

УДК 621.311:502.5
PACS number(s): 82.45.Hk

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕКТРОЛІЗУ ВОДИ

А. Пабат, Д. Мухіна

*Дніпродзержинський державний технічний університет
вул. Дніпротроївська, 2а, 51918 Дніпродзержинськ, Україна
e-mail: pabat@ukr.net*

Розглянуто захищену національним патентом інноваційну технологію підвищення ефективності національної водневої енергетики. Пропонований спосіб розкладання води в електролізері справді дає змогу збільшити енергетичну ефективність електролізу. Це можливо за допомогою інтенсифікації транспортних реакцій продуктів електролізу впливом створюваного постійними магнітами дискретного високоградієнтного магнітного поля. Воно пришвидшує переміщення кисню, який є парамагнетиком, до анода та водню, який є діамагнетиком, до катода без додаткових витрат енергії.

Ключові слова: воднева енергетика, електролізер, парамагнетик, діамагнетик.

Історично склалося так, що Україна сформувалася як індустріальна держава з потужним паливно-енергетичним комплексом, в котрому представлені вугле-, нафто- і газодобувна галузі, трансграничні трубопровідні системи, великий парк електрогенерувальних потужностей.

Історія наклала відбиток і на чинний парк теплових електростанцій (ТЕС). Вони проектувались в базових режимах, тому нині Україна має велику, але застарілу і неманеврену національну енергосистему. Водночас же час через брак вуглеводнів простоюють найбільш ефективні й потужні серед усіх ТЕС газомазутні енергоблоки, а в цілому внаслідок дефіциту палива, фізичної зношеності теплової енергетики навантажена тільки на третину, а отже і неефективна, адже більшість електроенергії виробляється на атомних станціях. Одночасно простежується зростання питомого паливоспоживання на вугільних енергоблоках ТЕС унаслідок їх зношеності й суттєвого збільшення в балансі органічного палива низькосортної вугільної складової. Сьогодні економічна кон'юнктура в Україні не дає підстав для оптимізму щодо розвитку енергетичного національного сектора [1].

Так Україна одержала в спадщину від ХХ ст. парадоксальний ПЕК: велику, але зношену і неманеврену електроенергетику, яка за складом генеруючих потужностей з більш тепловою, а за виробництвом енергії – атомною. Унікальним є і українське споживання первинних енергоресурсів – Україна, яка є однією з провідних у світі вугільних держав і водночас сьогодні не належить до світових лідерів з видобування

природного газу, який імпортує, стала шостою в світі за питомими показниками споживання газового палива на одиницю валового внутрішнього продукту (ВВП). Українська економіка потребує вельми багато енергоресурсів, але використовує їх з низькою ефективністю. Не менш актуальною є проблема ефективного використання виробленої енергії, бо сучасна економіка України вельми затратна за споживанням паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Вона посідає друге місце у десятці країн з найменш ефективними інтегральними національними технологіями (рис. 1). З кожного ГДж енергоресурсів Україна одержує лише \$47, проте передові країни світу одержують до \$150 [2].

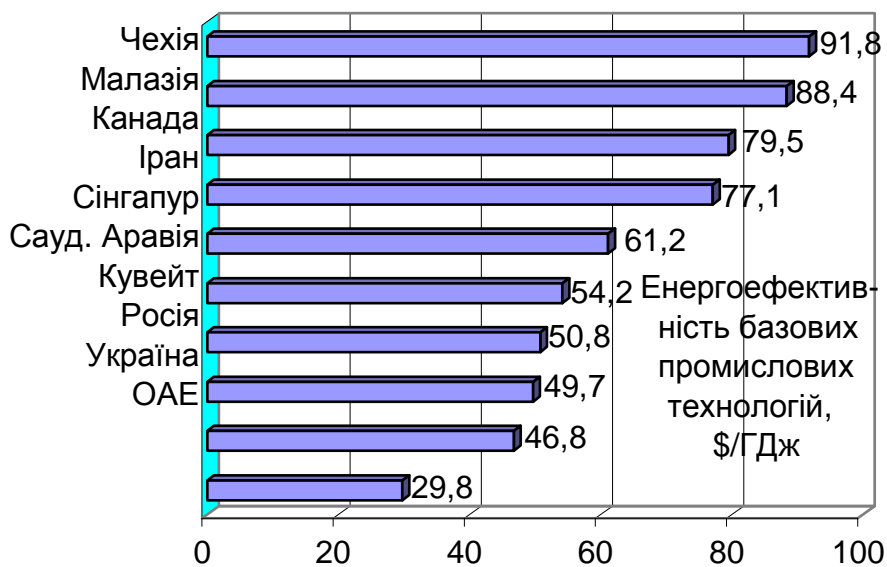


Рис. 1. Енергоекономічна ефективність базових технологій

Існуюча та перспективна структура національного паливно-енергетичного комплексу, орієнтована на використання традиційних органічних енергоносіїв і декларативне проголошення вугільної промисловості базовою галуззю суперечить загальносвітовим і загальноєвропейським тенденціям енергоспоживання. При загальному скороченні споживання енергоресурсів за останнє десятиліття відбулося суттєве скорочення використання електроенергії, нафти та природного газу за умови зростаючого обсягу використання вугілля (рис. 2).

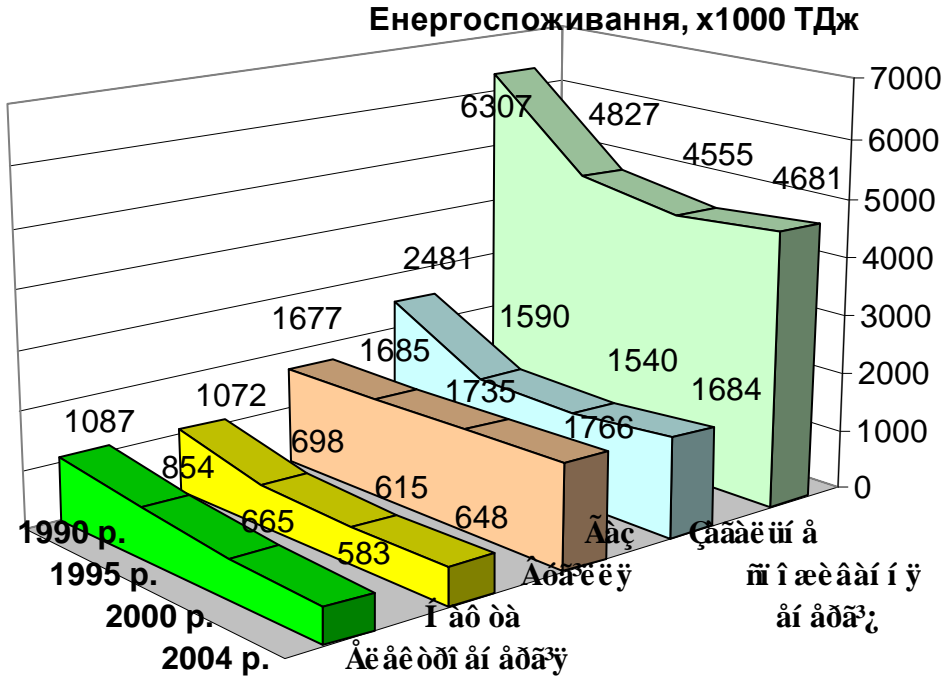


Рис. 2. Динаміка національного енергоспоживання

Імовірно, ця тенденція, яка здається парадоксальною з погляду загальносвітових стратегічних енергетичних технологій, у найближчому майбутньому виявиться досить прогресивною – національна енергетична залежність від зовнішніх джерел енергоносіїв з нафти становить 86%, природного газу – 74%, а власні запаси вугілля більш ніж достатні й у випадку використання для нерентабельних шахт сучасних технологій видобутку, підземної газифікації або зрідження вугілля в змозі компенсувати енергетичну залежність від імпорту енергоносіїв, тим більше, що географічно доцільні джерела диверсифікації енергоносіїв мають досить обмежений потенціал.

Енергетична ефективність різних енергоносіїв значно відрізняється, тому доцільно визначити найбільш ефективні. Вартість одиниці первинної енергії B_1 визначимо зі співвідношення

$$B_1 = B_{\text{ОМ}} / E_{\text{ЕФ}}, \quad (1)$$

де $B_{\text{ОМ}}$ – вартість (тариф) одиниці маси енергоносія, \$/кг; $E_{\text{ЕФ}}$ – енергетична ефективність енергоносіїв, МДж/кг маси або м³.

Значення $E_{\text{ЕФ}}$ для традиційних та альтернативних енергоносіїв показано на рис. 3.

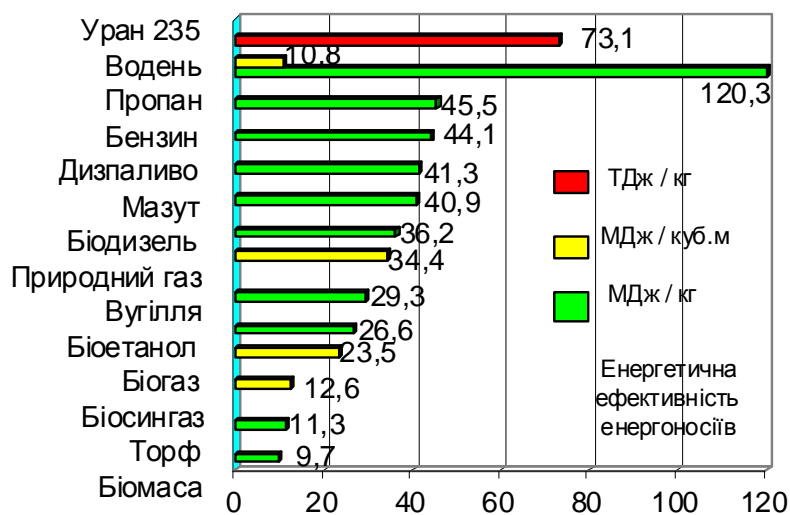


Рис. 3. Енергетична ефективність енергоносіїв

Як і очікувалось, енергетична ефективність ядерного палива майже в мільйон разів більша від будь-якого іншого, і якби не надзвичайні екологічні наслідки його видобування та утилізації, що становлять на сьогодні практично невирішену технологічну проблему за надзвичайних фінансових витрат, енергетичне забезпечення подальшого розвитку цивілізації принаймні до кінця ХХІ ст. було б вирішено. Серед органічних енергоносіїв найефективнішим є використання в енергетичних технологіях водню, насамперед завдяки енергетичному потенціалу та особливостям національної структури енергетики. Значення розрахованої за формулою (1) питомої вартості B_1 найбільш поширених традиційних та альтернативних енергоносіїв наведені на рис. 4.

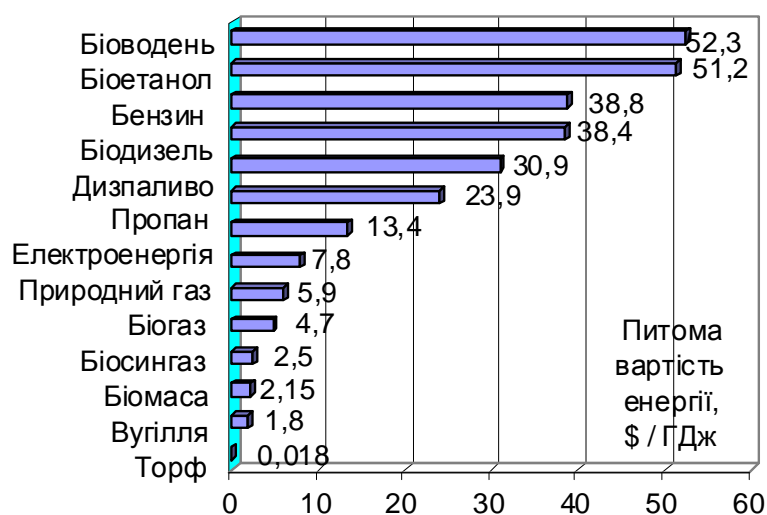


Рис. 4. Вартість одиниці енергії різних енергоносіїв

Як і очікувалось, з урахуванням наявних в Україні на початок 2009 р. ринкових цін (тарифів) на енергоносії, вартість 1 ГДж енергії найбільша при використанні нафтопродуктів (курс НБУ 5,05 грн/\$) та найменша при використанні ядерного палива. Активно пропаговані останнім часом біоенергоносії майже не поступаються традиційним за енергоекономічною ефективністю, проте вартість сільськогосподарських технологій має стійку тенденцію до зростання, тому розвиток використання біоенергоносіїв економічно доцільний лише у разі вичерпання традиційних енергоносіїв. Зокрема, вартість одиниці енергії з біоводню, одержуваного з біологічної сировини порівнюють з іншими продуктами біоенергетики, а вартість енергії електролітичного водню за використання електроенергії атомних електростанцій можна порівняти з енергією природного газу.

У рамках жорстких умов розвитку світової економіки і зростання цін на енергоносії потрібно якнайшвидше збільшити енергоефективність національних технологій до загальносвітового рівня, адже в іншому випадку національне виробництво наукомісткої високотехнологічної продукції виявляється неконкурентоспроможним. Національна енергетика перебуває в кризі, вихід з якої потребує великого обсягу інвестицій, але українська економіка на разі не спроможна на таку підтримку. Найближчим часом кардинально на стан справ в енергетиці і виробництво електроенергії, як і у світі, може вплинути так звана “зелена енергетика”, що виробляється з сонячного проміння, енергії падаючої води, вітру й поновлюваних енергетичних джерел.

Тим часом новітні світові тенденції енергетичних технологій з урахуванням наявної структури енергетичної галузі справді дають змогу радикально змінити стратегічну концепцію розвитку національної енергетики. У 2002 р. Росія і США заявили про науково-технічне і ділове співробітництво в галузі використання нетрадиційних джерел енергії, енергозберігаючих і екологічно чистих технологій та про розробку і розвиток нових більш екологічно безпечних технологій ядерної енергетики. На зустрічі керівників провідних країн світу в Евіані у травні 2003 р. воднева енергетика була визнана домінантою подальшого стійкого розвитку цивілізації.

У провідних країнах світу з розвиненою атомною енергетикою, до яких безумовно належить і Україна, особливу увагу приділяють промислового використанню термодімічного процесу одержання водню з води у високотемпературних гелієвих реакторах атомних станцій. Одним з найуспішніших є міжнародний проект одержання водню за рахунок провальної частини навантаження АЕС, що відкриває шлях широкому застосуванню ядерної енергії для енергоємних споживачів: металургії, хімії, регіонального теплоенергопостачання, транспорту і низькопотенціального тепла для комерційного сектора та комунально-побутових потреб. Електролітичне розкладання води є найбільш доступною, але і найбільш дорогою промисловою технологією. Особливий інтерес представляє електроліз у сполученні з поновлюваними джерелами енергії, насамперед геліоенергетикою – отриманий і накопичений електролітичний водень використовують як паливо за відсутності сонячної радіації [3]. Навіть наявні на сьогодні технології забезпечують одержання водневої енергії при витратах, що їх порівнюють із класичними технологіями, а з урахуванням екологічних наслідків традиційної енергетики – набагато менших. Використання новітніх технологій електролітичного розкладання води дасть змогу збільшити ефективність використання водню у національній енергетиці.

Розроблений спосіб розкладання води в електролізері, у якому в процесі розкладання води здійснюють вплив магнітним полем на молекули водню, які є діамagnetиками, та молекули кисню, які є парамагнетиками, натомість дискретно

локалізоване в міжелектродному просторі електролізера високоградієнтне магнітне поле створюють постійними магнітами [4].

Реалізують спосіб розкладання води в електролізері так.

На рис. 5 представлена технологія створення в міжелектродному просторі електролізера дискретно локалізованого високоградієнтного магнітного поля.

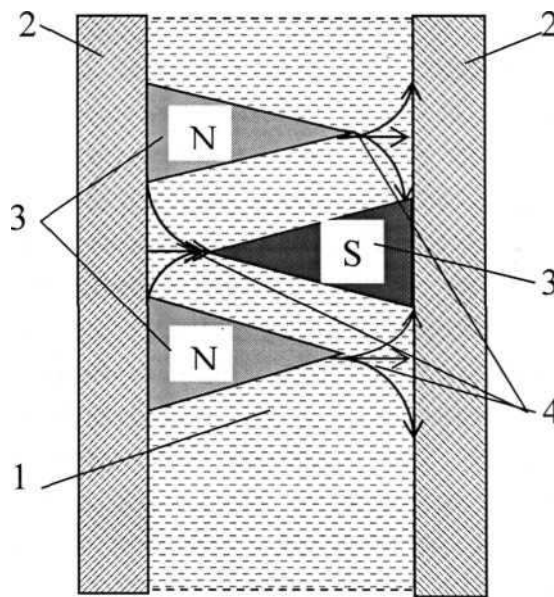


Рис. 5. Конструкція електролізера

Електроди 2 електролізера виконані з електропровідної феромагнітної речовини з високою коерцетивної силою, наприклад, феррит барію. Поверхня електродів містить дискретно локалізовані пірамідальні або голкоподібні полюсні концентратори 3 магнітного поля із взаємно інверсними магнітними полюсами. Пірамідальна або голкоподібна форма концентраторів утворює у просторі між електродами 2 суттєво неоднорідне просторово високоградієнтне магнітне поле, зображене на фігурі 1 силовими лініями магнітної індукції 4, орієнтація і просторова щільність яких нерівномірна та максимальна на вістрі концентратора 3, а конфігурація магнітного поля визначає особливості впливу цього поля на продукти електролізу.

Під час проходження електричного струму через розчин кислоти або лугу (електроліт) відбувається розкладання води на складові речовини – водень і кисень, які виділяються на катоді та аноді електролізера. Електрична енергія, яка витрачається на процес розкладання води, значно перевищує можливе досягне значення енергії при окислювально-відновних процесах, отриманих методом електролізу водню і кисню, а сумарний енергетичний баланс не забезпечує прийнятних економічних параметрів порівняно із традиційними енергетичними технологіями. Технологічні заходи щодо підвищення енергетичної ефективності як правило супроводжуються додатковою

витратою зовнішньої енергії, не обов'язково електричної, наприклад, механічної, що значно ускладнює промислове застосування електролізу за умови досить помірного збільшення його ефективності. На утворені в процесі електролізу іони водню і кисню діє створена електричним струмом, що протікає, сила Кулона, яка переміщає їх у протилежних напрямках до відповідних електродів, де й відбувається процес виділення продуктів електролізу. Згідно з запропонованим способом в міжелектродному просторі електролізера за допомогою застосування постійних магнітів без додаткових джерел енергії створюють істотно неоднорідне магнітне поле, що діє на іони водню та кисню, які рухаються в магнітному полі, силою Лоренца, напрямок якої колінеарний до діючої створеної електричним полем сили Кулона, що збільшує швидкість дисоціації молекул води та підвищує енергетичну ефективність електролізу. Крім того, молекули кисню, який є парамагнетиком, під дією локалізованого у міжполюсному просторі магнітного поля дрейфують до анода, а молекули водню, який є діамагнетиком, дрейфують до катода, що збільшує концентрацію продуктів електролізу у відповідних електродів і підвищує інтегральну енергетичну ефективність процесу електролізу. Дискретно локалізоване високоградієнтне магнітне поле може бути створене розміщенням в міжелектродному просторі електролізера системою інверсно-орієнтованих лінійних постійних магнітів або розташованих поза електролізером потужними постійними магнітами або супермагнітами за умови виконання електродів електролізера феромагнітними, наприклад, залізними.

Пропонований спосіб розкладання води в електролізері справді дає підстави збільшити енергетичну ефективність електролізу за допомогою інтенсифікації транспортних реакцій продуктів електролізу через вплив створюваного постійними магнітами дискретного високоградієнтного магнітного поля, що прискорює переміщення кисню, який є парамагнетиком, до анода та водню, який є діамагнетиком, до катода без додаткових витрат енергії. З введенням до експлуатації нових енергоблоків на Хмельницькій та Рівненській АЕС у 2007 р. атомні станції виробили 83,4 млрд кВт-г електроенергії, що дало б змогу тільки за рахунок провальної частини навантаження одержати 650 тис. тонн водню, еквівалентних 80 тис. ТДж енергії – 13% національного споживання нафтопродуктів.

1. *Суходоля О. М.* Структура паливно – енергетичного балансу як індикатор стану ефективного енергозбереження країни / О. М. Суходоля // Статистика України. – 2004. – № 2. – С. 44–49.
2. *Герасимчук В.* Управлінський вектор економічної складової сталого розвитку: Україна та світ / В. Герасимчук // Економіст. – 2007. – № 9. – С. 7–9.
3. *Пономарев-Степной Н. Н.* Атомно-водородная энергетика – пути развития / Н. Н. Пономарев-Степной, А. Я. Столяревский // Энергия: экономика, техника, экология. – 2004. – № 4. – С. 3–9.
4. Патент № 31504 (UA), С25В 1/04, С25В 9/12. Спосіб розкладання води в електролізері / А. І. Пабат [та ін.] // – Бюл. – 2008. – № 7.

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF ELECTROLYSIS OF WATER**A. Pabat, D. Muhina**

*Dniprodzerginsk State Technical University
Dniproboudivska, 2a, 51918 Dniprodzerginsk, Ukraine
e-mail: pabat@ukr.net*

In the given work there is the innovative technology of increase of efficiency of national hydrogen energy considered protected by a national patent. The offered method of decomposition of water in electrolyzer indeed allows to multiply power efficiency of electrolysis. It is possible by intensification of transport reactions of products of electrolysis by influencing of the discrete high-gradient magnetic field created by permanent magnets. It accelerates moving of oxygen which is paramagnetic, to the anode and hydrogen which is diamagnetic, to the cathode without the additional charges of energy.

Key words: hydrogen energy, electrolyzer, paramagnetic, diamagnetic.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ**А. Пабат, Д. Мухина**

*Днепродзержинский государственный технический университет
ул. Днепростроевская, 2а, 51918 Днепродзержинск, Украина
e-mail: pabat@ukr.net*

В статье рассмотрена защищенная национальным патентом инновационная технология повышения эффективности национальной водородной энергетики. Инновационная технология разложения воды в электролизере действительно позволяет увеличить энергетическую эффективность электролиза с помощью интенсификации транспортных реакций продуктов электролиза влиянием создаваемого постоянными магнитами дискретного высокоградиентного магнитного поля, что ускоряет перемещение кислорода, который является парамагнетиком, к аноду и водорода, который является диамагнетиком, к катоду без дополнительных расходов энергии.

Ключевые слова: водородная энергетика, электролизер, парамагнетик, диамагнетик.

Стаття надійшла до редколегії 29.05.2009

Прийнята до друку 06.07.2010