

Міністерство освіти і науки України

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»



«ТАК»

Телекомунікації, автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані та інформаційні технології

Збірка доповідей Всеукраїнської науково-практичної
конференції молодих учених
(Луцьк, 1 грудня 2022 р.)

Луцьк
ДВНЗ «ДонНТУ»
2022

Рекомендовано до видання Вченою радою ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Редакційна колегія:

Вікторія Воропаєва, к.т.н., проф., в.о. проректорки з науково-педагогічної роботи ДонНТУ;

Гліб Ступак, ст. викл. кафедри автоматики та телекомунікацій, керівник мережної академії Cisco ДонНТУ, голова клубу підприємництва YEP!Club DNTU;

Едуард Петелін, к.т.н., доц., декан факультету комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації ДонНТУ;

Валерій Поцєпаєв, к.т.н., доц., в.о. завідувача кафедри автоматики та телекомунікацій ДонНТУ;

Олександр Вовна, д.т.н., проф., академік Академії Метрології України, завідувач кафедри електронної техніки, ДонНТУ;

Анатолій Зорі, д.т.н., проф., професор кафедри електронної техніки ДонНТУ;

Олександр Колларов, к.т.н., доц., завідувач кафедри електричної інженерії ДонНТУ;

Семен Батир, к.т.н., провідний інженер-розробник Ring Ukraine;

Володимир Ставицький, к.т.н., інженер-програміст вбудованих систем, ТОВ «РЗА СИСТЕМЗ».

Відповідальність за зміст, новизну та оригінальність наданого матеріалу несуть автори.

Т 15 **«ТАК»:** телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології: зб. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, 1 грудня 2022 р. / ДВНЗ «ДонНТУ»; відп. ред. Г.В. Ступак. – Луцьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2022. – 110 с.

До збірника увійшли матеріали доповідей, представлених на Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених «ТАК»: телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології. Конференція проводилася кафедрою автоматики та телекомунікацій (АТ) ДВНЗ «Донецький національний технічний університет».

У збірнику представлені результати досліджень та розробок молодих вчених із технічних вузів та наукових закладів України.

Збірник призначений для викладачів, аспірантів і студентів вищих технічних навчальних закладів, а також фахівців з телекомунікацій, автоматизації, інформаційних та комп'ютерно-інтегрованих технологій, електротехніки та електромеханіки.

УДК 621.39+681+004

© ДВНЗ «ДонНТУ», 2022

ВІДНОВЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІСЛЯ КОНТАКТУ З ВОДНЕМ

*Любименко О.М., к.ф.-м.н., доц. e.n.lyubimenko@gmail.com
Донецький національний технічний університет, Луцьк, Україна*

Паливні елементи - це електрохімічні пристрої, що використовують водень, моноксид вуглецю або газоподібні органічні палива та кисень повітря для виробництва електричної та теплової енергії [1]. Крім того, в паливних елементах немає рухомих частин і мінімізована роль спалювання палива, що робить процес безшумним та екологічно чистим. Промисловість все більше використовує енергоустановки з паливними елементами, та виділяють три напрямки [1]:

- 1) стаціонарна енергетика: енергетичні установки для централізованого та розподіленого електро- та теплопостачання, джерела безперебійного живлення;
- 2) транспортна енергетика: енергетичні установки транспортних засобів, допоміжні силові установки;
- 3) портативна енергетика: джерела струму мобільних пристроях, зарядні пристрої, живлення різноманітних допоміжних пристроїв тощо.

В паливних елементах водень є одним з кращих видів палива із-за його фізико-хімічних властивостей. В Україні використання водневих технологій допоможе вирішити існуючі виклики для енергосистеми України, а саме:

- балансування енергосистеми;
- надійне енергопостачання;
- довгострокове зберігання відновлюваної енергії;
- перенесення добових та навіть сезонних змін попиту на електроенергію.

Застосовування в водневій енергетиці генераторів водню (електролізерів) та паливних елементів неуклінно зростає. Одним з основних елементів таких пристроїв є селективна протонпровідна мембрана. Тому цікаво провести дослідження водневопровідності мембран в апаратах водневої енергетики. В паливних елементах мембранний електродний блок (МЕБ) (рис.1), включає протонпровідну мембрану (ППМ), анод та катод, покритий шарами каталізатора (СК), газодифузійні шари (ГДС) [3].

На рис. 1 представлена схема процесів міграції газів і парів у водневому паливному елементі, що включає мембранний каталізатор. Тут процес 1 - зворотна дифузія води в ППМ від катода до аноду; процес 2 – проникнення водню від аноду до катода без електрохімічного окиснення; процес 2.1 - проникнення водню від анода до катода з електрохімічним окисненням, з одночасним проникненням кисню (процес 3) та викликаного їм генерацією води (процес 4), процес 1.1 - проникнення кисню в ППМ (процес 3), що супрово-

джується реакцією з воднем з утворенням води (процес 1.1), процес 5 - проникність азоту [3]. Інші присутні в атмосфері та паливі гази, такі як He, CO, CO₂, NH₃ та H₂S, також існують у паливному елементі.

Для того щоб забезпечити послідовну роботу системи паливних елементів необхідно додатково контролювати показниками температури та керувати потоком тепла. В залежності від типу паливного елемента, оптимальна температура може коливатися від кімнатної температури (+25 °C) до 1000 °C [4], і будь-яке відхилення від заданого діапазону температур може призвести до зниження ефективності паливного елемента.

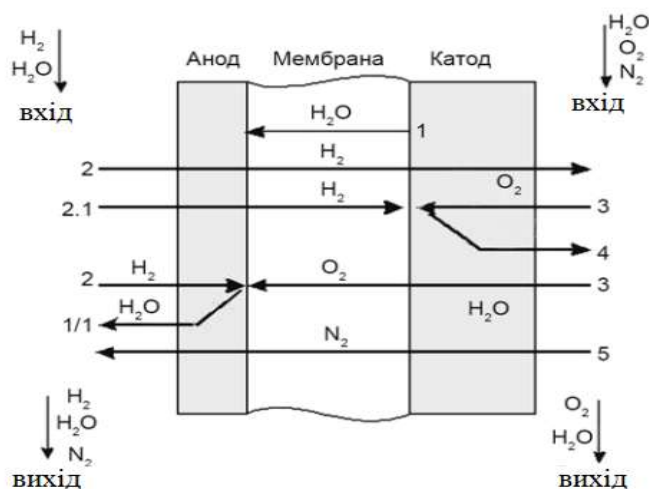


Рисунок 1 – Структурна схема процесів масопереносу у мембранному електродному вузлі [3].

Температура в паливному елементі не є однорідною, навіть коли є постійний газовий потік в каналах. Це відбувається за рахунок теплопередачі [5-7] від газу до поверхні елемента, а для певних типів паливних елементів - фазової зміни реагентів або продуктів. Для точного прогнозування температурно-залежних параметрів, а також швидкості реакції і транспортування необхідно точно визначити розподіл температури і тепла.

Конвективний теплообмін відбувається між поверхнею твердого тіла і газовими потоками, а провідний теплообмін відбувається в твердій та пористій структурах, в результаті чого формується градієнтний сплав водень - матеріал, зі змінними по перерізу властивостями [5-8] та зміною форми металу в результаті насичення воднем та зміни температури.

Приклад такої зміни форми зафіксовано експериментально в водородо-вакумній установці [5], та отримано залежності зміни форми від часу. Було показано [6-8], що при односторонньому насиченні воднем в умовах, відповідних α - області на діаграмі стану системи Pd-H, пластина зазнає вигин в два етапи.

На першому етапі вигин пластини розвивається досить швидко і максимальна стріла прогину досягається за 10-20 с. При цьому збільшення тиску

водню викликає досить сильне зростання максимального вигину пластини, так що при $P_{H2} = 0,43 \text{ МПа}$ стріла прогину досягає 10 мм.

На другому етапі насичення воднем пластина повільно розпрямляється. При цьому досягається або практично повна оборотність вигину, або має місце невеликий залишковий (стаціонарний) вигин.

У даній роботі була поставлена задача вивчити вплив додаткового вмісту водню на закономірності і масштаби формозміни паладієвої пластини для виготовлення паливного елемента при її односторонньому насиченні воднем.

В результаті дослідження встановлено експериментальні закономірності індукованого воднем формозмінення паладієвої пластини, визначено, що при насиченні воднем в металі формується тимчасовий градієнтний матеріал «метал-водень» і завжди виникають водневі концентраційні напруження. Це в свою чергу забезпечує ефективне планування та визначення часу проникнення водню в метал. Допомогає контролювати зміну форми та дозволяє регулювати режими роботи паливного елемента. Визначено, що максимальний вигин пластини відбувається при постійній температурі, та визначається двома фундаментальними властивостями системи Pd-H, а саме, коефіцієнтом дифузії і рівноважної розчинності водню в паладії. Проте при зміні температури змінюється коефіцієнт дифузії водню в паладії і рівноважна концентрація водню в паладії, що обумовлює температурну залежність остаточного вигину ($y_{\min}$) пластини та його змінення (як зростання так і зменшення) при її односторонньому насиченні воднем.

Наукова новизна полягає у використанні відомого матеріалу паладію, який при контакті з воднем стає тимчасовим градієнтним сплавом зі змінними фізичними властивостями. Встановлено, що теплообмін в пластині і енергетична рівновага навколо пластини базуються швидкості на теплового потоку, що виникає під час реакцій в паливних елементах і втратах тепла, які відбуваються в паливному елементі.

Література

1. <http://www.inenergy.education/articles/bazovaya-informatsiya/chto-takoe-toplivnyy-element/>
2. Бекман И.Н., Бессарабов Д.Г., Бунцева И.М. Ватематическое и программное обеспечение экспериментов по изучению нестационарной водородопроницаемости мембран, используемых в мембранных электролизерах и водородных топливных элементах. Альтернативная энергетика и экология (ISJAE). 2015;(21):55–69. <https://doi.org/10.15518/isjaee.2015.21.007>
3. Герятовіч М. В. Вітро–сонячний комплекс з воднево акумулюючої установкою // Радіоелектроніка, електротехніка та енергетика. Т. 3: 13 Міжнар. наукова технічна конф. студентів і аспірантів, Москва, 1–2 березня 2007: Додати тез. доп. – М., 2007. №3. С. 353
4. Гольцов В. А. Установка, методика и результаты исследования водородоупругой деформации палладиевой пластины / В. А. Гольцов, Е. Н. Любименко, Ж. Л. Глухова // Физико–химическая механика материалов. – 2009. – Т. 45, № 5. – С. 55–60.

5. Любименко О. М. Експериментальне дослідження поведінки пластини з паладію при додатковому насиченні воднем при 150 °С. // Фізика і хімія твердого тіла. – 2015 – Т. 16, № 3. – С.549 – 552.
6. Гольцова М.В., Экспериментальные закономерности и феноменологическая модель формоизменения палладиевой пластины при ее одностороннем насыщении водородом // Альтернативная энергетика и экология. –2014. –№ 1. –С. 152–166.
7. Водородные концентрационные напряжения: термодинамическое описание и математическое моделирование / Ж. Л. Глухова, В. А. Гольцов, Т. А. Щеголева, Е. Н. Любименко // Металлофизика и новейшие технологии. – 2009. – Т. 31, № 3. – С. 333–342.
8. Любименко Е. Н. Формоизменение палладиевой пластины, индуцированное водородом / Е. Н. Любименко // Физико–химическая механика материалов. – 2012. – Т. 48, № 1. – С. 83–88.

Анотація

Виконанні дослідницькі роботи по визначенню впливу на паливні елементи температури та зміни форми елементів (пластини) при контакті з воднем. Підтверджено, що формозміна пластини з градієнтного сплаву α -PdH_n розвивається в два етапи. В результаті дослідження встановлено експериментальні закономірності індукованого воднем формозмінення паладієвої пластини, визначено, що при насиченні воднем в металі формується тимчасовий градієнтний матеріал «метал-водень» і завжди виникають водневі концентраційні напруження. Визначено, що максимальний вигин пластини відбувається при постійній температурі, та визначається двома фундаментальними властивостями системи Pd-H, а саме, коефіцієнтом дифузії і рівноважної розчинності водню в паладії. Проте при зміні температури змінюється коефіцієнт дифузії водню в паладії і рівноважна концентрація водню в паладії, що обумовлює температурну залежність остаточного вигину ($y_{\min}$) пластини та його змінення (як зростання так і зменшення) при її односторонньому насиченні воднем.

Ключові слова: паливний елемент, температура, дифузія, формо змінення, температура, водень.

Abstract

Performing research to determine the effect of temperature on fuel cells and changes in the shape of the elements (plates) in contact with hydrogen. It is confirmed that the deformation of the α -PdH_n gradient alloy plate develops in two stages.. It is determined that the maximum bending of the plate occurs at a constant temperature, and is determined by two fundamental properties of the Pd-H system, namely, the diffusion coefficient and equilibrium solubility of hydrogen in palladium. However, when the temperature changes, the diffusion coefficient of hydrogen in palladium and the equilibrium concentration of hydrogen in palladium change, which determines the temperature dependence of the final bending ($u_{\min}$) of the plate and its change (both increase and decrease) with unilateral hydrogen saturation.

Key words: fuel cell, temperature, diffusion, form of change, temperature, hydrogen.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1 «Інформаційні технології, телекомунікації та кібербезпека».....	3
ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СЕРЕДОВИЩА МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ Жабко О.С., Воропаєва А.О.....	4
АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ Єжова Є.О.....	7
АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В КРИПТОГРАФІЧНОМУ ЗАХИСТІ ІНФОРМАЦІЇ Нікітенко А.О.....	11
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ КОМПЕТЕНЦІЙ МЕНЕДЖЕРІВ У ДИНАМІЧНОМУ БІЗНЕС СЕРЕДОВИЩІ Бекетова А.П.....	15
РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ З ВБУДОВАНОЮ МОДЕЛЛЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ Хома Д.Ю., Ануфрієв П.О.....	18
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ VPN РІШЕНЬ ДЛЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ОБ'ЄКТАМИ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ Садовніченко М.В., Воропаєва В.Я.....	22
ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ГОЛОСОВОГО ОПОВІЩЕННЯ ПРО НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ Савьолкова Д.О., Воропаєва А.О.....	25
ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО МЕРЕЖІ ПРИФРОНТОВОГО МІСТА Гринчій В.С., Воропаєва А.О....	28
АНАЛІЗ АРХІТЕКТУР НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ Жуковська Д.О.....	31
ІМІТАЦІЙНЕ КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ Любименко О.М., Штепа О.А.	35
СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВІРТУАЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА MOODLE НА БАЗІ SCORM КОМПОНЕНТ М. Луценко, Є. Башков.....	38
БЕЗПРОВІДНІ КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ РОЗГОРТАННЯ МЕРЕЖІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ І СТАНДАРТИ СУМІСНОСТІ ІОТ Гусак М.О.....	41
ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ Голдін О.М., Теличко Г.О.....	44
СЕКЦІЯ 2 «Електроніка, радіоелектронні пристрої»	48
ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ Циплаков С.О., Шейна Г.О.....	49
ВСТАВКИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ Черноус Д.В.	52

СЕКЦІЯ 3 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології».....	55
ІНТЕГРАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ДИФУЗІЙНИМ ВІДДІЛЕННЯМ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ Зігунов О.М., Заїка В.І., Стеценко Д.О.,	56
ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ NODE-RED ДЛЯ ЗАСТОСУНКІВ ПОТ Ступак М.В.	59
ТЕХНОЛОГІЇ RFID В КОНТЕКСТІ ВИРІШЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЗАДАЧ Ступак Г.В.	62
ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ОСНАСТКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕНДОПРОТЕЗУ КОЛІННОГО СУГЛОБА Мірошніченко О.В., Сергієнко В.А.....	65
РОЗРОБКА ВИМОГ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ АЕРОГАЗОВОГО ЗАХИСТУ НА ВУГІЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ Кайдаш Г.С., Вовна О.В.	69
ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВИМОГ ДО МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ УСТАНОВКИ НА СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТАХ Чигасов Я.О., Вовна О.В.	73
ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ СПАЛЮВАННЯ Моногаров Д.А., Вовна О.В.....	76
РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОПІЛОТУ АВТОМОБІЛЯ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ CARLA Сердюков Д.Ю., Назарова І.А.....	79
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ В АВТОКОЛИВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ Токарева О.В., Придятько Д.Р.....	82
ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ У ВИРІШЕННІ ЗАВДАНЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИПАРНИХ АПАРАТІВ Какоев А.А., Теличко Г.О.	85
АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ СФЕР ВИКОРИСТАННЯ М'ЯКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ Жарікова І.В., Придятько Д.Р.....	89
РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯМ ВІДДАЛЕНОГО СЕЛИЩА Романенков Д.О., Рогожин А.В.	92
СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯМ В ТЕПЛИЦЯХ НА БАЗІ ПРАВИЛ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ Григоренко Д.І., Теличко Г.О.	96
СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ШТУЧНИМ ДООСВІТЛЕННЯ ТЕПЛИЦЬ Ємашев Д.О., Теличко Г.О.....	99

СЕКЦІЯ 4 «Енергетика, електротехніка, електромеханіка та ВДЕ».....	102
ЗДІЙСНЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ ІЗ ВДЕ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ Остренко Д.О., Колларов О.Ю.....	103
ВІДНОВЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІСЛЯ КОНТАКТУ З ВОДНЕМ Любименко О.М.....	107

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**«ТАК»:
Телекомунікації, автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані та інформаційні технології**

Збірка доповідей Всеукраїнської науково-практичної
конференції молодих учених
(Луцьк, 1 грудня 2022 р.)

Редагування, коректура та комп'ютерна верстка *Гліб Ступак*

Формат 60x84/16.
Ум. друк. арк. 15,4
Тираж 300 прим.



Видавець та виготовлювач: Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», юридична адреса: пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, Донецька обл., 85300, фактична адреса: вул. Софії Ковалевської, 29, м. Луцьк, Волинська обл., 43012, Україна

Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта видавничої справи: серія ДК №4911 від 09.06.2015

