

УДК 621.352.6

**РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ ВИРОБНИЦТВА ВОДНЮ
З КОНВЕРСІЄЮ БІОМЕТАНУ ТА ТВЕРДОЇ
ВІДНОВЛЮВАНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ РОБОТИ
ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ НА ПАЛИВНИХ
ЕЛЕМЕНТАХ З ПРОТОНОБМІННОЮ МЕМБРАНОЮ**

О.М. Дудник

*Інститут вугільних енерготехнологій НАН України,
вул. Андріївська, 19, м. Київ, 04070, Україна,
тел. +38(044)425-04-19, e-mail: aldudnyk2018@gmail.com*

Показано результати розроблення систем виробництва водню на основі парового каталітичного риформінгу метану, газифікації твердих органічних відходів, каталітичної конверсії монооксиду вуглецю та видалення вуглекислого газу для роботи низькотемпературних водневих електрохімічних генераторів на паливних елементах з протонобмінною мембраною.

Ключові слова: *Водень, відновлювана сировина, енергетична установка.*

**DEVELOPMENT OF HYDROGEN PRODUCTION SYSTEMS
WITH BIOMETHANE AND SOLID RENEWABLE
FEEDSTOCK CONVERSION FOR OPERATION OF
ELECTROCHEMICAL GENERATORS ON FUEL CELLS
WITH PROTON EXCHANGE MEMBRANE**

О.М. Dudnyk

*Coal Energy Technology Institute, National Academy of
Sciences of Ukraine, 19, Andriivska str., Kyiv, Ukraine, 04070*

The results of development of hydrogen production systems based on steam catalytic reforming of methane, gasification of solid organic waste, catalytic conversion of

carbon monoxide and carbon dioxide sequestration for operation of low-temperature hydrogen electrochemical generators on fuel cells with proton exchange membrane are shown.

Keywords: *hydrogen, renewable feedstock, power plant.*

ORCID: 0000-0002-9832-1536.

Для конверсії метану у водень використано таке експериментальне обладнання: паровий каталітичний риформер з Ni-каталізатором, парогенератор, реактор каталітичної конверсії CO з Fe-Cr- та Cu- каталізаторами та реактор поглинання CO₂ з 25 %-ним водним розчином моноетаноламіну (MEA). Витрата метану в риформер становила 50 л/год., перегрітої водяної пари – 0,73 кг/год. Температура перегрітої водяної пари після парогенератора – 530 °C, температура в нижній частині парового риформера – 783 °C, температура в шарі Cu-каталізатора – 235 °C. Вихід водню –191 л/год. Ступінь чистоти водню – 96,2 %. На установці можна випробувати паливні елементи з протонобмінною мембраною (ПЕПОМ) електричною потужністю до 200 Вт.

Для конверсії твердої сировини у водень використано таке експериментальне обладнання: паровий газифікатор, парогенератор, реактор каталітичної конверсії CO та реактор поглинання CO₂. В газифікатор завантажувалось тверде паливо та кальцинований доломіт (або негашене вапно). Для досліджень використовувались відходи біомаси та вугілля. Витрата перегрітої водяної пари становила від 100 до 180 г/хв. Від 92,6 до 94,1 % вуглецю видалялось у системах отримання водню з твердої сировини: від 36,8 до 48,5 % – в газифікаторі (кальцинованим доломітом або вапном) та від 44,1 до 56,3 % – в реакторі низькотемпературного видалення CO₂ (водним розчином MEA). Вихід водню становив до 120 л/год. Ступінь чистоти водню становив від 94,7 до 96,0 %. На установці з

використанням твердої відновлюваної сировини можна випробовувати ПЕПОМ електричною потужністю до 125 Вт.

Створений та випробуваний газифікатор-трансформер (ГТР) [1] продуктивністю щодо витрат твердих органічних відходів до 3 кг/год призначено для роботи в когенераційних установках з електрогенераторами на основі двигуна внутрішнього згоряння (електричною потужністю до 2,3 кВт), електрохімічними генераторами з високотемпературними твердооксидними паливними елементами (ТОПЕ електричною потужністю до 5 кВт) та котлами-утилізаторами (тепловою потужністю до 18 кВт). Сьогодні вартість низькотемпературних водневих ПЕПОМ в 1,5–2,0 раза нижче, ніж вартість ТОПЕ, тому було розроблено нову схему інтегрування газифікатора-трансформера в систему одержання суміші водню (з вмістом водню до 65 об. %) та азоту для роботи низькотемпературних водневих ПЕПОМ. Нова система містить таке основне обладнання: газифікатор-трансформер, реактор очищення одержаного газу, парогенератор, реактор конверсії CO та реактор поглинання вуглекислого газу.

Одержаний, як результат конверсії газоподібної та твердої сировини у водень, вуглекислий газ сьогодні використовується в промислових масштабах для збільшення видобутку нафти зі збіднілих свердловин та як робоче тіло замість продуктів згоряння в газотурбінних енергетичних установках. Значного зниження викидів CO₂ можна досягти завдяки вирощуванню швидкозростаючих водоростей (біопалива третього покоління). У світі розробляються промислові технології конверсії вуглекислого газу для вироблення продуктів з доданою вартістю: електрохімічна, фотокаталітична та фототермічна каталітична, біологічна, сополімеризаційна та мінерально-карбонізаційна. З використанням вуглекислого газу виробляються: карбамід, саліцилова кислота, метанол, етанол, поліетилен карбонат, карбонат натрію, карбонат

барію, вуглецеві нанофібри, нанотрубки, цемент та концентрати [2].

Література:

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.](#) Монографія «Відновлювано-воднева енергетика і паливно-комірчані технології». За загальною редакцією академіка НАНУ Ю.М. Солоніна. Київ: «KIM», 2018. С. 46–56.

2. Дудник О.М., Дунаєвська Н.І., Соколовська І.С., Трипольський А.І., Стрижак П.Е. [Одержання, очищення та утилізація вуглекислого газу в процесах виробництва енергії та хімічних продуктів.](#) Збірка наукових праць XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Вугільна теплоенергетика: Шляхи реконструкції та розвитку», Листопад 2020 р., Київ: Гнозіс. 2020. С. 46–55.