

# УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛА ВІДПРАЦЬОВАНОЇ ПАРИ ТУРБІН ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

**Т.Ю. Кравець**

Кандидат технічних наук, доцент, заступник завідувача кафедри\*

Контактний тел.: (032) 258-25-15, 067-674-81-65

E-mail: kravetst@ukr.net

**М.Я. Кузнецова**

Кандидат технічних наук, асистент\*

Контактний тел.: (032) 258-25-15, 097-946-64-18

E-mail: kyznetsovam83@gmail.com

**А.М. Павліш**

Аспірант, асистент\*

Контактний тел.: (032) 258-25-15, 063-499-95-64

E-mail: andriy.pavlish@gmail.com

**Д.С. Баранович**

Кандидат технічних наук, асистент\*

Контактний тел.: (032) 258-25-15, 067-314-78-89

E-mail: dmytro\_lviv@mail.ru

\*Кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій  
Національний університет «Львівська політехніка»  
вул. С.Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

*В статті розглянуто проблеми використання низькопотенційного тепла відпрацьованої пари для потреб теплозабезпечення з використанням парокompресійного теплового насосу типу "пара-вода"*

*Ключові слова: тепловий насос, турбіна, пара, тепло*

*В статье рассмотрены проблемы использования низькопотенциального тепла отработанного пара для нужд теплообеспечения с использованием теплового насоса типа "пар-вода"*

*Ключевые слова: тепловой насос, турбина, пар, тепло*

*In the article is considered problems of low potential heat steam for heat-supply needs, using steam compressional heat pump type "steam-water"*

*Key words: heating pump, turbine, steam, heat*

## 1. Постановка проблеми

Відомо [1-3], що понад 40% тепла, яке підводиться в паротурбінному циклі теплових (ТЕС) та атомних (АЕС) електростанцій, втрачається з циркуляційною водою, яку використовують для конденсації низькопотенційної пари в конденсаторах турбін. На сьогодні низькопотенційне тепло на електростанціях практично не використовується. Це пов'язано з тим, що пара володіє низьким потенціалом (низькою температурою, тиском нижчим за атмосферний) та має великий питомий об'єм. А тому використання низькопотенційного тепла пари на виході із турбіни є актуальною задачею, вирішення якої дасть змогу підвищити техніко-економічні та екологічні показники енергоблоків ТЕС та АЕС.

## 2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Використанню низькопотенційного тепла відпрацьованої пари на виході з турбіни приділялося багато уваги. Зокрема, було запропоновано [1] вмонтувати останній підігрівник низького тиску (ПНТ) в паровий простір конденсатора і пропускати через теплофікаційні пучки конденсатора зворотню мережеву воду з наступним її догріванням парою з відборів. Також, фахівцями "Львівтеплоелектропроект" роз-

глядалася можливість підігріву холодної води, яка йде на водопостачання. Проте, даний проект не був реалізований. Авторами [2, 3] пропонувалась можливість направлення потоків циркуляційної води на об'єкти парниково-тепличного господарства.

## 3. Мета статті

Використати низькопотенційне тепло пари в конденсаторі потужних енергетичних блоків ТЕС та АЕС за рахунок використання теплових насосів.

## 4. Виклад основного матеріалу

Робота електростанції супроводжується конденсацією відпрацьованої пари в конденсаторі. При цьому з охолоджуючим агентом (охолоджуюча, циркуляційна вода) виноситься велика кількість тепла, яка через свій низький потенціал не знайшла широкого застосування в енергетиці. Проте, враховуючи збільшення вартості палива і зменшення його запасів, гостро постає питання раціонального його використання і економії.

Для вирішення цієї проблеми було запропоновано використати тепловий насос, який дає змогу використовувати низькопотенційну енергію навколишнього

середовища для покриття потреб у тепловій енергії. Тепловий насос – це установка, яка працює за принципом зворотної холодильної машини, передаючи тепло від джерела низької температури до середовища з більш високою температурою, наприклад, до систем опалення чи гарячого водопостачання [4, 5].

На сьогодні широко застосовують парокompресійні теплові насоси [6]. В основі принципу їх дії лежать два термодинамічні явища: поглинання і виділення тепла рідиною при зміні агрегатного стану – випаровування і конденсація, відповідно; зміна температури випаровування (і конденсації) при зміні тиску.

Ефективність теплового насосу, як відомо[5-7], визначає коефіцієнт перетворення теплового насосу  $COP_{TH}$  (від англ. Coefficient of Performance):

$$COP_{TH} = \frac{Q_k}{N_e},$$

де  $Q_k$  – тепло, відведене від конденсатора і спрямоване до споживача, Вт;  $N_e$  – потужність, затрачена на привід компресора, Вт.

$$Q_k = Q_{ис} + a \cdot N_e,$$

де  $Q_{ис}$  – теплота, що підводиться до випарника теплового насоса, Вт, 0 – коефіцієнт перетворення.

За реальних умов значення  $COP_{TH}$  коливається в межах 2 – 8; в середньому приймають значення, що дорівнює 4.

Аналізуючи значення  $COP_{TH}$  для теплових насосів, стає зрозумілим, що для мінімальної ефективності використання тепла відпрацьованої пари необхідно забезпечити  $COP_{TH}$  в межах 4 – 8. Саме такі значення  $COP_{TH}$  забезпечує парокompресійний тепловий насос.

Сучасною модифікацією парокompресійного теплового насоса є високошвидкісний тепловий насос (ВШТН), характерна особливість якого полягає в тому, що замість поршневого компресора застосовують відцентровий, а дросельний вентиль замінено турбодетандером, розташованим на одному валу з компресором.

Такий тепловий насос має низку переваг:

- висока частота обертання турбокомпресора робить можливим зменшення його габаритів, і тому тепловий насос стає достатньо компактним;
- турбокомпресор, що засмоктує з випарника вологу пару холодоагента, одночасно осушує його, внаслідок чого знижується температура процесу стискання, і, отже, знижується споживана потужність компресором;
- розширювальна турбіна реалізує адіабатний процес розширення (замість ізентропійного процесу дроселювання у дросельному вентилі). Внаслідок цього робоче тіло глибше охолоджується, що сприятливо впливає на подальший теплообмін у випарнику. Одночасно потужність, що розвивається розширювальною турбіною, передається робочому колесу відцентрового компресора, розташованому на одному валу з турбіною. Тим самим зменшується споживання потужності компресором від електродвигуна.

Через вказані особливості коефіцієнт перетворення ВШТН досягає високих значень:  $COP_{TH} = 5-6$  [7].

Таким чином, пропонується відбирати низькопотенційне тепло, яке виділяється в конденсаторі під час конденсації відпрацьованої пари за допомогою парокompресійного теплового насосу.

Так, наприклад, для енергоблоку 200МВт, в конденсатор потрапляє пара в кількості  $\approx 450$  т/год з енергетичним потенціалом  $\approx 270$  МВт теплоти, яка викидається в навколишнє середовище циркуляційною водою.

Принципова схема утилізації низькопотенційного тепла відпрацьованої в турбіні пари за допомогою теплового насосу зображена на рис. 1.

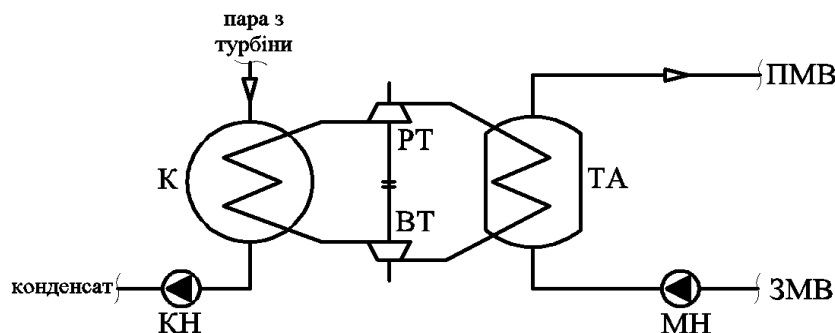


Рис 1. Принципова схема утилізації низькопотенційного тепла пари за допомогою високошвидкісного теплового насосу: К – конденсатор; KH – конденсатний насос; VT – відцентровий турбокомпресор; PT – розширювальна турбіна; TA – теплообмінний апарат; MH – мережевий насос; ПМВ, ЗМВ – відповідно пряма та зворотня мережна вода

Таким чином, можна окреслити основні переваги запропонованої схеми:

- значно підвищується термічний ККД циклу паротурбінної ТЕС за допомогою впровадження запропонованого комбінованого циклу;
  - водосховища та споруди технічного водопостачання для ТЕС, а також кошти витрачені на них та їх експлуатація стають зайвими;
  - відпадає необхідність у використанні системи підтримання чистоти поверхонь охолодження конденсатора та її експлуатації;
  - знижується шкідливий вплив на оточуюче середовище, зокрема, зменшуються теплові викиди в навколишнє середовище (викиди тепла з циркуляційною водою); для отримання додаткової теплоти від ТЕС, ТЕЦ, АЕС не потрібне додаткове спалювання палива, а, отже, і відсутні додаткові викиди забруднюючих речовин;
  - тепловий насос дає змогу ефективно сконцентрувати низькопотенційне тепло з метою подальшого його використання;
  - оскільки, тепло, отримане в тепловому насосі буде використовуватись для опалювання, то пару з відборів турбін на вказані потреби не потрібно відбирати. В результаті, пара, пройшовши по протічній частині парової турбіни зможе виробити додаткову кількість енергії, при цьому не збільшуючи витрату палива на енергоблок.
- Варто також зазначити деякі недоліки використання теплового насосу за даною схемою: проблема

у використанні отриманої теплоти влітку; велика вартість устаткування; низька одинична потужність існуючих теплових насосів; енергоблок жорстко зв'язаний через систему теплопостачання із споживачами.

Проте, врахування вищевказаних недоліків є предметом подальших досліджень в цьому напрямку.

## Висновки

Утилізація низькопотенційного тепла відпрацьованої пари турбіни дає змогу підвищити техніко-економічні та екологічні показники енергоблоків ТЕС та АЕС. Так, для енергоблоку 200МВт із застосуванням високошвидкісного парокompресійного насоса можливо додатково використати  $\approx 270$  МВт теплоти.

## Література

1. Рыжкин В. Я. Тепловые электрические станции [Текст] / В.Я. Рыжкин. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1976. — 448 с.
2. Пристрої для утилізації теплової енергії [Текст] : навч. посібник. / Й.С. Мисак, Я.М. Гнатишин, В.Ф. Близнюк, В.Ю. Крук. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. — 152 с.
3. Куперман Л. И. Вторичные энергоресурсы и энерготехнологическое комбинирование в промышленности [Текст] / Куперман Л. И., Романовський С. А., Сидельковский Л. Н. — К.: Вища школа, 1986. — 303с.
4. Мартыновский В.С. Циклы, схемы и характеристики термотрансформаторов [Текст] / В.С. Мартыновский; под. общ. ред. В.М.Бродянского — М.: Энергия, 1979. — 288 с.
5. Хайрих Т.С. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения [Текст] / Т.С. Хайрих; под. общ. ред. Б.К.Янвеля. — М.: Стройиздат, 1985. — 351 с.
6. Морозюк Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов [Текст] / Т.В. Морозюк. — Одесса: Студия «Негоциант», 2006. — 712 с.
7. Омеляновський П.Й. Теплова енергетика – нові виклики часу [Текст] / П. Й. Омеляновський, Й. С. Мисак. — Львів: НВФ «Українські технології», 2009. — 660 с.

*Досліджено особливості формування паливних гранул із використанням деревних відходів і в'язучого органічного походження. Запропонована установка для гранулювання. Досліджено технічні характеристики отриманих гранул*

*Ключові слова: паливні гранули, відходи деревини, гранулювання*

*Исследованы особенности формирования топливных гранул с использованием древесных отходов и связующего органического происхождения. Предложена установка для гранулирования. Исследованы технические характеристики полученных гранул*

*Ключевые слова: топливные гранулы, отходы древесины, гранулирование*

*The features of formation of fuel pellets using wood waste and binder of organic origin was investigated. The plant for granulation was proposed. Specifications of derived granules was researched*

*Keywords: pellets, woods waste, granulation*

УДК 661.2/6.001.2

# ГРАНУЛЮВАННЯ ПАЛИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

**М.С. Мальований**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри\*

E-mail: mmal@lp.edu.ua

**Р.Я. Бать\***

\*Кафедра «Екології та охорони навколишнього середовища»

Національний університет «Львівська політехніка»

пл. Св. Юри, 3/4, м. Львів, Україна, 79013

Контактний тел.: (032) 258-24-53

Відомо, що Україна є енергодефіцитною державою, власні енергетичні ресурси забезпечують потреби промисловості менше ніж на 50%, а тому держава економічно залежна від країн, які забезпечують її рідким та газоподібним паливом.

У зв'язку із швидкими темпами зростання споживання енергії виникають значні проблеми щодо майбутніх додаткових джерел енергії. Існує два на-

## Вступ

Основними первинними джерелами енергії на сьогодні є викопне паливо: кам'яне вугілля, нафта та газ.