

## ПРО РОЗВИТОК ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В МИНУЛОМУ І В ТЕПЕРІШНІЙ ЧАС

Болтянський О.В., к.т.н.,

Стефановський О.Б., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

У даній статті коротко проаналізовані аспекти впровадження водню як транспортного палива як у недавньому минулому, так і в цей час. Прагнучі знизити викиди вуглекислоти об'єктами енергетики, передбачають поступово замінити вуглеводневі палива воднем. Така заміна може послабити економіку країн-експортерів вуглеводнів. У ряді країн-споживачів останніх суттєво виросли податки на викиди тони вуглекислоти. Наприклад, у середньому по Євросоюзу вони збільшилися приблизно вдвічі (приблизно від 4 до 8 євро/т) у період з початку 2013 р. до початку 2016 г, а потім, після майже річного зниження, стали стійко зростати, досягши 25 євро/т навесні 2019 р. [1]. Розведення природного газу, що поставляється в Європу з Росії по трубопроводах високого тиску, воднем, як показано в роботі [2], створює підвищені технічні й економічні ризики. До того ж, одним з найбільш удалих способів одержання водню є піроліз метану – основної складової частини природного газу; тим самим зберігається значимість поставок останнього, що відрізняються достатньою надійністю й безпекою, до місць споживання водню, де можна було б організувати такий піроліз. Хоча при ньому утворюється сажа, що вимагає утилізації або поховання, він майже в 8 раз менш енергоємний, чим спосіб електролізу дистильованої води (яку потрібно спочатку одержати). Згідно з оцінками, зробленими в роботах [3; 4], вартість 1 кг водню, отриманого з вуглеводневої сировини, близька до одного долару США.

В області застосування водню як транспортного палива відомі позитивні результати багатьох експериментів і випробувань дослідних транспортних засобів (ТЗ) [5-7]. Ще в 1941 р. у блокадному Ленінграді (нині м. Санкт-Петербург), де бензин був гостродефіцитним, застосовувалося живлення воднем двигунів вантажівок ГАЗ-АА, що працювали на стоянці для привода лебідок, які опускали аеростати загородження. Надалі при участі українського Інституту проблем машинобудування були розроблені металогідрідні системи для зберігання водню на борті ТЗ, зміст якого в несучому матеріалі (захищений авторськими посвідченнями СРСР № 722018 і 722021) досягав 4% по масі. Приклад такої системи, що успішно працювала в дослідному мікроавтобусі РАФ із двигуном ЗМЗ-24Д,

показаний на рис. 1. Майже одночасно підприємством «Квант» були розроблені паливні елементи, що живилися воднем, застосовані для електропостачання привода ведучих коліс іншого РАФа. Крім вищевказаного українського інституту, в епоху СРСР у дослідженнях систем зберігання водню брав участь і Донецький політехнічний інститут.

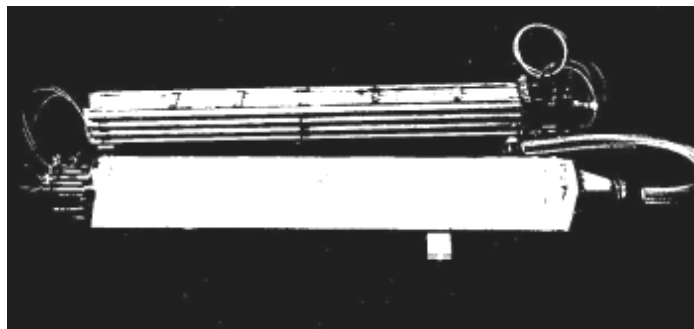


Рис. 1. Загальний вид бортової автомобільної металогідридної системи для зберігання водню [6]

Після розпаду СРСР роботи в описаній області продовжені, зокрема, російською Національною асоціацією водневої енергетики (НАВЕ). Так, відомо про успішні випробування декількох автомобілів типу «ГАЗель», поршневі двигуни яких працювали на бензоводневих сумішах, причому водень надходив зі склопластикових балонів, де зберігався під тиском 20 МПа [6].

В Україні проблеми становлення й розвитку водневої енергетики незалежно вивчаються такими організаціями, як Інститут поновлюваної енергетики й Донецький національний технічний університет (ДонНТУ). На думку Олександра Репкіна [7], президента енергетичної асоціації «Українська Воднева Рада», починати потрібно «з першої <водневої> АЗС і з перших десяти водневих автомобілів уже через рік.» Співробітниками ДонНТУ проаналізований і узагальнений досвід, накопичений найбільшими країнами, що розвиваються – Індією, Китайською Народною республікою й Аргентиною в області розвитку «водневої економіки» [8]. У такому регіоні України, як Донбас, добре забезпеченому різними енергетичними ресурсами, пропонується заздалегідь планувати розвиток перспективних водневих технологій і почати підготовку висококваліфікованих фахівців у цій області. Серед технологічних розв'язків пропонується, зокрема, ширше використовувати газифікацію кам'яних вуглів (у тому числі підземну) і оснастити існуючі вітряні електростанції Приазов'я електролізерами води, що виробляють водень. Останній розв'язок уже застосовується на півдні Аргентини – у малонаселеній Патагонії, по температурно-кліматичним умовам подібної з Луганською областю. Проектом "Nuchico" передбачений виробіток у двох електролізерах 120

нормальних кубометрів водню за годину, які після змішування із природним газом спалюються в газовому двигуні внутрішнього згоряння Jenbacher (виготовленому в г. Йенбах, Австрія), що приводить електрогенератор з потужністю 1400 кВт (рис. 2). Отримана електроенергія використовується при видобутку місцевої нафти, а кисень (другий продукт електролізу води) накачується в сховищі й продається на ринку промислових газів. Цей кисень можна використовувати й при лікуванні різних хвороб.

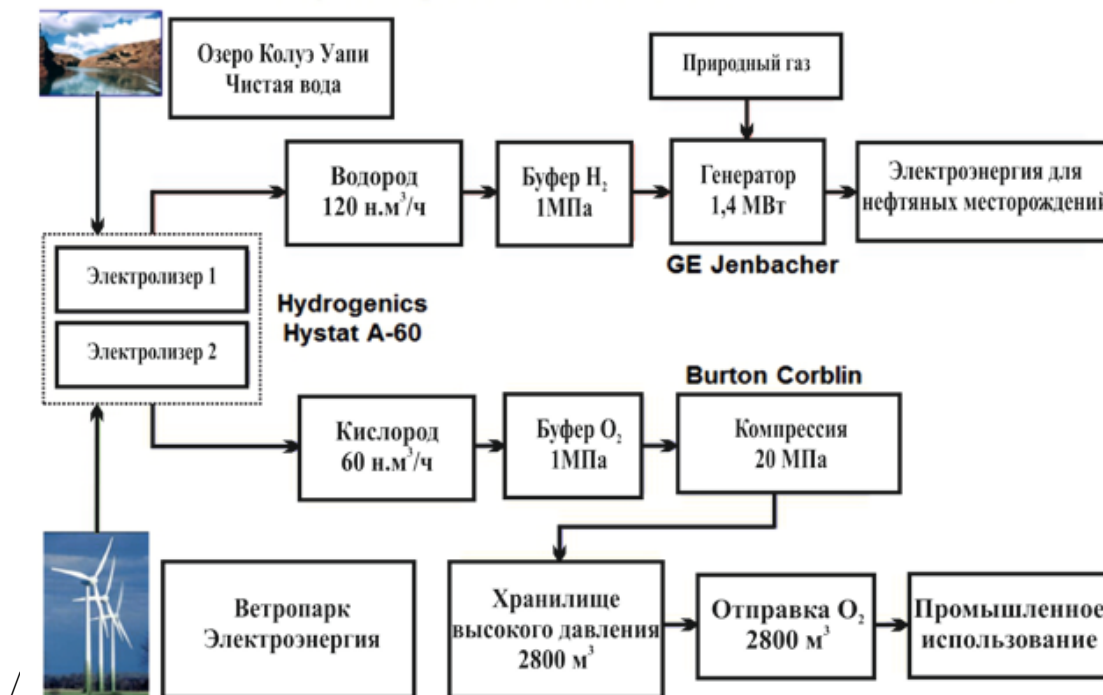
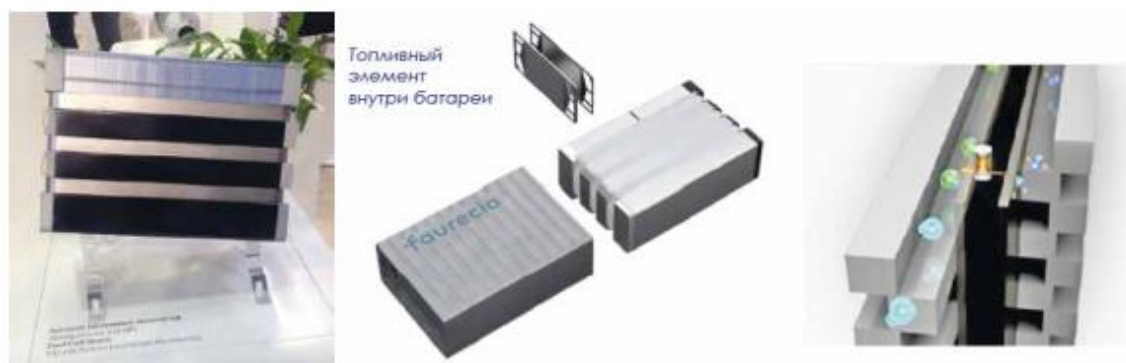


Рис. 2. Принципова схема вітро-водневого заводу "Нучико" [8]

Широкі застосування ТЗ, що використовують водень, стримується нерозвиненістю й недостатньою безпекою заправної інфраструктури, тому що водень, на відміну від вуглеводневих палив, набагато більш схильний до витоків з резервуарів і здатний послабляти матеріал їх стінок [2]. Навіть у Німеччині кількість водневих заправних станцій ледь перевищує сотню. І їхнє встаткування, і автомобілі, що використовують водень, і їх експлуатація поки коштують набагато дорожче, чим відповідні аналоги, що використовують бензин.

Вимагають розв'язку не тільки технічні, але й багато правових питань, що відносяться до сфер інновацій і технічного регулювання в даній області. Ще в 2008 р. з ініціативи НАВЕ був створений Технічний комітет зі стандартизації ТК 029 «Водневі технології», і в Росії вже діють близько чотирьох десятків стандартів у цій області. Наприклад, параметри паливного водню, що застосовується в енергетичних установках (крім паливних елементів з протонообмінною мембраною, встановлюваних у дорожніх транспортних засобах), повинні відповідати ГОСТ Р ІСО 14687-1-

2012. Згідно із цим стандартом, у транспортних і стаціонарних двигунах внутрішнього згоряння повинен застосовуватися водень типу I сорту А, а в промисловій енергетиці – водень типу I сорту В. Керівник НАВЕ Олександр Раменський вважає, що «Наявність діючих національних і міждержавних стандартів в області водневих технологій і паливних елементів, гармонізованих з міжнародною системою стандартизації ІСО й МЕК, дає можливість здійснити комерціалізацію ВТ і ТЕ в самий найближчий час.» Очевидно, що створювати такі стандарти й так «гармонізувати» їх необхідно й в Україні. Для демонстрації «екологічних і економічних переваг» водневих технологій О. Раменським запропоновано створити водневий транспортно-енергетичний комплекс (ВТЕК), що включає ряд заправних станцій і парк досвідчених ТЗ. Зберігати водень на борті останніх передбачається в полегшених балонах з тиском 70 МПа, виробництво яких буде потрібно організувати. Згодом тим же автором повідомлялося, що виробництво цих балонів і 100-кіловатних батарей паливних елементів для використання в автотранспорті (рис. 3) може бути налагоджене в Росії фірмою Faurecia, відповідно, в 2020 і 2022 р.



**БАТАРЕЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (FUEL CELL STACK) для ТСТЭ:**

- легковые автомобили (сегмент D/T);
  - коммерческий транспорт (автобусы, грузовики, внедорожные автомобили)
- |          |        |                      |                     |
|----------|--------|----------------------|---------------------|
| Мощность | 100 KW | Удельная мощность:   | 2,6 KW/kg; 4,2 KW/l |
| КПД ТЭ   | 50-55% | Начало производства: | 2022 г.             |

**Хранение газов для систем на топливных элементах**

КОМПОЗИТНЫЙ БАК ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА, 330-700 БАР



**КОМПОЗИТНЫЙ БАЛЛОН ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ для хранения водорода на борту транспортного средства.**

- |                                     |                   |
|-------------------------------------|-------------------|
| Длина                               | 110 мм            |
| Диаметр                             | 350 мм            |
| Тип баллона                         | IV                |
| Масса баллона (без H <sub>2</sub> ) | 37 kg;            |
| Масса H <sub>2</sub>                | 2,75 kg (70 MPa); |
| Диапазон температур                 | от - 40 до +85° C |
| Начало производства                 | 2020 г.           |

Рис. 3. Компоненты водневых систем живления для автотранспорта, розроблені фірмою Faurecia

На початку 2020 р. керівник цієї фірми Патрик Коллер повідомив, що «десятиліття водню вже почалося». Поставлена мета до 2030 р. знизити вартість систем зберігання водню в чотири, а інших компонентів електромобілів – у шість разів. Впровадження автотранспорту, постаченого паливними елементами, передбачається в комерційному секторі, для чого будуть використані асигнування уряду Франції (7 мільярдів євро). П. Коллер запропонував пристосувати 20 тис. км європейських газопроводів (для природного газу) для доставки водню, напевно не знаючи про аналіз відповідних ризиків.

Що стосується дослідних тракторів, що працюють на водні, то повідомлень про їхні випробування досить мало. Більш 10 років тому такі трактори були розроблені фірмою New Holland, а в 2012 р. почалася експериментальна експлуатація в Італії моделі NH2, оснащеної паливними елементами, що живляться воднем з балонів з тиском 35 МПа. Одночасно передбачалося відпрацювати раціональну технологію одержання водню на базі ряду способів. Набагато пізніше повідомлялося про випробування фірмою JCB дослідного екскаватора моделі 220X, постаченого паливними елементами. Очевидно, нечисленність цих повідомлень говорить про підвищену складність переведення тракторів на водень.

На нашу думку, компетентним фахівцям треба проаналізувати доцільність розміщення у м. Мелітополі сучасних виробництв балонів для зберігання водню та обладнання для ТЗ з електроприводом, а на існуючих поблизу міста вітряних і сонячних електростанціях – виробництв водню та кисню (за аргентинською схемою).

### ***Список використаних джерел***

1. Sandbag Climate Campaign CIC. URL: <https://ember-climate.org/carbon-price-viewer>.
2. Литвиненко В.С. і ін. Бар'єри реалізації водородних ініціатив в контексте устійчивого розвитку глобальної енергетики. Записки Горного інститута. 2020. Т. 244. С. 421-431.
3. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Аналіз основних тенденцій розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для рослинництва. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2011. Вип.166, ч.1. С. 255–261.
4. Boltyansky V., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.
5. Dincer I., Acar C. Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability. International Journal of Hydrogen Energy. 2015. Vol. 40. Issue 34. P. 11094-11111.
6. Nikolaidis P., Poullikkas A. A comparative overview of hydrogen

production processes. Renewable and sustainable energy reviews. 2017.  
Vol. 67. P. 597-611.