  
Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України  
Департамент будівництва, містобудування і архітектури та  
Житлово-комунального господарства Полтавської ОДА  
Департамент екології та природних ресурсів Полтавської ОДА  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний університет імені Ігоря Сікорського»  
ПРАТ "Природні ресурси"  
Департамент дослідження свердловин та розробки родовищ  
ДП "Укрнаукагеоцентр"  
Київський національний університет будівництва та архітектури  
Одеський державний екологічний університет  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Вінницький національний технічний університет  
Запорізький національний університет  
Національний університет кораблебудування  
імені Адмірала Макарова  
Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Екологічна рада Полтавщини*

**I Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю  
«Екологія. Довкілля. Енергозбереження»**  
присвячена 90-річчю Національного університету  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»



**Полтава 2020**

*А.Г. Колієнко, к.т.н., професор, В.С. Турченко, студент,  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
м. Полтава, Україна*

## **ПОТЕНЦІАЛ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТЕПЛОТИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

Підвищення енергетичної ефективності, скорочення шкідливого впливу на довкілля і зменшення собівартості вироблення теплоти в системах теплопостачання є актуальною техніко-економічною задачею, від вирішення якої залежить вибір стратегічного напрямку розвитку систем теплопостачання. Лише техніко-економічні показники ефективності генерування і відпуску теплоти а також показники екологічної нейтральності зможуть вирішити питання вибору споживачами виду системи теплопостачання: автономного, децентралізованого чи централізованого.

Системи 5-ої генерації систем централізованого теплопостачання СЦТ-5 передбачають за рахунок зменшення температури теплоносія, впровадження відновлювальних і вторинних джерел енергії, а також скорочення непродуктивних втрат енергії збільшити на 20-25% основні показники енергетичної ефективності системи і до 80% зменшити викиди парникових газів порівняно з традиційними. Суттєвою перевагою СЦТ-5 є комплексність, яка проявляється у наступному:

- сумісне вирішення технічних і екологічних задач;
- спільне вирішення задач генерації, транспортування і реалізації енергії;
- урахування термодинамічного ( загальноенергетичного) потенціалу енергії – як теплової, так і електричної;
- комбінація традиційних , відновлювальних і альтернативних джерел енергії.

У цій роботі виконано аналіз потенціалу збереження енергії у ході її генерації в СЦТ з урахуванням критеріїв комплексності, викладених вище.

В основу механізму оцінки потенціалу енергозбереження покладено термодинамічний аналіз процесів, рівняння теплових балансів і аналіз таких показників енергетичної ефективності, коефіцієнт ефективності використання теплоти ( КВТ), коефіцієнт ефективності використання палива ( КВП).

КВП характеризує частку теплоти, отриманої в результаті утилізації теплоти  $Q_{ут}$ , відносно енергії початкових витрат палива або потенціалу іншого вхідного енергоносія -  $Q_{н}^p$ . КВП показує величину частки додаткової теплоти, котра буде отримана в результаті використання ВЕР відносно витрат енергії на вході до системи:

$$КВП = \frac{Q_{ут}}{Q_{н}^p} \cdot 100, \% \quad (1)$$

КВТ характеризує частку енергії, отриманої в результаті утилізації ВЕР  $Q_{ут}$  відносно енергетичного потенціалу самих ВЕР, що утворюються в системі  $Q'_2$ . Таким чином цей коефіцієнт буде характеризувати енергетичну ефективність самої системи утилізації ВЕР.

$$КВТ = \frac{Q_{ут}}{Q'_2} \cdot 100, \% \quad (2)$$

У цій роботі подано результати аналізу за такими напрямками:

- утилізація теплоти вторинних енергетичних ресурсів ( ВЕР) у вигляді теплоти продуктів згорання викопних видів палива у водогрійних і парових котлах СЦТ для нагрівання дуттьового повітря для пальників; для нагрівання теплоносія СЦТ в неконденсаційних і конденсаційних теплообмінниках;

- утилізація теплоти вторинних енергетичних ресурсів ( ВЕР) у вигляді теплоти продуктів згорання викопних видів палива у технологічному паливоспалювальному обладнанні для нагрівання дуттьового повітря для пальників; для нагрівання теплоносія СЦТ в неконденсаційних і конденсаційних теплообмінниках;

- утилізація теплоти відхідних продуктів згорання котла ЦСТ або технологічного паливоспалювального обладнання для бінарного вироблення теплової і електричної енергії з використанням органічного циклу Ренкіна ( ORC);

- комбіноване вироблення теплової і електричної енергії на базі водогрійного котла СЦТ з використання органічного циклу Ренкіна( ORC);

- утилізація теплоти низькотемпературних вторинних енергоносіїв з використання теплових pomp;

- комбіноване вироблення теплової енергії в котельні СЦТ і сонячних колекторах.

Складання рівнянь теплового балансу здійснювалось на основі розроблених принципових схем реалізації кожного із наведених вище способів підвищення енергетичної ефективності системи.

Результати виконаних розрахунків свідчать, що найбільш простий і поширений спосіб утилізації теплоти продуктів згорання для нагрівання дуттьового повітря дає можливість збільшити величину ефективності використання палива ( ККД пристрою) на величину не більше 10-11%. А при температурі відхідних газів до 250<sup>0</sup>С збільшення ККД не перевищить 4-5%.

Значно більшу економію палива можна отримати на етапі генерування теплоти у разі використання конденсаційного утилізаційного теплообмінника. Збільшення величини КВП можливо до 15-17%. На рис. 1 представлено графік для визначення величини зменшення втрат теплоти з відхідними газами , або величини яка показує на скільки може зрости ККД теплогенерувальної установки при впровадженні данного способу утилізації ВЕР.

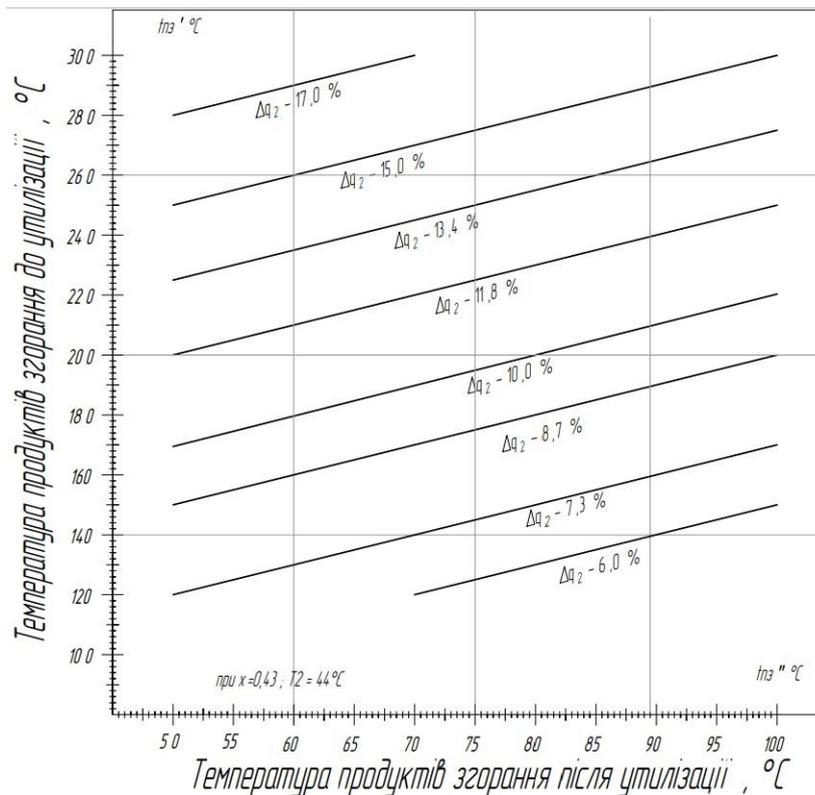


Рис.1 Графік для визначення скорочення втрат теплоти у разі використання утилізаційного конденсаційного теплообмінника для температурного графіку відпуску теплоти 80/60 °C.

Для успішного впровадження такого способу використання ВЕР відпуск теплоти необхідно здійснювати за пониженого температурного графіка відпуску теплоти.

Суттєве підвищення енергетичної ефективності на етапі генерації можна отримати у разі комбінованого вироблення теплової і електричної енергії за рахунок теплоти відхідних газів паливоспалювального обладнання. Це можливо за умови впровадження органічного циклу Ренкіна ( ORC).

На рис. 2 представлено принципову схему реалізації такого способу використання термодинамічного потенціалу палива і продуктів його згорання.

Принцип роботи даної схеми полягає у наступному : Продукти згорання ПЗ надходять від технологічного обладнання ТО до пароперігрівача ПП після чого надходять до теплообмінника випаровувача ТВ та викидаються в навколишнє середовище. Проміжне робоче тіло контуру теплового насоса, або органічного циклу Ренкіна ПРТ надходить до теплообмінника випаровувача ТВ де випаровується. після цього проміжне робоче тіло надходить до пароперегрівача ПП де пара набуває сухого на виході. Пара ПРТ далі прямує до турбіни Т де вона розширяється та віддає частину енергії лопаткам турбіни. Відпрацьована пара з парової турбіни надходить до конденсаційного теплообмінника ТК де ПРТ віддає остаточне тепло робочому тілу централізованої системи тепlopостачання РТ СЦТ. Гарячий теплоносій надходить по подавальному трубопроводу до споживача Сп, а

потім повертається по зворотному трубопроводу у теплообмінник конденсатор. Цикл замикається.

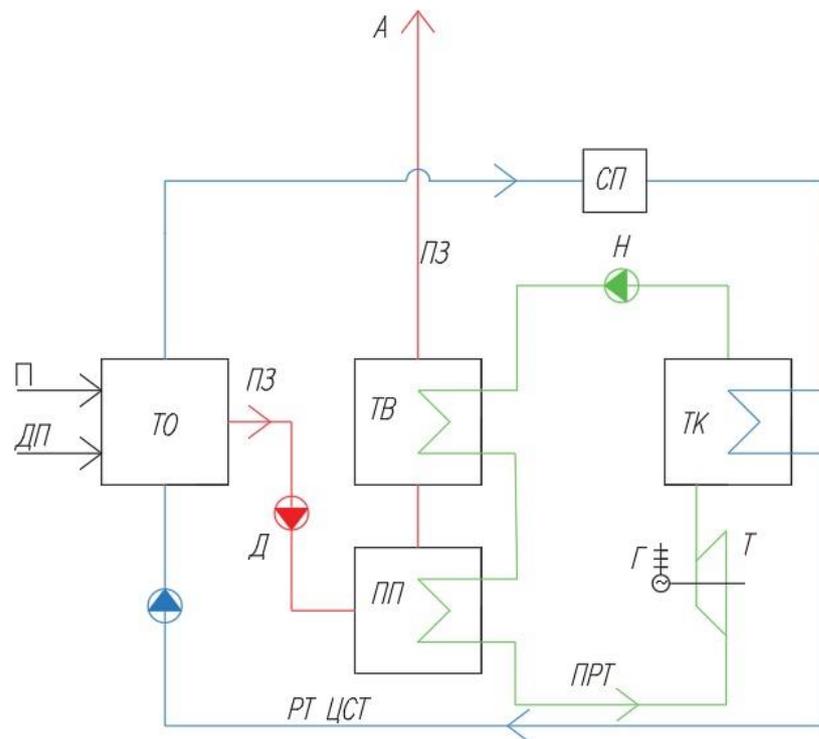


Рис. 2 Принципова когенераційна схема утилізації теплоти продуктів згорання котла ЦСТ або технологічного паливоспалювального обладнання з використанням органічного циклу Ренкіна ( ORC).

Де ТО- технологічне обладнання – джерело ВЕР; П – паливо; ДП – дуттьове повітря; ПЗ – продукти згорання; Д- димосос; РТЦСТ – робоче тіло централізованої системи тепlopостачання ( ЦСТ); ПП – пароперегрівач; ТВ – теплообмінник випаровувач; ПРТ – проміжне робоче тіло контуру теплового насосу, або органічного циклу Ренкіна; Т- турбіна; Г – генератор електричної енергії; Н- насос.

Роботи з визначення потенціалу енергозбереження будуть продовжені у напрямку використання теплових насосів у системах ЦТ.

### Література

1. Лобунець Ю.М. Застосування термоелектричних теплових насосів у системах централізованого тепlopостачання. Науковий журнал «Енерготехнології та ресурсозбереження». 2020, № 2, С.14-16.
2. Heat Pumps in District Heating. UK Department of Energy & Climate Change. Final Report, 2016, 138 pp.