

УДК 621.311.61

Б. І. БАЙРАЧНИЙ, Ю. А. ЖЕЛАВСЬКА, Л. М. БОНДАРЕНКО, Н. О. РУДЕНКО, С. Г. ЖЕЛАВСЬКИЙ**ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОСИНТЕЗІ ВОДНЮ БЕЗ ВИДІЛЕННЯ КИСНЮ**

Показана можливість використання відновлюваних джерел енергії при електросинтезі водню. Наведено характеристики електричних параметрів сонячної батареї типу УН 21 при зміні зовнішнього опору в інтервалі 20 – 200 Ом. При штучному освітленні ці параметри складають 30 – 50 % від потужності сонячного випромінювання. Деполяризація анодного процесу сплавами цинку дозволяє знизити напругу на електролізері на 1,2 – 1,5 В порівняно з воднолужним електролізом, що призводить до економії електроенергії до 50 %. Відсутність виділення кисню робить даний процес більш безпечним.

Ключові слова: безпека, водень, деполяризація, економія, електросинтез, відновлювані джерела.

Показана возможность использования возобновляемых источников энергии при электросинтезе водорода. Приведены характеристики электрических параметров солнечной батареи типа УН 21 при изменении внешнего сопротивления в интервале 20 – 200 Ом. При искусственном освещении эти параметры составляют 30 – 50 % от мощности солнечного излучения. Деполяризация анодного процесса сплавами цинка позволяет снизить напряжение на электролизере на 1,2 – 1,5 В по сравнению с воднощелочным электролизом, что приводит к экономии электроэнергии до 50 %. Отсутствие выделения кислорода делает данный процесс более безопасным.

Ключевые слова: безопасность, водород, деполяризация, экономия, электросинтез, возобновляемые источники.

The potential usage of renewable energy sources for hydrogen synthesis is described. Electrical parameters dependences (current strength, voltage, specific power) on external resistance change in the interval 20 – 200 Ohm are received for type УН-21 solar battery. Under artificial sanctification, the values of these parameters are 30 – 50 % of the solar radiation power. Dependences on time of electrolysis voltage changing in investigated solutions are presented. Hydrogen electrosynthesis under these conditions can be carried out at current densities of 1 – 1,5 A/dm². Voltage reduction at the electrolyzer for 1,2 – 1,5 V in comparison with alkaline electrolysis, which leads to electricity saving up to 50 %, can be reached by zinc alloys depolarization of anode process. The depolarization effect is based on aluminum alloy dissolution on anode instead of oxygen discharge. 0,5 dm³ of hydrogen are obtained by using 1 A-h of energy in electrolysis with depolarization. The zinc consumption is 1,3 – 1,4 g. This process is safer because of absence of oxygen discharge and can be used to produce cheaper heat, when hydrogen is burned.

Keywords: depolarization, economy, electrosynthesis, hydrogen, safety, renewable energy sources.

Вступ. Перевагами методу одержання водню електролізом води є його екологічна чистота, можливість створення установок з великим діапазоном продуктивності, простота експлуатації і зручність в роботі, висока чистота одержуваного водню [1, 2].

Сучасні розробки технологій одержання водню електролізом спрямовані на пошук нових електродних матеріалів, процесів, що здатні підвищувати ефективність електросинтезу водню за рахунок зниження енерговитрат [3, 4]

Методика. При проведенні електрохімічних досліджень використовували полікристалічні кремнієві батареї типу УН 21, з робочою площею поверхні 1 дм². Зміну напруги на електролізері досліджували за допомогою електрохімічної схеми, яка складається з джерела струму, амперметра, електролізера з робочим та допоміжним електродом, срібно-хлоридного електрода порівняння. Електроліт – розчин 3 % NH₄Cl (30 г/дм³), робоча поверхня електродів 0,5 – 2 см².

Результати та обговорення. На рисунку 1, рисунку 2 та рисунку 3 приведені електричні параметри батареї типу УН 21 при зміні зовнішнього опору (R = 0 – 200 Ом). Сила струму батареї в інтервалі опору 1 – 20 Ом має величину 0,2 – 0,6 А, а при опорах, що мають значення 40 – 200 Ом сила струму

не перевищує 0,1 А (рис. 1). Напруга на батареї при опорі 50 – 200 Ом має величину 3,1 – 3,2 В, а при опорі від 1 до 20 Ом робоча напруга різко падає до 2 В (рис. 2).

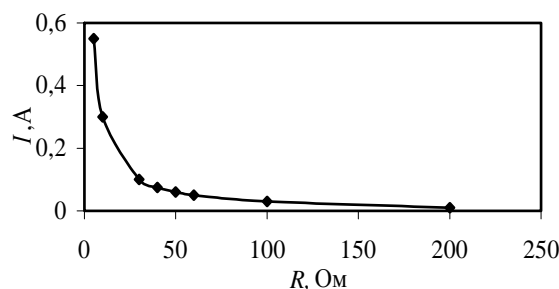


Рис. 1 – Залежність струму від зовнішнього опору

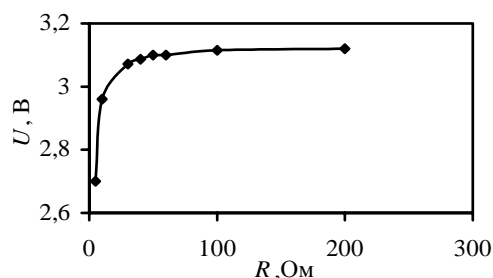


Рис. 2 – Залежність напруги від зовнішнього опору

Максимальна потужність, яка може бути отримана від такої батареї при малому опорі 1 – 20 Ом має величину 0,2 – 1,5 Вт, а при значних опорах вона падає до величини менше 0,1 Вт (рис. 3).

Такі параметри можливо отримати від даної батареї при прямому сонячному випромінюванні, при штучному випромінюванні параметри (струм і потужність) складають 30 – 50 % від потужності сонячного випромінювання.

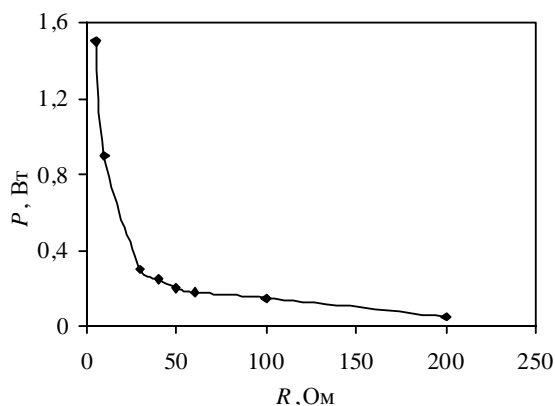


Рис. 3 – Залежність потужності від зовнішнього опору

На основі досліджених електродних матеріалів в роботі [3] визначено, що найбільшу деполяризуючу дію на баланс напруги отримання водню має використання цинкового аноду та катода з нікелю або титану ВТ6.

Напруга електролізу (рис. 4, кр. 1) змінюється від $U = 0,1$ до $0,6$ В, що менше на $1,2 - 1,5$ В у порівнянні зі зміною напруги при лужному електролізі на ОРТА анодах [1]. При зростанні густини струму майже лінійно зростає і напруга на електролізері.

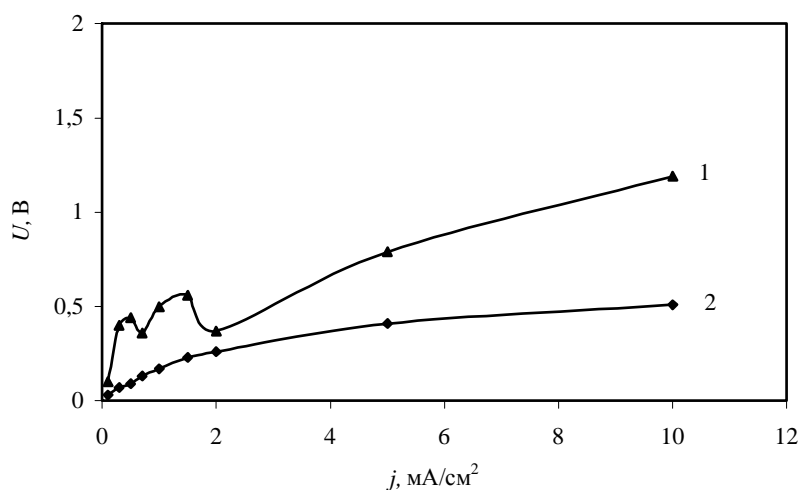


Рис. 4 – Баланс напруги електролізу при використанні сонячної батареї з різними парами електродів: 1 – катод ВТ-6, анод – Zn; 2 – катод Ni, анод – Zn.

Також показана зміна балансу напруги на електролізері електросинтезу водню (рис. 4) в 3 % розчині NH_4Cl , в якому катода брали зі сплаву ВТ-1, а анодами були електроди з цинку (кр. 2).

При використанні цинку напруга на електролізері зменшується до величини $U = 0,5 - 1$ В, що пов'язано з ефектом деполяризації анодної реакції. В розчині NH_4Cl на цинковому аноді замість виділення кисню протікає реакція розчинення цинку, що дає можливість зменшення витрат енергії до 50 %.

Стабілізація густини струму викликає також і стабілізацію балансу напруги з незначними коливаннями $\Delta U = 0,1 - 0,2$ В (рис. 5).

Використання сонячних джерел струму не впливає на режими електросинтезу водню, а тому на основі таких залежностей можливо зробити висновок, що при використанні відновлюваних джерел енергії можливо вести гальваностатичний електросинтез водню при напрузі $U = 0,4 - 0,9$ В та густинах струму від $(1 - 1,5)$ А/дм².

На основі проведених досліджень рекомендується електрохімічний модуль синтезу водню з подальшим його спалюванням, схема якого приведена на рис. 6. Він складається з: джерела струму на сонячній енергії (1), акумулятора (2), камери спалювання водню (3), електролізера отримання H_2 (4) і ємності утилізації розчину $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}_2$ (5). Отримання тепла відбувається шляхом подачі електричної енергії на електроліз від сонячної батареї або енергії накопиченої в акумуляторі.

Отриманий водень подається на очистку від вологи, а потім до камери спалювання. Продукти спалювання H_2 виводяться в навколишнє середовище. Відпрацьований розчин амонійних солей цинку збирають и регенерують у вигляді цинкового порошку, використовують повторно в якості аноду.

В даному модулі за рахунок деполяризації анодної реакції кисень не виділяється, що збільшує екологічну безпеку процесу. Даний модуль отримання екологічно безпечного тепла має велику перспективу використання в побутових умовах.

Розрахунки витрат електроенергії на отримання тепла свідчать, що при використанні 1 А·год ємності електролізом з деполяризацією отримують $0,5 \text{ дм}^3 H_2$.

Можливо вести гальваностатичний електросинтез водню при напрузі $U = 0,4 - 0,9 \text{ В}$ та густинах струму від 1 А/дм^2 до $1,5 \text{ А/дм}^2$. Витрати цинку для реалізації цього процесу складають $1,3 - 1,4 \text{ г/Вт·год}$.

Враховуючи ці показники, використання сонячних батарей при електросинтезі водню з деполяризацією анодного процесу, дає змогу отримати екологічно безпечно тепло з економією майже 50 % затрат матеріалів та електроенергії

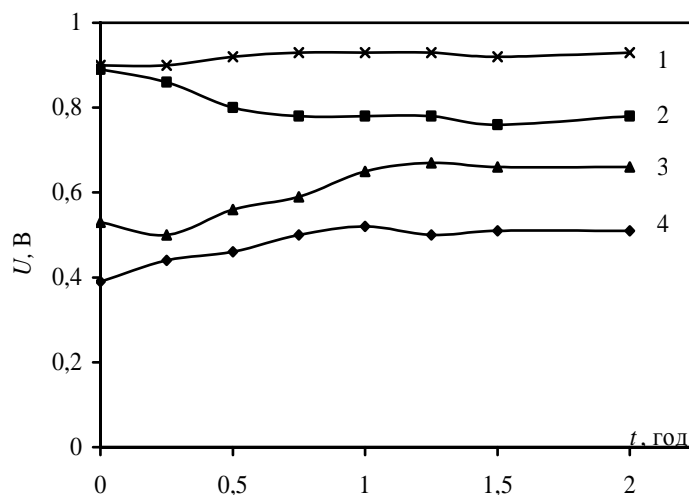


Рис. 5 – Зміна напруги електролізу у часі при синтезу водню з різними парами електродів: 1 – катод ВТ-6, анод – ЦАМ; 2 – катод ВТ-6, анод – Zn; 3 – катод Ni, анод – ЦАМ; 4 – катод Ni, анод – Zn.

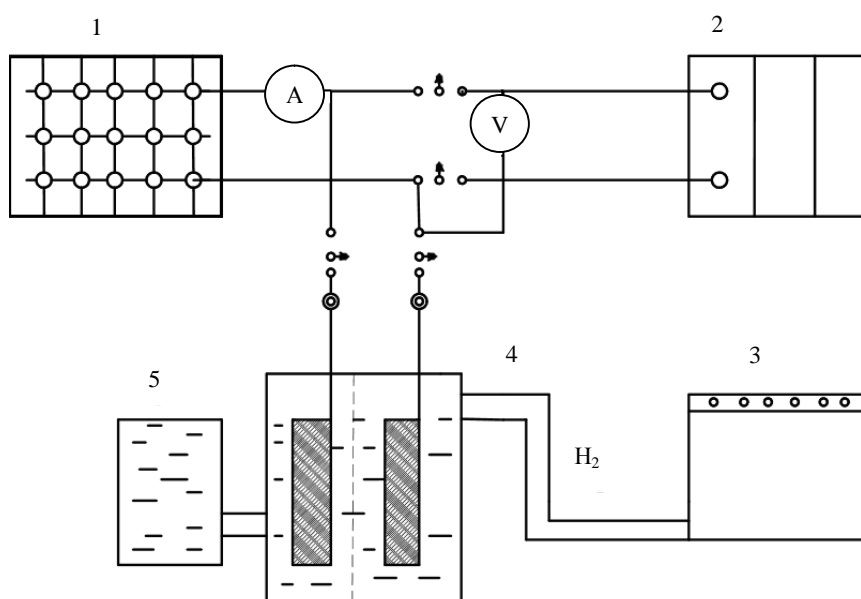


Рис. 6 – Схема отримання і спалювання водню: 1 – сонячна батарея; 2 – акумулятор; 3 – камера спалювання H_2 ; 4 – електролізер; 5 – ємність для відпрацьованого розчину.

Висновки.

Встановлена можливість використання відновлюваних джерел енергії в електросинтезі водню без виділення кисню.

Електросинтез водню з деполаризацією анодного процесу цинком та його сплавами дає змогу заощаджувати електроенергію на 30 – 50 %.

Запропоновано модуль електросинтезу водню в електрохімічному реакторі без діафрагми та без виділення кисню.

Відсутність виділення кисню робить даний процес більш безпечним.

Список літератури

1. Козин Л. Ф. Современная энергетика и экология. Проблемы и перспективы / Л. Ф. Козин, С. В. Волков. – К.: Наукова думка, 2006. – 772 с.
2. Байрачний Б. І. Перспективи використання сонячних батарей у водневій енергетиці для автономного забезпечення тепловою енергією / [Б. І. Байрачний, Г. Г. Тульський, Ю. А. Желавська та інші] // Відновлювана енергетика. – 2015. – № 1. – С. 11 – 14.
3. Байрачний Б. І. Дослідження впливу природи електродного матеріалу на параметри електросинтезу водню / Б. І. Байрачний, Ю. А. Желавська, О. В. Вороніна // Вісник НТУ «ХП». – 2016. – № 35. – С. 65 – 71.
4. Манилевич Ф. Д. Закономерности выделения водорода на гладком и поверхностно структурированном кобальте /

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Використання відновлюваних джерел енергії в електросинтезі водню без виділення кисню / Б. І. Байрачний, Ю. А. Желавська, Л. М. Бондаренко, Н. О. Руденко, С. Г. Желавський // Вісник НТУ «ХП». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХП», 2017. – № 49 (1270). – С. 5 – 9. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0821.

Использование возобновляемых источников энергии в электросинтезе водорода без выделения кислорода / Б. И. Байрачный, Ю. А. Желавская, Л. Н. Бондаренко, Н. О. Руденко, С. Г. Желавський // Вісник НТУ «ХП». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХП», 2017. – № 49 (1270). – С. 5 – 9. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0821.

Use of renewable energy sources in the hydrogen electrosynthesis without oxygen release / B. I. Bairachnyi, Y. A. Zhelavska, L. M. Bondarenko, N. O. Rudenko, S. G. Zhelavskiy // Bulletin of NTU “KhPI”. – Series: Chemistry, chemistry technology and ecology. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – No 49 (1270). – P. 5 – 9. – Bibliogr.: 4 names. – ISSN 2079-0821

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Байрачний Борис Іванович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технічної електрохімії; тел.: (095) 415-18-22, e-mail: bb-i@ukr.net

Байрачний Борис Іванович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры технической электрохимии, тел.: (095) 415-18-22, e-mail: bb-i@ukr.net

Bairachnyi Boris Ivanovych – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Professor at the Department of Technical electrochemistry, tel.: (095) 415-18-22, e-mail: bb-i@ukr.net

Ф. Д. Манилевич, А. И. Лысогор, Л. Ф. Козин // Український хімічний журнал. – 2014. – № 4. – С. 103 – 111.

References (transliterated)

1. Kozin L. F., Volkov S. V. Sovremennaja jenergetika i jekologija. Problemy i perspektivy [Modern energy and ecology. Problems and prospects]. Kiev, Naukova dumka Publ., 2006. – 772 p.
2. Bajrachnij B. I., Tul'sky H. H., Zhelavska Yu. A., Bajrachnij V. B., Oliynyk O. A. Perspektivy vykorystannya sonyachnykh batarey u vodnevij enerhetytsi dlya l'avtonomnoho zabezpechennja teplovoju enerhijeyu [Prospects for the use of solar batteries in hydrogen energy for autonomous heat supply]. Vidnovlyuvana enerhetyka, 2015, No 1, pp. 11 – 14.
3. Bajrachnij B. I., Zhelavska Yu. A., Voronina E. V. Doslidzhennja vplyvu pryrody elektrodnoho materialu na parametry elektrosyntezy vodnyu [Study of the influence of electrode material nature on the parameters of the hydrogen electrosynthesis]. Visnyk NTU “KhPI” [Bulletin of the National Technical University “KhPI”], Kharkov, NTU “KhPI” Publ., 2016, No 35, pp. 65 – 71.
4. Manilevich F. D., Lusogor A. I., Kozin L. F. Zakonomernosti vydelenija vodoroda na gladkom i poverhnostno strukturirovanom kobal'te [Hydrogen evolution patterns on smooth and superficially structured cobalt]. Ukrainian Chemistry Journal, 2014, No 4, pp. 103 – 111.

Надійшла (received) 17.01.18

Желавська Юлія Анатоліївна – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», науковий співробітник кафедри технічної електрохімії; тел.: (095) 773-68-50, e-mail: iu-lia@ukr.net

Желавская Юлия Анатольевна – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковских политехнический институт», научный сотрудник кафедры технической электрохимии, тел.: (095) 773-68-50, e-mail: iu-lia@ukr.net

Zhelavska Yulia Anatolyivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, scientific researcher at the Department of Technical electrochemistry; tel.: (095) 773-68-50, e-mail: iu-lia@ukr.net

Бондаренко Людмила Миколаївна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», науковий співробітник кафедри Технічної електрохімії; тел.: (099) 548-53-28; e-mail: bb-i@ukr.net

Бондаренко Людмила Николаевна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», научный сотрудник кафедры Технической электрохимии; тел.: (099) 548-53-28; e-mail: bb-i@ukr.net

Bondarenko Lyudmila Mykolaiivna – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, researcher at the Department of Technical electrochemistry; tel.: (099) 548-53-28, e-mail: bb-i@ukr.net

Руденко Наталія Олександрівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант; тел.: (050) 920-85-28; e-mail: bb-i@ukr.net

Руденко Наталия Александровна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», аспирант; тел.: (050) 920-85-28; e-mail: bb-i@ukr.net

Rudenko Nataliia Olexandrivna – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, postgraduate student; tel.: (050) 920-85-28, e-mail: bb-i@ukr.net

Желавський Сергій Григорович – кандидат технічних наук, директор науково-виробничої фірми «Нові технології для бізнесу»; тел.: (050) 597-59-82; e-mail: iu-lia@ukr.net

Желавский Сергей Григорьевич – кандидат технических наук, директор научно-производственной фирмы «Новые технологии для бизнеса», тел.: (050) 597-59-82, e-mail: iu-lia@ukr.net

Zhelavskiy Sergiy Grygorovych – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), general manager at research and production company “New technologies for business”; tel.: (050) 597-59-82, e-mail: iu-lia@ukr.net