

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»

УДК 620.9:662.71:662.63:544.478

**АВТОНОМНА КОГЕНЕРАЦІЙНА ЕНЕРГОУСТАНОВКА
З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ПАЛИВ
ТА ВОДНЮ**

Дудник О. М., к.т.н.; Соколовська І. С., к.т.н.

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України

Основною відмінністю конструкції нової енергоустановки Інституту вугільних енерготехнологій НАН України (ІВЕ НАНУ) від традиційних піролізних котлів є розділення установки на два агрегати: газифікатор (з сушінням, піролізом та газифікацією твердого палива) та котел (що працює на одержаному газі чи вихідному твердому паливі). Це дозволяє використовувати одержаний в газифікаторі-трансформері (ГТР) газ не тільки для опалення, а й після очищення газу для вироблення електроенергії в електрогенераторах з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) чи в електрохімічних генераторах на паливних елементах (ЕХГ на ПЕ). Газифікатор, в залежності від поставлених завдань, може бути трансформований в різні модифікації газифікатора зі щільним шаром (з висхідним та низхідним потоками одержаного газу) чи киплячим шаром (бульбашковим чи циркулюючим киплячим шаром). Крім того, для конверсії високовологих та небезпечних твердих органічних відходів в газифікаторі використовуються плазмотрон (паровий чи повітряний). Після газифікатора використовується каталітичний реактор для очищення газу від смол. Когенераційна установка розроблялась з метою одержання теплової та електричної енергії для приміщень площею до 100 м² (для опалення та одержання електроенергії в лабораторії досліджень паливних елементів ІВЕ НАНУ). Електрична потужність когенераційної установки в разі використання газифікатора з оберненої газифікації відходів деревини та електрогенератора з ДВЗ становить 2 кВт, тепла потужність установки на опалення 10 кВт [1, 2].

Важливим питанням роботи когенераційної установки є забезпечення потреб споживачів енергією впродовж доби (робота в маневреному режимі) та сезонних навантажень. З урахуванням потреб в електричній енергії на рівні 150 кВт·год встановлено, що в разі встановлення електрогенератора з ДВЗ електричною потужністю 2 кВт для збільшення часу його ефективної роботи немає необхідності неперервної його роботи як по вимогам експлуатації, так і потреб в електроенергії. На установці заплановано встановлення шістьох акумуляторів (для легкових автомобілів) ємністю 0,72 кВт·год кожний

(60 А·год, 12 В) з перетворювачем постійного току в змінний. В такому разі добове навантаження електрогенератора з ДВЗ становить 2,5 год. (за коефіцієнту використання електричної потужності 10,4%), а акумуляторів – 21,5 год. Спочатку заряджаються акумулятори, а потім вони періодично підзаряджаються електрогенератором з ДВЗ. В такому разі час роботи електрогенератора за рік становить 911 год., а час роботи до капітального ремонту двигуна 2 роки. На даний час в світі ще не розроблено малі комерційні системи з електричними акумуляторами для збереження електроенергії влітку та використання одержаної енергії для опалення взимку. Але є позитивні результати з акумуляування енергії завдяки виробництву водню в теплий сезон року та його використанню в холодну пору року.

В світі виробництво водню для забезпечення електроенергією та теплом досліджується на енергетичних установках, які працюють як автономно, так і для центральних мереж постачання енергії. Важливим питанням для ефективного вирішення проблеми добових та сезонних навантажень для опалення та гарячого водопостачання є існування розвинутої інфраструктури тепlopостачання (центрального опалення) та газових мереж. В разі недостатності природного газу в транспортній інфраструктурі його постачання, в світі розглядаються декілька сценаріїв використання існуючих централізованих систем без їхнього змінення: збільшення виробництва природного газу; додаткове завантаження системи біо-природним газом з біогазових заводів; додавання в природний газ водню (до 10 об.% в Німеччині); додавання метану, одержаного завдяки каталітичній конверсії водню та вуглекислого газу (який одержується під час використання викопних палив) [3]. Існуюча система постачання природного газу може бути поступово змінена зі збільшенням вмісту водню в суміші газів, що надходить користувачам [4]. Розвиток існуючої водневої інфраструктури є пріоритетним напрямом розвитку економік країн ЄС, Японії, США та КНР. На даний час в Європі загальна протяжність водневих трубопроводів становить 1600 км, а виробництво чистого водню 90 млрд м³/рік. Сьогодні в світі для забезпечення автотранспорту воднем працює 369 автозаправних станцій: в Європі – 152, в Азії – 136, в Америці – 80, Австралії – 1 [3].

В ІВЕ НАНУ проведено цикл досліджень з одержання водню з вугілля та біомаси [6–8]. Проведено розрахунки системи спалювання водню з використанням когенераційної установки для одержання тепла в разі теплової потужності котла на опалення 10 кВт з метою визначення необхідної витрати

водню, який потрібно буде накопичити в теплу пору року для спалювання з використанням повітря в опалювальний сезон. В результаті одержано такі показники роботи: термічний ККД котла – 94,8%; витрата водню – 3,5 нм³/год.; витрата повітря – 8,4 нм³/год.; склад продуктів згоряння, об. %: Н₂О – 34,7, N₂ – 65,3; вихід води – 2,8 кг/год.; витрата водню за опалювальний сезон (3600 год. роботи за постійного теплового навантаження котла на опалення 10 кВт) – 1,1 т.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дудник О. М., Соколовська І. С. Розроблення процесів конверсії твердих органічних відходів в збагачений воднем синтез-газ для відновлювано-водневої енергетики та паливно-комірчаних енергетичних установок. Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій / за загальною редакцією Ю. М. Солоніна. Київ: «КІМ», 2018. С. 46–56. URL: http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen/Book_printVer.pdf
2. Dudnyk O. M., Sokolovska I. S. Solid organic waste and coal gasification for operation of electric generators. Proceedings of 14th International Science and Practice Conference “Coal Heat Power Industry: Ways of Reconstruction and Development”, October 9-10, 2018. Kyiv: Coal Energy Technology Institute of NAS of Ukraine. 2018. P. 18–20. URL: <http://www.ceti-nasu.org/upload/iblock/22f/22f649993fee6a325048218b9de4a64c.pdf>
3. The role of hydrogen and fuel cells in providing affordable, secure low-carbon heat. White paper. A H₂FC Supergen. The hydrogen and fuel cell research hub. Ed. Paul Dodds and Adam Hawkes. London: Imperial College. 2014. 186 p. URL: <http://www.h2fcsupergen.com/wp-content/uploads/2014/05/H2FC-SUPERGEN-White-Paper-on-Heat-May-2014.pdf>
4. Дудник А. Н., Мелак В. Г. Водородные автозаправочные станции. Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2007. № 4. – С. 3–12.
5. Hydrogen/Fuel Cells. Hydrogen Refuelling Stations Worldwide. URL: <https://www.netinform.net/h2/h2stations/h2stations.aspx?Continent=NA&StationID=-1>
6. 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.
7. Дудник О. М., Соколовська І. С. Дослідження процесів отримання водню з

- українських енергетичних кам'яних та бурих видів вугілля. Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях /за заг. ред. академіків НАНУ В.В. Скорохода та Ю.М. Солоніна. К.: «КІМ», 2015. С. 91-97.
8. Дудник О. М., Трипольський А. І., Стрижак П.Е., Калішин Є. Ю., Соколовська І. С. Отримання водню гетерогенно-каталітичною конверсією твердих органічних відходів. Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях / за заг. ред. академіків НАНУ В. В. Скорохода та Ю. М. Солоніна. К.: «КІМ», 2015. С. 24-32. URL: <http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen/mono2.pdf>

УДК 620.9

**ПЕРСПЕКТИВИ ВУГІЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ
СПІВТОВАРИСТВІ**

Дунаєвська Н. І., к.т.н.

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України

Енергетика України, що натепер в своєму розвитку повинна враховувати не тільки вітчизняні нормативно-правові акти (такі як Енергетична стратегія України до 2035 року), але й прийняті країною зобов'язання як члена Європейського енергетичного співтовариства та підписанта Паризької угоди останніми роками приділяє значну увагу будівництву електростанцій, що використовують відновлювані джерела енергії, чому в значній мірі сприяє прийнята урядом України тарифна політика щодо «зеленої» енергетики. При цьому теплова енергетика, що забезпечує 29% виробництва електроенергії в країні, а під час пікових навантажень є взагалі безальтернативною, багатьма вітчизняними «експертами» позиціонується як безперспективна для подальшого розвитку. При цьому наводяться приклади скорочення такого виробітку в європейських країнах (Велика Британія, Данія, Норвегія, Німеччина).

Загальновідомі прийняті Європейським Співтовариством амбітні зобов'язання значно скоротити до 2050 року виробіток електричної енергії на викопному паливі, а особливо при факельному спалюванні вугілля як найбільшого з відомих енергетичних технологій забруднювача навколишнього природного середовища.

Бурхливе впровадження вітрових, сонячних та гідроелектростанцій дійсно