

УДК 546.112

## ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ХОЛОДУ

**Кошельник О. В.**, ст. наук. співр., **Чорна Н. А.**, ст. наук. співр.,  
*ІПМаш ім. А.М. Підгорного НАН України, м. Харків, pishti@mail.ru*

Когенерація та тригенерація обґрунтовано вважаються найбільш ефективними з погляду використання хімічного потенціалу первинного палива, а саме такі можливості надають енергоперетворюючі комплекси з водневими турбоустановками та термосорбційними компресорами [1; 2]. Як показав проведений термодинамічний аналіз, найбільш вагома перевага водневогідридних технологій проявляється при отриманні холоду низького температурного потенціалу [3]. Тому як альтернативу розглянемо можливість отримання холоду за допомогою абсорбційної установки з термосорбційним компресором.

Основними елементами даної холодильної установки є воднева турбіна та термосорбційний металогідридний компресор. Схеми газотурбінних установок з ТСК мають такі особливості: відсутня необхідність використання традиційних компресорів з відбором потужності від турбіни; відсутня необхідність у застосуванні підігрівача робочого тіла, тому що в самому ТСК використовується тепло зовнішнього джерела (таким джерелом низькопотенційної теплоти можуть бути димові гази ТЕС, теплотехнологічних установок промислових підприємств й т.д.); відсутня необхідність у створенні пристроїв для охолодження робочого тіла, тому що розширення робочого тіла в турбіні при початковому високому тиску може бути проведено до досить низьких температур; при спрацьовуванні перепаду тиску в турбіні отримана механічна енергія може бути використана різними способами, включаючи перетворення її в електричну. Холодильна абсорбційна воднева установка представляє собою циклічну установку, яка знаходиться у стані теплообміну з трьома джерелами теплової енергії різного температурного потенціалу. Роль гарячого джерела виконують скидні димові гази, а холодного – холодильна камера. В якості холодного джерела з проміжною температурою розглядається середовище, що охолоджує адсорбер та водень після десорбції.

Схему інтеграції енерготехнологічного комплексу в систему повітропостачання доменної печі наведено на рисунку 1, де прийнято такі позначки: КЗ – камера згоряння доменного повітронагрівача; НК – насадкова камера доменного повітронагрівача; ТСК – термосорбційний компресор; ТО – теплообмінник; ВТ – воднева турбіна; ХК – холодильна камера.

В ТСК в результаті теплової взаємодії металогібрида з димовими газами здійснюється перетворення теплоти  $Q_T$  в енергію стисненого водню при температурі десорбції  $T_{дес}$  (4-5-6). Для отримання більш низького температурного потенціалу холодоагенту (в даному випадку – водню), необхідно забезпечити охолодження стисненого водню (6-1). Це можливо здійснити за допомогою повітря, води або регенеративним способом з підігрівом водню на ділянці 3-3'.

В даній установці раціональним є вироблення холоду за рахунок адіабатного розширення від температурного рівня  $T_1 < T_{дес}$  до рівня температури навколишнього середовища  $T_2 = T_0$ . В холодильній камері підтримується температура  $T_n$  за рахунок нагріву водню на ділянці 2-3'. Після регенерації водень з температурою  $T_3$  подається в відповідну ступінь ТСК, де здійснюється сорбція водню (3-4). Тут необхідною умовою здійснення процесу є відведення теплоти середовищу, що охолоджує, з температурою  $T_c < T_{сорб}$ . В другому ступені компресора при підведенні теплоти відбувається ізобарний нагрів гібриду (4-5), а потім десорбція водню (5-6), тобто цикл замикається.

Отриманий холод може бути використано на промислових підприємствах, наприклад в холодильниках систем охолодження доменних печей, основним призначенням яких є

охолодження окремих елементів печі, підтримка оптимального температурного профілю печі та створення такого температурного режиму, при якому на холодильниках утворюється гарнісаж, що захищає їх від впливу продуктів плавки.

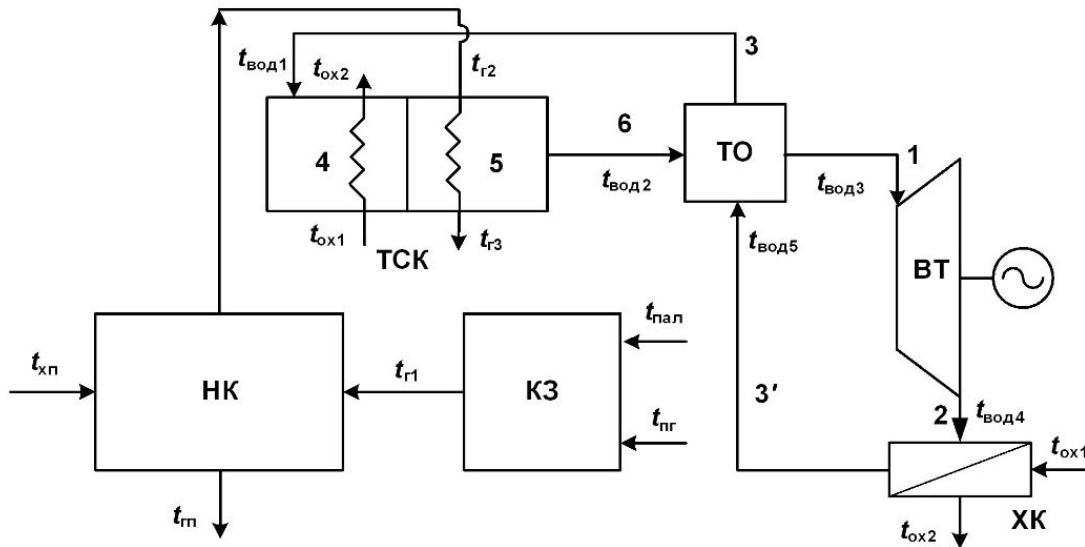


Рисунок 1. Схема енерготехнологічного комплексу з водневою турбоустановкою та термосорбційним компресором для отримання електричної енергії та холоду:

$t_{гг}$  – температура повітря горіння;  $t_{пал}$  – температура палива;  $t_g$  – температура димових газів;  $t_{хд}$  – температура холодного повітря;  $t_{гд}$  – температура гарячого повітря;  $t_{вод}$  – температура водню;  $t_n$  – температура охолоджуючої рідини

Даний енерготехнологічний комплекс дозволяє отримати як холод з використанням термосорбційних водневих установок, так і електричну енергію в водневій турбіні, використовуючи теплоту димових газів, що відходять. Це дозволить підвищити коефіцієнт використання палива в технологічних агрегатах та зменшити енергоємність випуску промислової продукції. Однак слід зазначити, що при розгляданні питань інтеграції енергоперетворюючих комплексів на базі водневих турбін та ТСК на діючих промислових підприємствах, необхідно додатково проводити інженерний аналіз отриманих результатів з урахуванням різних факторів – економічних, технічних, екологічних та ін. Покращення показників енергетичних установок, в тому числі теплоутилізаційних, можливо тільки при аналізі складної сукупності пов'язаних між собою факторів. Існуючий функціональний зв'язок економічних, експлуатаційних і конструктивних характеристик дозволяє отримати їх оптимальні значення, що потребує проведення комплексу додаткових досліджень.

#### Список інформаційних джерел

1. Проблемы применения водорода в энергетике / Ю.Н. Шалимов, В.И. Кудряш, А.Л. Гусев [и др.] // ISJAEE. – 2005. – № 7. – С. 21-28.
2. Развитие водородгидридной техники и технологии / В.В. Соловей, В.М. Кошельник, Ю.Ф. Шмалько, А.В. Кошельник // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2006. – № 1. – С. 31-37.
3. Соловей В.В. Васильев А.И. Металлогидридная технология трансформации теплоты низкого температурного потенциала // Вісник Інженерної академії України. – 2014. – № 4. – С. 137-144.