

Куць Н.Г.  
*Луцький національний технічний університет*

## ДВИГУН НА ВОДІ ДЛЯ АВТОМОБІЛЯ: ШЛЯХ ДО ЧИСТИХ ІНОВАЦІЙ

У світі, де зростає усвідомлення екологічних проблем та пошук альтернативних джерел енергії, водяний двигун для автомобіля виходить на передній план, як перспективна технологія, що може змінити світогляд автовиробників. Ця стаття вивчає концепцію водяного двигуна, його можливості та виклики, які стоять перед його впровадженням. Водяний двигун, або двигун з водяним паливом, працює на основі води, яка генерує енергію через хімічні реакції з використанням електричного струму. У цьому процесі вода розкладається на водень і кисень за допомогою електролізу, а потім водень використовується як паливо для автомобільного двигуна. Розглянуто різні можливості дисоціації води на водень і кисень, а також процеси збільшення температури й тиску в камері згоряння теплового двигуна шляхом спалювання продуктів дисоціації води та імпульсним електричним розрядом. Незважаючи на виклики, водяний двигун має великий потенціал, як екологічна альтернатива для автомобільного транспорту. З розвитком технологій водневого виробництва, вдосконаленням інфраструктури та зменшенням вартості виробництва, водяні двигуни можуть стати загальноприйнятим стандартом для автомобілів майбутнього. Водяний двигун -- це не лише інноваційна технологія, але й ключ до чистого, сталого та енергоефективного майбутнього для автомобільної промисловості та нашого середовища в цілому.

**Ключові слова:** водяний двигун, дисоціація води, тепла енергія, механічна робота.

### ВСТУП

У всіх двигунах зовнішнього та внутрішнього згоряння, тепла енергія перетворюється на механічну роботу. Для цього потрібно забезпечити відповідну різницю енергетичних станів робочого тіла у формі газу між початковим та кінцевим станами. У двигунах внутрішнього згоряння така різниця отримується під час спалювання різних видів вуглеводневих палив. Однак існують інші методи, які дозволяють подавати потужну порцію енергії в робоче тіло у формі пари або газу в імпульсному режимі.

Пропонується використовувати водень та кисень із звичайної води, як альтернативу робочому тілу. Для імпульсного розігріву робочого тіла можна використовувати імпульсний електричний або високочастотний розряд. Цей спосіб передачі енергії вже успішно використовується на різних автомобільних двигунах з пароповітряною сумішшю.

Водяний двигун - це концепція та технологічний пристрій, що використовує воду як джерело палива для генерації енергії, необхідної для руху транспортного засобу або іншого механічного пристрою. Основна ідея полягає в тому, що вода розкладається на водень і кисень, які подалі можуть використовуватися для створення енергії [1].

Водяний двигун може мати різні варіації та реалізації. Одна з найпоширеніших включає в себе використання електролізу для розкладання води на її складові - водень і кисень. Після цього отримані гази можуть бути спалені в спеціальному двигуні, що приводить до вироблення енергії, яка потім приводить в рух автомобіль або інший пристрій.

Існують також інші методи, такі як використання хімічних реакцій або плазмової дуги для розкладання води на водень і кисень. Найбільш важливим є те, що водяний двигун може бути екологічно чистим, оскільки в процесі спалювання води утворюються лише водяна пара та кисень, не викидаються шкідливі викиди у повітря.

Використання води як палива для двигунів внутрішнього згоряння має кілька напрямків: електроліз для розкладання води на водень і кисень, хімічні реакції для отримання газоподібного водню, використання плазмової дуги та імпульсного електричного розряду в парах води. З метою розробки фізичних принципів роботи такого двигуна та визначення найбільш оптимального методу реалізації, вирішується завдання дослідження. [2].

### АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМ

По водяних автомобілях отримано численні міжнародні патенти, публікацій в науково-популярних журналах та Інтернеті [3][4]. Такі автомобілі продукують паливо з води без додаткових джерел енергії або є гібридами, здатними використовувати як енергію води, так і звичайне паливо.

Ідея водяного двигуна набула популярності через її потенціал як екологічно чистого джерела енергії. Водень, отриманий із води, може бути екологічно чистим паливом, оскільки під час його згоряння виділяється лише вода. Проте на практиці водяний двигун стикається з численними

технічними та економічними проблемами. Основні виклики технології: висока енергетична вартість електролізу, зберігання водню, низька загальна ефективність.

Для розщеплення молекул води потрібна велика кількість енергії, яка часто надходить з традиційних джерел, таких як викопне паливо. Водень має низьку щільність, тому його складно зберігати та транспортувати. Необхідні спеціальні високотемпературні або високотискові ємності для його безпечного зберігання. Через втрати енергії на кожному етапі перетворення (від електролізу до згоряння або використання в паливних елементах) водняний двигун має нижчу загальну ефективність порівняно з іншими джерелами енергії.

Для розщеплення води на водень і кисень можна використовувати хімічні реакції або плазмову дугу. Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки, але всі вони спрямовані на отримання водню як джерела енергії. Однією з найважливіших переваг водняного двигуна є його екологічність. В процесі використання водню як палива викидаються тільки водяна пара та кисень, що значно зменшує шкідливі викиди в атмосферу, такі як вуглекислий газ, оксиди азоту та інші шкідливі сполуки. Це робить водняний двигун привабливою альтернативою традиційним двигунам, які працюють на викопному паливі.

З метою розробки фізичних принципів роботи водняного двигуна, а також для визначення найбільш перспективного способу реалізації водневого палива, дослідники зосереджуються на кількох ключових аспектах:

1. Ефективність електролізу. Вивчаються різні методи підвищення ефективності електролізу, зокрема, використання каталітичних матеріалів та вдосконалення конструкції електролізерів. Особливий інтерес викликає електроліз із застосуванням відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна або вітрова енергія, для зменшення загальних енерговитрат на процес.

2. Альтернативні методи розкладання води. Використання хімічних реакцій, плазмової дуги або імпульсних електричних розрядів дозволяє уникнути традиційних проблем електролізу. Ці методи мають потенціал забезпечити швидше та більш енергоефективне отримання водню, проте потребують подальших досліджень для підвищення їхньої надійності та економічності.

3. Зберігання та транспортування водню. Крім виробництва водню, критично важливим питанням залишається його безпечно зберігання і транспортування. Вивчаються нові методи зберігання водню, такі як використання металогідридних сплавів або зрідження, щоб забезпечити безпечно і компактне зберігання цього газу.

4. Оптимізація роботи двигуна. Для того щоб водняний двигун був практичним, необхідно адаптувати існуючі двигуни внутрішнього згоряння або розробити нові, спеціалізовані під водневе паливо. Це потребує оптимізації процесів згоряння водню, що включає дослідження температурних і тискових режимів, а також створення нових систем упорскування та контролю палива.

Однак, незважаючи на великий потенціал, водняні двигуни ще стикаються з багатьма викликами. Як уже зазначалося, виробництво водню є енергоємним процесом, і для його реалізації на широкій основі потрібні інфраструктурні зміни, а також подальші інновації в технологіях зберігання та транспортування водню. Проте, зі збільшенням інвестицій у водневі технології та зростаючим попитом на екологічно чисті джерела енергії, водняний двигун може стати важливою частиною майбутнього енергетичного ландшафту. Незважаючи на ці проблеми, розробки в галузі водневих технологій продовжуються, оскільки водень може стати основою для майбутніх екологічно чистих енергетичних систем. Подальше дослідження водняних двигунів спрямоване на вдосконалення існуючих технологій виробництва водню та розробку нових рішень для підвищення загальної ефективності таких двигунів. Важливими завданнями є зменшення вартості виробництва водню, підвищення ефективності конверсії енергії, а також інтеграція цих рішень у існуючі енергетичні та транспортні системи.

Дослідження водняних двигунів і технологій, пов'язаних із водневим паливом, проводяться різними науковими установами, університетами та приватними компаніями по всьому світу. Вони зосереджені на вивченні технологій виробництва, зберігання, транспортування та використання водню як палива. Деякі з ключових дослідницьких організацій і компаній, які активно займаються цими питаннями:

1. Академічні установи: Каліфорнійський технологічний інститут (Caltech) — один із провідних інститутів у США, який проводить дослідження в галузі водневої енергетики, зокрема вивчаючи електроліз води та паливні елементи; Токійський технологічний інститут (Токуо Tech) — займається розробкою водневих технологій, включаючи дослідження плазмових методів розкладання води на водень та кисень; Імперський коледж Лондона (Imperial College London) — активно досліджує

питання підвищення ефективності електролізу та зберігання водню; центр водневих досліджень Гарвардського університету (Harvard's Center for Hydrogen Research) — проводить фундаментальні дослідження у сфері водневих технологій.

2. Дослідницькі інститути: міжнародний інститут прикладного системного аналізу (IIASA) — вивчає можливості інтеграції водневих систем в енергетику на глобальному рівні, досліджує стратегії використання водню для зниження викидів вуглецю; німецький аерокосмічний центр (DLR) — займається водневими технологіями для транспорту, зокрема розробляє водневі паливні елементи для авіації та космічних досліджень; національна лабораторія відновлюваної енергії США (NREL) — проводить дослідження у сфері виробництва водню з відновлюваних джерел та його використання в транспорті та енергетиці.

3. Приватні компанії: Toyota — один із лідерів у розробці водневих автомобілів, таких як Toyota Mirai, яка активно інвестує в дослідження і розвиток водневих двигунів і паливних елементів; Hyundai — розробляє водневі транспортні засоби та займається інноваціями в галузі паливних елементів, а водневий автомобіль Hyundai Nexo є одним із прикладів їхніх досягнень; Nikola Motors — спеціалізується на водневих вантажівках і вантажному транспорті, пропонуючи водневі системи як рішення для важкої техніки; Shell — нафтогазова компанія, яка інвестує в інфраструктуру для водневих заправних станцій та проводить дослідження у сфері виробництва водню.

4. Міжнародні програми та консорціуми: Horizon 2020 (Європейський Союз) — фінансує численні дослідницькі проекти, пов'язані з розвитком водневої економіки, включаючи розробку водяних двигунів та паливних елементів; міжнародна асоціація водневої енергетики (IAHE) — організація, що об'єднує науковців та інженерів, які займаються розвитком водневих технологій у глобальному масштабі.

Ці дослідники та установи працюють над розробкою нових технологій, що можуть зробити водяні двигуни більш ефективними, доступними та екологічно чистими в майбутньому.

### **ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

На сьогоднішній день тема водяних двигунів та використання води як пального не є дуже розповсюдженою в академічних та технічних колах порівняно з іншими енергетичними технологіями. Метою роботи є дослідження роботи двигуна внутрішнього згоряння, в якому, як паливо, використовується звичайна вода, і визначити, який із методів реалізації такого двигуна є найбільш оптимальним. Поставлена мета ставить такі завдання:

- визначити умови, за яких дисоціація молекул води є найбільш ефективними;
- дослідити фізичний механізм передачі енергії до високомолекулярного газу і перетворення цієї енергії в механічну роботу;
- розглянути ефективні методи розрахунку роботи двигуна на воді.

### **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

1. Застосування електролізу для розкладання води. Застосування електролізу для розкладання води означає використання електричного струму для розщеплення молекул води ( $H_2O$ ) на її складові частини - водень ( $H_2$ ) та кисень ( $O_2$ ). Цей процес відбувається в спеціальному пристрої, який називається електролізером і включає кілька етапів, що дозволяють отримати водень як паливо.

Основні компоненти електролізера включають анод і катод, які виконують основну функцію електролізу: на катоді відбувається виділення водню, а на аноді — кисню. Катод є негативним електродом, який притягує позитивно заряджені іони водню ( $H^+$ ), тоді як анод є позитивним електродом, що притягує негативно заряджені іони гідроксиду ( $OH^-$ ). Електролізер підключений до зовнішнього джерела постійного електричного струму, який забезпечує енергію для процесу розщеплення води. Саме ця енергія використовується для розриву хімічних зв'язків між атомами водню і кисню. Застосування електролізу для розкладання води є ефективним методом виробництва водню, оскільки він дозволяє отримувати чистий водень без викидів  $CO_2$  або інших шкідливих речовин. Цей процес може бути також додатково відновлювальним, якщо електричний струм, використаний для електролізу, генерується з відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна або вітрова енергія. Електролітом може бути лужний розчин, мембрана або інші провідні рідини.

Лужні електролізери. Використовують лужний розчин, зазвичай гідроксид калію (KOH) або гідроксид натрію (NaOH), як електроліт. Концентрація гідроксиду натрію в електролітичному лузі визначає витрати на випарку при одержанні товарного продукту. Для їхнього скорочення в процесі мембранного електролізу прагнуть одержати розчин NaOH можливо більш високої концентрації. Це один із найстаріших і найпоширеніших типів електролізерів, який має відносно низьку вартість і

може працювати на великих потужностях. Лужний електролізер — це особливий тип електролізера, який використовує лужний розчин як електроліт [5].

Електролізери з полімерною електролітною мембраною (PEM). В цьому типі електролізеру використовується твердий полімер як електроліт, що дає змогу досягати високої чистоти водню і більшої ефективності. PEM-електролізери мають швидкий час запуску і підходять для інтеграції з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячна або вітрова енергія.

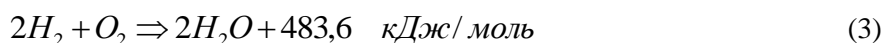
Твердооксидні електролізери (SOEC). Ці пристрої працюють при високих температурах (понад 700°C) і можуть використовувати теплову енергію разом з електричною для підвищення загальної ефективності процесу електролізу. Твердооксидні електролізери мають великий потенціал для промислових застосувань, оскільки вони можуть виробляти водень з більшою енергетичною ефективністю. Для розкладу молекула води на кисень і водень потрібно мати електропровідний розчин, де іони можуть переміщатися і проводити електричний струм. Наприклад, якщо створити водний розчин, до якого додано сірчану кислоту, він стає електропровідним через дисоціацію молекул сірчаної кислоти на катіони  $H^+$  та аніони, які з'являються в результаті цієї реакції. У цьому випадку катіони та аніони можуть рухатися вільно в розчині під дією електричного поля, що дозволяє електричному струму розкласти молекули води на їхні складові частини - водень і кисень.



Внаслідок електролізу води утворюється газ, які можуть бути використані як палива або для промислових процесів.



Отже, електричний струм, що проходить через електроліт, забезпечує енергію, необхідну для розщеплення молекул води та подальшого утворення парів води в камері згорання.



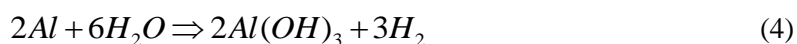
Для підготовки електроліту використовують луги або солі з меншою енергією дисоціації, ніж у води (яка складає 5,12 еВ), наприклад, близько 2...3 еВ. Це сприяє мимовільній дисоціації складних молекул у воді при нормальних температурних умовах. Концентрація введених лугів або солей у ваговому відношенні не перевищує 1%. В такому випадку концентрація катіонів і аніонів складатиме приблизно  $\sim 3,3 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ . У результаті отримуємо надлишок енергії лише 0,16 еВ на кожен молекулу води. Ефективний коефіцієнт перетворення такого водяного двигуна становитиме не більше  $\sim 6-7\%$ .

У роботах [6,7] розглянуто електролізер на основі дисоціації молекул води на розігрітому вуглєці. За фізичної адсорбції молекул води теплотвірна здатність води становить 11,6 МДж/кг, а за хімічної адсорбції - 21,3 МДж/кг. При "спалюванні" одного кілограма води на вуглєці площею 1 м<sup>2</sup> за одну годину реалізується потужність при фізичній адсорбції 3,2 кВт, а при хімічній адсорбції - 5,9 кВт.

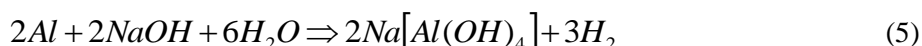
2. Хімічні реакції розкладання води. Хімічні реакції розкладання води - це процеси, за яких молекули води ( $H_2O$ ) розщеплюються на їхні складові частини, а саме на водень ( $H_2$ ) і кисень ( $O_2$ ). Ці реакції можуть відбуватися під дією різних фізичних або хімічних факторів, таких як тепло, світло, електричний струм або хімічні каталізatori.

Найбільш поширеним методом розкладання води є електроліз - процес, у якому електричний струм використовується для розщеплення молекул води на водень та кисень. Інші методи включають використання хімічних реакцій, що відбуваються під впливом каталізаторів або інших хімічних реагентів. Наприклад, деякі сполуки або метали можуть каталізувати розкладання води при високих температурах або під дією світла. Хімічні реакції розкладання води важливі з практичної точки зору, оскільки дозволяють отримувати водень, який може бути використаний як енергетичне паливо або в різних промислових процесах. Крім того, вони можуть мати значення в контексті виробництва водневої енергії та розвитку водневої економіки.

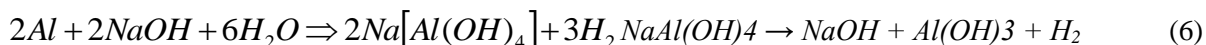
Метод розкладання води на основі протікання хімічних реакцій розглянемо на прикладі використання гідроксиду натрію (NaOH) і алюмінію  $Al(OH)_3$ . Під дією лугів оксидний шар на алюмінії розчиняється, і утворюються алюмінати. Алюміній, позбавлений захисної плівки, взаємодіє з водою, витісняючи з неї водень, утворюючи гідроксид алюмінію.



При реагуванні з лужним середовищем (гідроксидом натрію), отримуємо реакцію перетворення:



В результаті цієї реакції утворюється гідроксид алюмінату натрію ( $NaAl(OH)_4$ ) та водень ( $H_2$ ). Після цього відбувається розкладання гідроксиду алюмінату натрію, у результаті чого знову виділяється водень:



У результаті утворюється достатньо водню для його спалювання в камері згоряння з використанням повітря, як окислювача. У процесі роботи такого двигуна як побічні продукти виникають різні гідриди металів, які є хімічно активними, що небезпечно з екологічної точки зору. Тому такий метод реалізації двигуна на воді не становить практичного інтересу. Але цей процес може бути використаний для виробництва водню в промислових масштабах або в альтернативних джерелах енергії. Водень, отриманий у результаті цього методу, може використовуватися як паливо або як сировина для різних промислових процесів.

3. Дисоціація води в плазмовій дузі. Дисоціація води в плазмовій дузі означає процес розщеплення молекул води ( $H_2O$ ) на їхні складові частини - водень ( $H_2$ ) і кисень ( $O_2$ ) - під впливом високих температур і енергійних реакцій, що відбуваються в плазмовому середовищі. У плазмовій дузі, де плазма створюється шляхом нагрівання газу до дуже високих температур, молекули води можуть розпадатися на атоми водню та кисню через реакції з іншими компонентами плазми або внаслідок їхнього розщеплення під дією енергії, що має місце в цьому середовищі.

Отриманий в результаті дисоціації води водень і кисень можуть використовуватися для різних цілей, таких як виробництво водневого палива або для інших промислових або технологічних процесів, де ці гази використовуються як реагенти або енергетичне паливо.

4. Імпульсний електричний розряд у парах води. Імпульсний електричний розряд у парах води - це процес, при якому електричний струм подається у водяну пару у вигляді коротких імпульсів, що спричиняє виникнення розряду або високочастотної діелектричної проникності в середовищі парів води. Цей процес може використовуватися для розщеплення молекул води на їхні складові частини - водень і кисень.

Під час імпульсного електричного розряду у парах води, який може бути викликаний, наприклад, високовольтними імпульсами або імпульсними електричними розрядниками, відбуваються іонізація молекул води та інші хімічні процеси, що сприяють розкладанню води на водень і кисень. Отриманий, в результаті імпульсного розряду, водень і кисень можуть бути використані для виробництва водневого палива або для інших технологічних або промислових процесів, де ці гази можуть бути корисними реагентами або енергетичним паливом.

Найцікавішим і практично готовим до реалізації є використання імпульсного електричного розряду в парах води для різкого підвищення температури і тиску у камері згоряння теплового двигуна. Це досягається шляхом застосування карбюрації води, щоб в камеру згоряння надходили пари води. Розігрів пароповітряної суміші у камері згоряння здійснюється за допомогою звичайної свічки запалювання, але зі збільшеним зазором між електродами для підвищення напруги та зростання потужності розряду. Роботу такого двигуна розглянемо детальніше нижче.

5. Карбюрація водяної пари. Щодо карбюрації водяної пари, вона відбувається шляхом карбюрації рідинного водяного розчину. Існують три основних типи карбюраторів: випарний, впорскуваний і всмоктувальний. Найпоширенішими стали всмоктувальні карбюратори двох типів - з падаючим і з висхідним потоками.

Стосовно двигунів внутрішнього згоряння швидкість подачі рідини, що випаровується, становить 4 - 6 м/с, а швидкість подачі повітря компресором  $\sim 120 - 150$  м/с. За такого напору повітря відповідно до закону Бернуллі тиск у струмені повітря за ізотермічної течії за нормальних умов становитиме:

$$P = P_0 \exp\left(-\frac{v_T^2 m_a}{2k_B T}\right) \sim (0,918 - 0,877)P_0 \quad (7)$$

де  $P_0$  - тиск повітря в навколишньому середовищі.

Невелике зменшення тиску в потоці повітря призводить до ефекту всмоктування парів води в повітряне середовище. Оскільки в повітряному струмені парів води є незначна кількість, то випаровування води відбувається без процесу конденсації.

Карбюрація водяної пари — це процес збагачення газового палива водяною парою для підвищення його енергетичної цінності. Зазвичай цей метод використовується у хімічній та енергетичній промисловості, зокрема при виробництві синтез-газу (суміш водню та монооксиду вуглецю), який можна використовувати як паливо або сировину для отримання інших хімічних сполук.

Основна ідея процесу карбюрації полягає в тому, що при додаванні водяної пари до газу (наприклад, природного газу або коксового газу) та під дією високих температур відбувається розклад молекул води на водень і кисень. Це сприяє утворенню нових хімічних речовин та збільшенню вмісту водню у газовій суміші, що покращує її теплотворну здатність.

Цей процес часто використовують у технологіях газифікації вугілля, переробки нафтових продуктів і виробництва водню. Цей метод раніше застосовували в авіаційних двигунах і гоночних автомобілях, а також проводили експерименти з його використанням у звичайних автомобілях. Хоча це рішення ефективне, його складно реалізувати через потребу в точному регулюванні кількості пари та підтримці відповідних робочих умов.

### **ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Електроліз води є важливим етапом у створенні водневої економіки, де водень слугує паливом для транспорту, енергетичних установок та промислових процесів. Зокрема, у транспорті водень, отриманий електролізом, може використовуватися у паливних елементах для автомобілів, автобусів, вантажівок і навіть кораблів. У цьому випадку електролізери можуть бути інтегровані з відновлюваними джерелами енергії, що дозволяє отримувати водень без викидів парникових газів, роблячи цей процес екологічно чистим.

При температурі вище 1000 К молекули води ефективно збуджуються у своїх обертальних та коливальних рухах, а тиск, який вони створюють на поршень, обумовлюється переважно їхнім поступальним рухом. Під час адіабатичного розширення парогазовою сумішшю температура поступального руху молекул зменшується, а коливальні та обертальні рухи передають свою енергію на поступальний рух через зіткнення молекул. Цей механізм сприяє підтримці температури поступального руху, що важливо для ефективного перетворення теплової енергії в механічну роботу, що й визначається як коефіцієнт перетворення.

Тому пари води подають у камеру згоряння, якщо двигун працює на вуглеводневому паливі. Під час згоряння цього палива енергія вивільнюється практично у всьому об'ємі камери згоряння. Для максимального використання цієї енергії важливо, щоб кут запізнювання підпалу розряду був вдвічі-втричі більший порівняно з двигуном внутрішнього згоряння, який працює на вуглецевому паливі.

У сучасний час, коли технології зберігання електричної енергії та її конвертації в теплову форму ще не досить розвинені, водяний двигун не є особливо привабливим з практичної точки зору. Проте, ідея використання води як палива залишається дуже привабливою, і це постійно збуджує інтерес до розробки оптимальних інверторів та великоємних акумуляторів електричної енергії.

На сьогоднішній день водяний двигун, як варіант енергетичної системи транспортного засобу або стаціонарного апарата, залишається темою активних досліджень та дискусій в галузі альтернативних джерел енергії. В основі концепції лежить використання води або водяних парів як пального для створення механічної роботи. Хоча водяні двигуни поки не мають значного комерційного успіху через технологічні та економічні обмеження, вони привертають увагу науковців та інженерів через свій потенціал у зменшенні викидів та залежності від нафтопродуктів.

Основний виклик електролізу полягає в тому, що процес потребує значних енергетичних витрат. Ефективність електролізу залежить від якості електролізера, типу електроліту та умов роботи. Висока вартість виробництва водню за допомогою електролізу залишається однією з головних перешкод для широкого впровадження технології. Проте з розвитком відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова, електроліз може стати більш економічно вигідним у майбутньому. Для масштабного застосування водню як палива потрібна розвинена інфраструктура, включаючи водневі заправні станції, системи зберігання та транспортування.

Стенлі Мейер був американським винахідником і підприємцем чие бачення, здавалося, кидало виклик нормам традиційних джерел енергії. та його революційного винаходу – автомобіля, що працює на воді. У 1990-х роках він працював над створенням водневого двигуна, який міг би змінити автомобільну індустрію, використовуючи воду як чисте й стале джерело палива. Проте його шлях був

непростим, супроводжуючись суперечками та сумнівами. Основний прорив Стенлі Мейера полягав у створенні "водного паливного елемента", пристрою, що розщеплював воду на водень і кисень за допомогою електрики, споживаючи при цьому мінімум енергії. Цей метод обіцяв стати ефективним і стійким способом отримання палива. У 1995 році Мейер продемонстрував свій винахід, представивши "водний баггі" — транспортний засіб, який нібито працював виключно на воді. Він стверджував, що його авто могло подолати понад 100 миль (180 км) на одному галоні води, кидаючи виклик загальноприйнятим уявленням про залежність від бензину.

Попри те, що автомобіль Мейера залишається спірним і оповитим таємницею, його ім'я стало символом інновацій. І нещодавно, під час інтерв'ю в подкасті Джо Рогана, Ілон Маск згадав про наявність робочих прототипів автомобіля, що працює на воді. Однак він зазначив: "Ймовірно, ніколи. Уряд заборонив подальші дослідження і вилучив наші прототипи". Він додав, що така технологія, можливо, стане актуальною лише тоді, коли світ повністю вичерпає запаси нафти [8].

## ВИСНОВКИ

Однією з основних переваг водяних двигунів є їхні потенційно низькі викиди вуглекислого газу та інших шкідливих речовин, адже при згоранні води утворюються тільки водяна пара і кисень. Це може сприяти зменшенню забруднення навколишнього середовища та покращенню якості повітря. Водяне паливо має високу енергетичну щільність, що дозволяє автомобілю проїздити довгі відстані на одному заправленні.

Проте, існують певні виклики та перешкоди перед широким впровадженням водяних двигунів. До них відносяться ефективність конвертації енергії, забезпечення безпеки під час використання водню як пального, розвиток інфраструктури для забезпечення подачі водню, а також вартість виробництва та експлуатації таких систем. Електроліз залишається одним із ключових методів отримання екологічно чистого водню, і його вдосконалення є важливим для створення стійкої водневої економіки.

Незважаючи на ці виклики, дослідження та розробки в області водяних двигунів продовжуються, і можливо, з часом ця технологія стане більш доступною та ефективною, що сприятиме зниженню викидів та розвитку стійкого енергетичного сектора. Наразі виробництво водяних двигунів та водного палива є високою вартістю, що обмежує їхнє поширення. Урядова підтримка, інвестиції в дослідження та розвиток, а також співпраця між промисловими компаніями можуть прискорити цей процес.

Бент Соренсен, Джузеппе Спаццафумо розробив технології, які призвели до розробки кількох різних типів паливних елементів із відмінними властивостями, охоплюючи розплавлені карбонатні елементи, твердооксидні елементи, кислотні та лужні елементи, клітини з протонообмінною мембраною, елементи прямого метанолу та біопаливні елементи.

Ідея використання води як палива зберігає свою актуальність у сфері досліджень альтернативної енергетики. Мрія про автомобіль на воді залишається живою, нагадуючи про величезний потенціал наукових досліджень і людської уяви.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гречихін Л. І. Вода - екологічно чистий ресурс енергетики майбутнього. // Сб. Енергетичні проблеми та шляхи їх вирішення в інтересах населення Білорусі та країн світу. Частина 3. /Матеріали першого міжнародного науково-практичного конгресу "Демографічні проблеми Білорусі"). - Мн.: 1999. С. 65-66.
2. Water Fuel Cell ( WFC ). Researches created on June 12, 2008 - JLN Labs - June 26, 2008
3. Lopez, Allison (2009). «Inventor, 82, gets 20 years for 'estafa'»Philippine Daily Inquirer. Retrieved January 12, 2009.
4. «Sri Lanka. Water car story didn't hold water» [Архівовано 13 лютого 2013 у Wayback Machine.]. Daily Mirror (UK). October 16, 2008. Retrieved January 12, 2009
5. Волошин М. Д. Електрохімічна технологія неорганічних речовин : навчальний посібник / Волошин М. Д., Іванченко А. В. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2012. — 325 с. ISBN 978-966-175-058-5
6. Гречихін Л. І. Фізика. Електрика і магнетизм. Сучасна електродинаміка. - Мн.: Право і економіка, 2008. - 302 с.
7. Гречихін Л. І., Куць М. Г. Сучасна енергетика. Шляхи та методи розвитку і застосування на транспорті. /Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань "Машинобудування та

металобробка", "Інженерна механіка", "Металургія та матеріалознавство"), 2010. Вип. 28. С. 162 - 165.

8. Електронний ресурс [Режим доступу] -- <https://aquaterrex.com/the-water-powered-car-elon-musk-stanley-meyer-and-the-h2o-car/>

9. Бент Соренсен, Джузеппе Спаццафумо Електронний ресурс [Режим доступу] -- <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100708-2.00003-5>

## REFERENCES

1. Grechikhin LI (1999). Water - an ecologically clean resource of energy of the future. Energy problems and ways of their solution in the interests of the population of Belarus and the countries of the world. Part 3. / Materials of the First International Scientific and Practical Congress "Demographic Problems of Belarus". - Mн: 1999. С. 65-66.

2. Water Fuel Cell ( WFC ) (2008). Researches created on June 12, 2008 - JLN Labs - June 26, 2008

3. Lopez, Allison (2009). «Inventor, 82, gets 20 years for 'estafa'» Philippine Daily Inquirer. Retrieved January 12, 2009.

4. «Sri Lanka (2009). Water car story didn't hold water» [Архівовано 13 лютого 2013 у Wayback Machine.]. Daily Mirror (UK). October 16, 2008. Retrieved January 12, 2009

5. Voloshyn MD (2012). Electrochemical technology of inorganic substances: a textbook / Voloshin MD, Ivanchenko AV - Dniprodzerzhynsk: DSTU, 2012. — 325 с. ISBN 978-966-175-058-5

6. Grechikhin L. I. (2008). Physics. Electricity and magnetism. Modern electrodynamics. - Moscow: Law and Economics, 2008. - 302 с.

7. Grechikhin L. I, Kuts NG (2010). Modern energy. Ways and methods of development and application in transport. Interuniversity collection (in the fields of knowledge "Mechanical Engineering and Metalworking", "Engineering Mechanics", "Metallurgy and Materials Science"), 2010. Issue 28. С. 162 - 165.

8. Electronic resource [Access mode] -- <https://aquaterrex.com/the-water-powered-car-elon-musk-stanley-meyer-and-the-h2o-car/>

9. Brent Sorensen, Giuseppe Spazzafumo Electronic resource [Access mode]. -- <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100708-2.00003-5>

### **Kuts N. A water engine for a car: a path to clean innovation**

In a world where awareness of environmental issues and the search for alternative energy sources is growing, the water engine for cars is coming to the fore as a promising technology that can change the way automakers think. This article discusses the concept of a water engine, its capabilities, and the challenges that stand in the way of its implementation. A water engine, or water-fueled engine, runs on water, which generates energy as a result of chemical reactions using an electric current. In this process, water is decomposed into hydrogen and oxygen by electrolysis, and then the hydrogen is used as fuel for an automobile engine. Various possibilities of dissociation of water into hydrogen and oxygen are considered, as well as the processes of increasing the temperature and pressure in the combustion chamber of a heat engine by burning water dissociation products and by means of a pulsed electric discharge. Despite the existing problems, the water engine has great potential as an environmentally friendly alternative for road transport. With the development of hydrogen production technologies, improved infrastructure, and lower production costs, hydrogen engines could become the accepted standard for cars of the future. The water engine is not only an innovative technology, but also the key to a clean, sustainable and energy-efficient future for the automotive industry and the environment as a whole.

However, despite its great potential, hydrogen engines still face many challenges. As already mentioned, hydrogen production is an energy-intensive process, and its implementation on a large scale requires infrastructure changes as well as further innovations in hydrogen storage and transportation technologies. However, with increasing investment in hydrogen technologies and growing demand for clean energy sources, the water engine could become an important part of the future energy landscape. Despite these challenges, developments in hydrogen technology continue as hydrogen could become the basis for future clean energy systems. Further research into hydrogen engines is aimed at improving existing hydrogen production technologies and developing new solutions to improve the overall efficiency of such engines.

Keywords: water engine, water dissociation, теплова енергія, механічна робота.

*КУЦЬ Надія Григорівна*, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет e-mail: [kuts.nadia86@gmail.com](mailto:kuts.nadia86@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0003-1934-7189>

*Nadiia KYTS*, PhD in Engineering, associate professor of Automobiles and Transport Technologies department, Lutsk National Technical University e-mail: [pred.kuts.nadia86@gmail.com](mailto:pred.kuts.nadia86@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0003-1934-7189>

DOI 10.36910/automash.v2i23.1534