

Національна академія наук України
Міністерство енергетики та захисту довкілля України
Інститут вугільних енерготехнологій НАН України
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
ПрАТ «ТЕХЕНЕРГО»

Громадська рада при Міністерстві енергетики та захисту довкілля України
ТОВ DAGAS



**ШЛЯХИ
РЕКОНСТРУКЦІЇ
ТА РОЗВИТКУ**

XV Міжнародна науково-практична конференція

**ВУГІЛЬНА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА:
ШЛЯХИ РЕКОНСТРУКЦІЇ
ТА РОЗВИТКУ**

Київ 2019

ЗБІРКА НАУКОВИХ ПРАЦЬ
XV Міжнародна науково-практична конференція

**«ВУГІЛЬНА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА:
ШЛЯХИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗВИТКУ»**

1–2 жовтня 2019 р.

Національна академія наук України
Міністерство енергетики та захисту довкілля України
Інститут вугільних енерготехнологій НАН України
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
ПрАТ «ТЕХЕНЕРГО»
Громадська рада при Міністерстві енергетики та захисту довкілля України
ТОВ DAGAS

Затверджено до друку Вченою радою
Інституту вугільних енерготехнологій НАН України

Рецензенти:

С. М. Василенко, доктор технічних наук, професор

О. О. Серьогін, доктор технічних наук, професор

УДК 621.78.012-37.091.12:005745
ISBN 978-966-2760-98-9

Підписано до друку: 23.09.2019
Формат: 60×84/16. Папір офсетний.
Умов. друк. арк. 15.14. Уч.-видав. арк. 13.02
Друк цифровий. Наклад 80 прим.
Надруковано: ТОВ «Гнозіс»

риформінгу етанолу при атмосферному тиску і температурі 600 °С. Показано, що, якщо взяти всі енергетичні витрати на генерування водню рівними 100% (60% – нагрів реакційної суміші і 40% – здійснення реакції парового риформінгу), можна отримати близько 55% у вигляді електроенергії в паливному елементі. 30% витраченої теплової енергії можна компенсувати за рахунок охолодження продуктів риформінгу (H_2 і CO_2).

УДК 620.9:662.71:662.63:544.478

НОВІ ПАРОГАЗОВІ ТА ГІБРИДНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ НА ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТАХ

Дудник О. М., к.т.н.

Інститут вугільних енерготехнологій (ІВЕ) НАН України

Розроблення та впровадження нових енергетичних установок в Україні повинно відповідати вимогам європейських директив стосовно граничних значень допустимих викидів забруднюючих речовин для енергоустановок різної потужності, а також Паризькій кліматичній угоді для скорочення викидів парникових газів. Найбільш екологічно чистими та енергоефективними на даний час є парогазові установки, подальший розвиток яких пов'язаний зі застосуванням електрохімічних генераторів (ЕХГ) на паливних елементах.

В роботі [1] показано, що в Україні парогазові технології широко не використовуються у виробництві. Встановлена електрична потужність кожної парогазової установки в Україні становить від 20 до 150 МВт. Ці ПГУ працюють на газі. На даний час в Україні не існує ПГУ з внутрішньоцикловою газифікацією твердого та рідинного видів палива.

В Японії, КНР, республіці Корея, Індії, Австралії вугілля та ін. тверде паливо розглядаються як основне паливо для розвитку економік цих країн. В рамках виконання третього етапу проекту Osaki CoolGen (OSG, Японія) на вугільній парогазовій установці з внутрішньоцикловою газифікацією (ПГУ з ВГВ) заплановано показати можливість досягнення електричного ККД на рівні 47,0% з 90% зв'язуванням вуглекислого газу для енергоблоків електричною потужністю 500 МВт [2]. Високий електричний ККД вугільного енергоблоку зі зв'язуванням CO_2 заплановано одержати завдяки використанню ПГУ з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля зі застосуванням ЕХГ на паливних елементах. В Японії з метою покриття електричної потужності енергоблоків

АЕС Фукусима в рамках проекту відновлення розпочато будівництво двох ПГУ Фукусима з ВГВ електричною потужністю 543 МВт кожний. Пуск енергоблоків заплановано в 2020 та 2021 роках [3].

У світі продовжується випробування та впровадження новітніх високоефективних енергетичних установок, в яких використовується гібрид двох енерготехнологій: прямого перетворення енергії палив в ЕХГ на високотемпературних паливних елементах (ЕХГ на ВПЕ) з допаленням одержаних газів в каталітичній камері згоряння та використанням теплової енергії продуктів згоряння під тиском в газотурбінних енергоустановках (ГТУ). Теплова енергія продуктів згоряння після ГТУ використовується для підігрівання повітря та газів в рекуперативних теплообмінниках перед ЕХГ ВПЕ, опалення та гарячого водопостачання [4, 5]. Електричний ККД гібридних енергетичних установок залежить від виду вихідного палива, потужності енергетичних установок й становить від 40 до 65%. Високий електричний ККД досягається завдяки прямому перетворенню хімічної енергії палива в електричну енергію в ЕХГ на ВПЕ та одержання електроенергії в ГТУ. Коефіцієнт надлишку повітря для роботи гібридних енергоустановок становить від 3,0 до 5,0 [6].

В університеті Кюсю (Японія) випробувано нову гібридну установку ЕХГ на трубчатих твердооксидних ВПЕ з мікро-ГТУ загальною електричною потужністю 250 кВт компанії Мітсубісі Хітачі Пауе Системс Лтд. Енергоустановка займає площу 40 м². Під час роботи енергетичної установки на міському газі її електричний ККД в перерахунку на вищу теплоту згоряння палива становив 55% [7]. Проекти ЕХГ на ВПЕ з мікро-ГТУ компанії Мітсубісі Хітачі Пауе Системс Лтд реалізуються на заводі Мотомачі корпорації Тойота Мотор, заводі Комакі корпорації НЖК Спарк Плаг, станції Сенджу Техно компанії Токио Газ та в технологічному центрі корпорації Тайсей [8].

Співробітники Брандербугського технологічного університету (Німеччина) оцінили можливості нових підходів щодо удосконалення системи ЕХГ з паровим риформінгом газів на анодах планарних ВПЕ та з використанням мікро-ГТУ [9].

В ІВЕ НАН України виконано оцінювання можливості використання наявної мікро-ГТУ для створення гібридної установки ЕХГ-ГТУ з використанням розробленої в ІВЕ НАНУ конструкції газифікатора-трансформера для конверсії твердих органічних відходів в синтез-газ. Електрична потужність мікро-ГТУ в разі використання продуктів згоряння

синтез-газу після ЕХГ становить 40 кВт, частота обертів газової турбіни 38000 об/хв., частота обертів електрогенератора (після редуктора) 8000 об/хв., тиск продуктів згоряння перед газовою турбіною 5,5 бар. Газифікатор-трансформер випробувано на різних видах твердого палива та органічних відходах з використанням та без використання каталізаторів і парового та повітряного плазмотронів за атмосферного тиску. Для роботи газифікатора в складі ЕХГ з мікро-ГТУ необхідно буде змінити розміри газифікатора, збільшити тиск в газифікаторі до 6 бар, збільшити продуктивність газифікатора та застосувати системи шлюзування для подачі твердого органічного матеріалу та виводу золи. Розроблено та розраховано принципову схему нової гібридної енергетичної установки з газифікатором-трансформером. За розрахунковими даними в разі використання в якості палива відходів деревини вологістю 25%: витрата відходів деревини в газифікатор становить 150 кг/год, електрична потужність гібридної енергоустановки 250 кВт за електричного ККД 43%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Патон Б., Долінський А., Халатов А., Білека Б., Костенко Д., Письменний О. Перспективи розвитку вітчизняної парогазової технології. Вісник НАН України. 2009. № 4. С. 3–10.
2. Beginning the World's First Integrating Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle Project (IGFC) Demonstration Project – Aiming to both Improve Efficiency of Coal-Fired Power Generation and Greatly Cut CO₂ emissions. News Release, NEDO, OSAKI CoolGen Corporation. April 17, 2019. 4 p.
3. Wakabayashi Y. The Latest Coal-Fired Thermal Power Plant. Mitsubishi Hitachi Power Systems. 2017. 38 p.
4. Дудник А. Н., Корчевой Ю. П., Майстренко А. Ю. Гибридные энергетические установки на топливных элементах. Энергетика: Економіка, технологія, екологія. 2000. №3. С. 33–36.
5. Dudnik O. M., Sokolovska I. S. Conversion of Ukrainian Low Grade Solid Fuels with CO₂ Capture. Coal-Energy, Environment and Sustainable Development. Proceeding of Twenty-Seventh Annual International Pittsburgh Coal Conference, 2010. Paper 22-2. 22 p.
6. Dudnik O. M., Sokolovska I. S. Results of Organic Fuel Conversion at Fuel Cell Test Installation. Fuel Cell technologies: State and Perspectives, NATO Sci.Ser., II, Math., Phys., and Chem., Netherlands: Springer. 2005. Vol. 202. P. 163–174. DOI: [10.1007/1-4020-3498-9_15](https://doi.org/10.1007/1-4020-3498-9_15)

7. Ando O., Oozawa H., Mihara M., Irie H., Urashita Y., Irthami T. Demonstration of SOFC-Micro Gas Turbine (MGT) Hybrid Systems for Commercialization. Mitsubishi Heavy Industries Technical Review. 2015. Vol. 52. No. 4. P. 43–52.
8. Irie H., Miyamoto K., Teramoto Y., Nagai T., Endo R., Urashita Y. Efforts toward Introduction of SOFC-MGT Hybrid System to the Market. Mitsubishi Heavy Industries Technical Review. 2017. Vol. 54. No. 3. P.
9. Berg H. P., Kleissl M., Himmelberg A., Lehmann M., Prechavut N., Vorpahl M. Heat balancing of direct reforming fuel cells in MGT-SOFC hybrid systems IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 501 012007. 2019. DOI:10.1088/1757-899X/501/1/012007

УДК 665.66

**ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УТИЛІЗАЦІЇ ТПВ
ЯК ЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕСУРСУ В УКРАЇНІ**

Карп І. М., академік НАН України; П'яних К. Є., д. т. н.

Інститут газу НАН України

Проблема утилізації твердих побутових відходів в Україні потребує негайного рішення. Вона набула надзвичайної гостроти та створює соціальну напругу в суспільстві.

Аналіз матеріалів щодо енергетичного використання ТПВ приводить до висновку, що єдиного рішення щодо технології утилізації ТПВ для кожного міста або регіону не існує. Необхідно на основі вивчення міжнародного досвіду винайти і запропонувати найкращі технологічні рішення енергетичної утилізації ТПВ, придатні для умов України, вивчити можливість їх застосування з урахуванням економічного стану держави та існуючого законодавства, розробити і спрямувати відповідні рекомендації керівним органам.

Технологію використання відходів для кожного міста або регіону слід обирати з урахуванням їх кількості, складу, теплотворної спроможності, транспортних витрат. Принципово важливим питанням є визначення потужностей енергетичних установок утилізації відходів, вирішити переваги будівництва одиничних підприємств великої потужності чи розбити процес утилізації на ряд відносно невеликих потужностей з урахуванням транспортних витрат та наявності територій для їх розміщення. Необхідно вирішити питання про цілеспрямованість енергетичного використання – на отримання переважно