

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



*«Розвиток наукових засад отримання,
зберігання та використання водню в
системах автономного
енергозабезпечення»*

НАУКОВА ЗВІТНА СЕСІЯ



11 грудня 2019

Київ

ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ

**«Розвиток наукових засад отримання, зберігання та
використання водню в системах автономного
енергозабезпечення»**

**Голова наукової ради Програми –
академік НАН України Солонін Ю.М.**

**Голова робочої групи Програми –
чл.-кор. НАН України Стрижак П.Є.**

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ ЗВІТНОЇ СЕСІЇ ЦКП

***«Водень і паливні комірки в системах автономного
енергозабезпечення»***

ГОЛОВА КОМІТЕТУ Академік НАН України Солонін Ю.М.

Секретар робочої групи к.т.н. Єршова О.Г.

ЧЛЕНИ КОМІТЕТУ

І.І. Білан, к.ф.-м.н., зав.від;

Т.В.Гудименко, г.програм.;

Л.О. Ковальова інж. I кат;

В.І. Семенцов, зав.від.

РЕГЛАМЕНТ РОБОТИ

11 ГРУДНЯ 2019 р.

<i>10.00–10.15</i>	Відкриття сесії
<i>10.15–11.15</i>	Засідання секції
<i>11.15–11.45</i>	Кофе-брейк
<i>11.45–13.15</i>	Засідання секції
<i>13.15–14.00</i>	Обід
<i>14.00–15.15</i>	Засідання секції
<i>15.15–15.30</i>	Підведення підсумків, закриття сесії

ПРОГРАМА

11 ГРУДНЯ 2019 р.

10.00–10.15 ***Відкриття сесії.***

Вступне слово голови наукової ради Програми акад. НАН України Ю.М. Солоніна

10.15–11.15 **ЗАСІДАННЯ СЕКЦІЇ**

Головуючі:

Ю.М.Солонін(*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України*)

П.Є. Стрижак (*Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України*)

РОЗРОБЛЕННЯ НАУКОВИХ ЗАСАД ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ В УКРАЇНІ

Кудря С.О., Кузнєцов М.П., Морозов Ю.П.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України

15 хвилин

РОЗРОБИТИ ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ТА ПРОВЕСТИ РОЗРАХУНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІТРОВОЇ, СОНЯЧНОЇ І ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПРИКЛАДІ КОНКРЕТНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Морозов Ю.П., Кудря С.О., Кузнєцов М.П.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України

15 хвилин

ПІДВИЩЕННЯ ВИХОДУ БІОВОДНЮ У ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРОМИСЛОВІЙ УСТАНОВЦІ ОБ'ЄМОМ 240 л ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Говоруха В.М., Гаврилюк О.А., Таширевіч О.Б.

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

15 хвилин

СТВОРЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ МОДЕЛІ РЕАКТОРА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПЛАЗМОВО-ПАРОКИСНЕВОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ ДОННИХ МУЛІВ І ВИКОНАННЯ ОЦІНОК РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ В ОБ'ЄМІ РЕАКТОРА

Жовтянський В.А., Назаренко В.Г., Остапчук М.В.

Інститут газу НАН України

15 хвилин

Дискусія

Головуючі:**Дудник О.М.** (Інститут вугільних енерготехнологій НАН України)**Щур Д.В.** (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України)**ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРТАТИВНОГО КАТАЛІТИЧНОГО РЕАКТОРА ПАРОВОГО РИФОРМІНГУ БІОЕТАНОЛУ ДЛЯ РОБОТИ ВОДНЕВОЇ ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ****Трипольський А.І., Долгіх Л.Ю., Пятницький Ю.І., Столярчук І.Л., Старая Л.О., Стрижак П.Є.**

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

15 хвилин

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ З КОНВЕРСІЇ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ. СТВОРЕННЯ АВТОНОМНОЇ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ ВОДНЕВОЇ УСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГАЗИФІКАТОРА-ТРАНСФОРМЕРА, ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА НА ДВИГУНІ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ТА КОТЛА-УТИЛІЗАТОРА**Дудник О.М., Соколовська І.С.**

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України

15 хвилин

МЕТАЛОГІДРИДНІ АКУМУЛЯТОРИ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДАЧІ ВОДНЮ ДО ПАЛИВНИХ КОМІРОК**Мацевитий Ю.М., Авраменко А.М., Чорна Н.А.**

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

15 хвилин

ВИГОТОВЛЕННЯ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АНОДІВ-ПІДКЛАДОК ТОПК: КЕРАМІКИ СИСТЕМИ $ZrO_2-Y_2O_3-NiO$ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ІПМ НАНУ (СТРІЧКОВЕ ЛИТВО) ТА КЕРАМІКИ СИСТЕМИ $ZrO_2-Y_2O_3-NiO-CuO-Al_2O_3$ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ДФТІ НАНУ (СПІКАННЯ НАНОПОРОШКІВ). ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ ТА МІЦНОСТІ І ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ЗА ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО (ВОДЕНЬ) ТА ОКИСЛЮВАЛЬНОГО (ПОВІТРЯ) СЕРЕДОВИЩА. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ МАХ-ФАЗИ СТРУКТУРНОГО ТИПУ 211 ДЛЯ З'ЄДНУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТОПК НА ЇХ ЖАРОМІЦНІСТЬ, ВОДНЕВОТРИВКІСТЬ І ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ**Осташ О.П.⁽¹⁾, Василів Б.Д.⁽¹⁾, Подгурська В.Я.⁽¹⁾, Васильєв О.Д.⁽²⁾, Бродніковський Є.М.⁽²⁾, Полішко І.О.⁽²⁾, Даніленко І.А.⁽³⁾, Шило А.В.⁽³⁾, Пріхна Т.О.⁽⁴⁾, Свєрдун В.Б.⁽⁴⁾,**⁽¹⁾ Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,⁽²⁾ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,⁽³⁾ Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України⁽⁴⁾ Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

15 хвилин

ВИКОРИСТАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ВОДНЮ У МОТОТРАНСПОРТІ**Щур Д.В., Золотаренко Ан. Д., Золотаренко Ал. Д., Копилова Л.І.,****Шапошнікова Т.І.,⁽²⁾ Сагдієв М. С.**

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

⁽²⁾ ООО "АРГУС СЕРВИС", e-mail sagdiev@ukr.net

15 хвилин

Дискусія

14.00–15.15

ЗАСІДАННЯ СЕКЦІЇ

Головуючі:

Шевченко В.В. (Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України)

Єршова О.Г. (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України)

НАУКОВО-ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ ЦІЛЬОВОЇ ПРОГРАМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ «РОЗВИТОК НАУКОВИХ ЗАСАД ОТРИМАННЯ, ЗБЕРІГАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В СИСТЕМАХ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ»

Білан І.І., Левіна Д.А., Гудименко Т.В.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

15 хвилин

СТВОРЕННЯ ПРОТОНООБМІННИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПАЛИВНИХ КОМІРОК НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ МЕМБРАН І ОЛІГОМЕРНИХ ЙОННИХ РІДИН

Стрюцький О.В., Гуменна М.А., Клименко Н.С., Шевченко В.В.

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України

15 хвилин

РОЗРОБКА, ВИПРОБУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВОДНЮ З ВОДИ, А ТАКОЖ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРІВ ТА КАТАЛІТИЧНИХ ЧОРНИЛ ДЛЯ ПАЛИВНИХ КОМІРОК

Пірьський Ю.К., Манілевич Ф.Д., Панчишин Т.М., Данильцев Б.І., Куций А.В.

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

15 хвилин

ВІДПРАЦЮВАННЯ РЕЖИМІВ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНОЇ ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ МЕТОДОМ СТРИЧКОВОГО ЛИТТЯ

**Бродніковський Є.М.⁽¹⁾, Полішко І.О.⁽¹⁾, Лисуненко Н.О.⁽¹⁾, Іванченко С.Е.⁽¹⁾,
Бродніковський Д.М.⁽¹⁾, Чедрик В.І.⁽²⁾, Бродніковська І.В.⁽¹⁾, Барановський Д.І.⁽¹⁾,
В'юнов О.І.⁽³⁾, Коваленко Л.Л.⁽³⁾, Янчевський О. З.⁽³⁾,
Васильєв О.Д.⁽¹⁾, Рагуля А.В.⁽¹⁾, Білоус А.Г.⁽³⁾,**

⁽¹⁾Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,

⁽²⁾Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України,

⁽³⁾Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України,

15 хвилин

ПРОРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПО ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЇ ЗВАРНОГО ТОНКОСТІННОГО ГЕРМЕТИЧНОГО КОРПУСУ, ФОРМУВАННЮ ЙОГО ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ТА ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

Савицький М.М., Савицький О.М., Ващенко В.М., Шкрабальюк Ю.М.

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

15 хвилин

15.15-15.30

Підведення підсумків сесії.

Заключне слово голови наукової ради Програми академіка НАН України Ю.М. Солоніна

Заключне слово голови робочої групи Програми чл.-кор НАН України Стрижака П.Є.

Закриття сесії.

ПОСТЕРНА СЕСІЯ

(Доповіді експонуються 10⁰⁰ -15³⁰)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЛІЗНИХ СИСТЕМ ВИСОКОГО ТИСКУ ДЛЯ ГЕЛПОВІДНЕВИХ АВТОНОМНИХ УСТАНОВОК ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Соловей В.В., Зіпунніков М.М., Воробйова І.О., Семикін В.М.

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

СИНТЕЗ ЕЛЕКТРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ОКСИДІВ, ХАЛЬКОГЕНІДІВ, ВАНАДАТІВ МЕТАЛІВ ТА ГРАФЕНОПОДІБНИХ СПЛУК ДЛЯ ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ СИСТЕМИ З ОТРИМАННЯМ ВОДНЮ. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОМІРКИ З АКУМУЛЮВАННЯМ ВОДНЮ ТА ПОВІТРЯНИМ ЕЛЕКТРОДОМ

Русецький І.А., Данилов М.О., Фоманюк С.С., Щербакова Л.Г.⁽¹⁾, Патлун Д.В.⁽¹⁾, Колбасов Г.Я., Солонін Ю.М.⁽¹⁾

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України,

⁽¹⁾Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

МЕХАНОСИНТЕЗ ГІДРОУТВОРЮЮЧОГО СПЛАВУ Mg + 10 % ваг. Ni РЕАКТИВНИМ ПОМЕЛОМ СУМІШІ ПОРОШКІВ Mg І Ni ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ВОДЕНЬСОРБУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ТЕМПЕРАТУРИ І КІНЕТИКИ РОЗКЛАДУ
Єршова О.Г., Солонін Ю.М.

Інститут проблем матеріалознавства І.М. Францевича НАН України

СТВОРЕННЯ МН ЕЛЕКТРОДІВ З ЗАДАНИМ КОМПЛЕКСОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І ВИПРОБУВАННЯ ЇХ НА СУМІСНІСТЬ І ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАРЯДЖЕННЯ У ПАРІ З ФОТОАНОДОМ У ФЕХ КОМІРЦІ

Щербакова Л.Г., Патлун Д.В, Крапивка М.О., Грайворонська К.А., Солонін Ю.М.

Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України

СИНТЕЗ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ГІДРИДУ МАГНІЮ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Березовець В.В., Вербовицький Ю.В., Завалій І.Ю.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України

ПРОВЕДЕННЯ СТРУКТУРНИХ, ІМПЕДАНСНИХ ТА ЕЛЕКТРОННОМІКРОСКОПІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БАГАТОШАРОВИХ СИСТЕМ КЕРАМІЧНОГО ЕЛЕКТРОЛІТУ.

В'юнов О.І.⁽¹⁾, Коваленко Л.Л.⁽¹⁾, Янчевський О. З.⁽¹⁾, Білоус А.Г.⁽¹⁾, Полішко І.О.⁽²⁾, Бродніковський Є.М.⁽²⁾, Іванченко С.Е.⁽²⁾, Лисуненко Н.О.⁽²⁾, Бродніковський Д.М.⁽²⁾, Бродніковська І.В.⁽²⁾, Барановський Д.І.⁽²⁾, Бричевський М.М.⁽²⁾, Васильєв О.Д.⁽²⁾

⁽¹⁾ Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

⁽²⁾ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

ОДЕРЖАННЯ НА ОСНОВІ КАРБОНІЗОВАНИХ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ АЗОТВІСНИХ СПРЯЖЕНИХ ПОЛІМЕРІВ ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРІВ ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ ДЛЯ ПАЛИВНИХ КОМІРОК

Курись Я.І., Парійська О.О., Мазур Д.О., Кошечко В.Г., Походенко В.Д.

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

РОЗРОБЛЕННЯ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ КАТАЛІЗАТОРІВ ТА НОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ БІОГАЗУ З ОТРИМАННЯМ ВОДНЕВОГО ПАЛИВА ДЛЯ МОДУЛЯ КОНВЕРСІЇ МЕТАНУ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Кириєнко П.І., Капран А.Ю., Курилець Я.П., Ларіна О.В., Соловйов С.О.

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

ТЕЗИ ЗА ПРОЕКТАМИ

ЦІЛЬОВОЇ КОМПЛЕКСНОЇ ПРОГРАМИ
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ

*«Розвиток наукових засад отримання,
зберігання та використання водню в
системах автономного енергозабезпечення»*

ПІДВИЩЕННЯ ВИХОДУ БІОВОДНЮ У ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРОМИСЛОВІЙ УСТАНОВЦІ ОБ'ЄМОМ 240 л ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Говоруха В.М., Гаврилюк О.А., Таширев О.Б.

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ, 03143, vira-govorukha@ukr.net

Багатокомпонентні харчові відходи, що постійно накопичуються та становлять екологічну загрозу, є постійно поновлюваним дешевим та перспективним субстратом для зброджування з отриманням водню [1, 2].

Біотехнології отримання молекулярного водню при деструкції органічних сполук мають найбільший промисловий потенціал, оскільки забезпечують одночасне вирішення одночасно двох стратегічних проблем: отримання у промислових масштабах екологічно чистого енергоносія H_2 ; швидка деструкція великих об'ємів токсичних відходів, що попереджає їх накопичення на звалищах та забезпечує біоремедіацію забруднених територій [2, 3, 4]. Проте для широкомасштабного впровадження такої біотехнології необхідне проведення додаткових досліджень для встановлення закономірностей перебігу водневого зброджування органічних сполук та оптимізації процесу.

Тому метою роботи була оптимізація інженерно-технологічних показників зброджування відходів у експериментально-промисловій установці об'ємом 240 л для підвищення ефективності виходу біоводню та деструкції відходів.

Для ефективного масштабування процесу та досягнення високого виходу молекулярного водню необхідним є дослідження динаміки зброджування відходів у експериментально-промисловій установці об'ємом 240 л. Це дозволило встановити та оптимізувати основні інженерно-технологічні параметри ферментації. Так, було оптимізовано ключові параметри: співвідношення твердої (відходи) та рідкої (вода) фаз – 1:4; режим масообміну ферментаційної суміші (тривалість перемішування та паузи) – 0,5 хв. перемішування / 60 хв. паузи; склад суміші відходів – збільшення вмісту вуглеводовмісних відходів.

В результаті їх оптимізації досягнуто великий вихід водню $V_{H_2} = 45$ л/кг відходів та високу ефективність деструкції відходів ($K_d = 86$). За таких умов тривалість ферментації (T) була суттєво зменшена лише до 1,5 доби.

Таким чином, оптимізація ключових параметрів ферментації дозволила отримати результати, перспективні для промислового масштабування та розвитку біотехнології отримання молекулярного водню за деструкції екологічно небезпечних багатокомпонентних харчових відходів.

Yasin N. Food waste and food processing waste for biohydrogen production: A review / N. Yasin, T. Mumtaz, M.A. Hassan, N. Abd Rahman // Journal of Environmental Management. – 2013. – 130. – P. 375-85.

Paritosh K. Food Waste to Energy: An Overview of Sustainable Approaches for Food Waste Management and Nutrient Recycling / K. Paritosh [et al.] // BioMed Research International. – 2017. – 2. – P. 1-19.

Saratale G.D., Chen S-D, Lo Y-C, Saratale RG, Chang J-S. Outlook of biohydrogen production from lignocellulosic feedstock using dark fermentation – a review / G.D. Saratale [et al.] // JSIR. – 2008. – 67(11). – P. 962-979.

Ghimire A. Effects of operational parameters on dark fermentative hydrogen production from biodegradable complex waste biomass / A. Ghimire [et al.] // Waste Management. – 2016. – 50. – P. 55-64.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЛІЗНИХ СИСТЕМ ВИСОКОГО ТИСКУ ДЛЯ ГЕЛІОВОДНЕВИХ АВТОНОМНИХ УСТАНОВОК ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Соловей В.В., Зіпунніков М.М., Воробйова І.О., Семикін В.М.

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України,
61046, м. Харків, вул. Пожарського, 2/10,
solovey@ipmach.kharkov.ua, zipunnikov_n@ukr.net, vorobjova_i@ukr.net,
semikin_vm@ukr.net

Проектом передбачено дослідження водневого генератора з електроживленням від фотоелектричного перетворювача і визначення енергетично обґрунтованих режимів генерації водню та кисню для удосконалення конструктивних і технологічних параметрів безмембранних електролізних систем високого тиску і підвищення експлуатаційної ефективності геліоводневих установок.

На першому етапі проекту проведено теоретичні дослідження щодо перспектив сонячної електрогенерації як складової загальносвітової енергетики та щодо визначення потенційних можливостей виробництва водню з урахуванням середньорічної інсоляції по Україні. Аналіз світових тенденцій розвитку геліоенергетики дозволяє зробити висновок про те, що цей екологічно чистий і відновлюваний вид енергетики в найближчому майбутньому стане одним з найголовніших джерел енергії.

Розроблено схеми підключення фотоелектричного перетворювача до електролізера високого тиску та визначено технічні характеристики основних базових елементів автономного сонячно-енергетичного комплексу. Розглянуто основні схеми розподілу потоків потужності через регулятор заряду – залежно від наявності або відсутності фотогенерації і співвідношення рівня генерації та рівня споживання.

З метою оптимізації процесів газовиділення та спрощення систем живлення електролізної установки проаналізовано та систематизовано результати експериментальних досліджень з застосуванням дискретно-імпульсної подачі струму для здійснення електрохімічних процесів. Отримані теоретичні значення напруг (від 0,384 В до 1,044 В) електрохімічних реакцій розкладання води в лужному електроліті дозволяють визначити фізичну природу виникнення характерних пологих областей на експериментальних циклограмах зміни напруги. Встановлено, що напруга початку генерації водню істотно нижче, ніж порогове значення газовиділення ($-0,44$ В) для електрохімічної реакції, що обумовлено гідролізом активної маси залізного електрода з утворенням відповідних гідроксоіонів (FeOH^{2+} , $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$) з одночасним окислювально-відновлювальним процесом.

Для підвищення продуктивності електролізера запропоновано збільшення послідовно з'єднаних електролізних модулів з пропорційним зростанням обсягів газів, які виділяються, і зниженням теплових втрат. Оптимальне регулювання процесу генерування газів на вимогу технологічного процесу або у випадках необхідності виведення в разі ремонту з електричного ланцюга окремих модулів без переривання процесу генерації газів повинно здійснюватись шляхом керування величиною струму в електричній системі згідно з встановленою зворотною пропорційною залежністю від кількості підключених модулів.

З метою підвищення напруги в системі живлення доцільно застосувати паралельно-послідовне включення монополярних електрохімічних комірок в електричну систему розробленої конструкції безмембранного електролізера водню високого тиску, шляхом відповідної комутації модулів, що дозволяє підвищити ефективність інверторних систем до 90-95%.

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ З КОНВЕРСІЇ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ.СТВОРЕННЯ АВТОНОМНОЇ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ ВОДНЕВОЇ УСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГАЗИФІКАТОРА-ТРАНСФОРМЕРА, ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА НА ДВИГУНІ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ТА КОТЛА-УТИЛІЗАТОРА

Дудник О.М., Соколовська І.С.

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України,
вул. Андріївська 19, м. Київ, aldudnyk2018@gmail.com

В результаті проведеного огляду та аналізу результатів з конверсії твердих органічних відходів, одержаних в Інституті вугільних енерготехнологій НАН України (ІВЕТ НАНУ), та закордонних новітніх рішень встановлено, що розроблені в ІВЕТ НАНУ технології газифікації твердих органічних відходів є ефективними, компактними, комерційно прийнятними та екологічно чистими технологіями для застосування в автономних когенераційних енергоустановах тепловою потужністю до 5 МВт.

Основною відмінністю конструкції нової енергоустановки ІВЕ НАНУ від традиційних піролізних котлів є розділення установки на два агрегати: газифікатор та котел. Це дозволяє використовувати одержаний газ не тільки для опалення, а й після очищення газу – для вироблення електроенергії в електрогенераторах з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) чи в електрохімічних генераторах на паливних елементах. Вдосконалено конструкцію існуючого в ІВЕТ НАНУ газифікатора-трансформера (ГТР) з використанням тангенційної подачі повітря в зону парціального окиснення для створення всередині ГТР вихрового потоку газів. Дослідження проводились з використанням відходів деревини (з вмістом вологи $W^a = 9,79\%$, легких $V^a = 73,31\%$, золи $A^a = 0,62\%$, фіксованого вуглецю $C_f^a = 16,25\%$), пеллет з відходів деревини ($W^a = 9,21\%$, $V^a = 85,22\%$, $A^a = 0,32\%$, $C_f^a = 5,25\%$) та шкарлупи грецьких горіхів ($W^a = 9,42\%$, $V^a = 70,09\%$, $A^a = 0,31\%$, $C_f^a = 21,18\%$).

Інтегровано газифікатор-трансформер ІВЕТ НАНУ в схему роботи твердопаливного котла (Колві Євротерм КТК, Україна, тепловою потужністю до 18 кВт) з використанням розробленого ежекційного пальника, який встановлюється в нижній частині котла, для спалювання збагаченого воднем синтез-газу чи водню для опалення з використанням на виході з котла димососу RR152-3030LH (Німеччина). За теплової потужності котла на опалення 18 кВт, коефіцієнту надлишку повітря 1,2 та температури відхідних димових газів 140 °С визначено основні характеристики спалювання збагаченого воднем синтез-газу, водню, вуглецю, відходів деревини, антрациту та кам'яного вугілля за витрат, кг/год: 17,7, 0,6, 2,0, 5,9, 2,7, 3,7, відповідно. Термічний ККД котла становив від 80 до 94 %. Вихід продуктів згоряння після спалювання синтез-газу та водню становив 30,0 та 21,4 $\text{нм}^3/\text{год}$, а вихід води після конденсації 4,2 та 5,1 $\text{кг}/\text{год}$, відповідно.

Для побудови когенераційної енергетичної установки використано паралельно-послідовну схему роботи пристроїв одержання теплової та електричної енергії з використанням теплових та електричних акумуляторів для ефективної роботи в маневреному режимі та збільшення ресурсу роботи основного енергетичного обладнання. В схему роботи енергоустановки можуть бути додані інші альтернативні джерела енергії.

В схемі електропостачання задіяний електрогенератор з ДВЗ Endress ESE 3200P електричною потужністю на бензині до 2,5 кВт, який модифіковано для роботи на збагаченому воднем синтез-газі. Електрогенератор спочатку запускається на бензині, а потім поступово бензин замінюється синтез-газом. Електрична потужність електрогенератора на синтез-газі становить від 1,3 до 1,7 кВт і залежить від витрат та складів як вихідних твердих органічних відходів, так і одержаного синтез-газу, а також від режимних характеристик роботи газифікатора і електрогенератора.

Використання розробленої в ІВЕТ НАНУ автономної когенераційної енергоустановки може забезпечити електрикою та теплом дві лабораторії ІВЕТ НАНУ чи будинок загальною площею до 200 м^2 .

РОЗРОБИТИ ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ТА ПРОВЕСТИ РОЗРАХУНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІТРОВОЇ, СОНЯЧНОЇ І ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПРИКЛАДІ КОНКРЕТНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Морозов Ю.П., Кудря С.О., Кузнєцов М.П.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
м. Київ-94, вул. Г.Хоткевича, 20А, geotherm@ukr.net

Проведено збір та аналіз технічних характеристик вітрових і сонячних електростанцій, а саме: вітроелектростанція (ВЕС) «Старий Самбор-1» потужністю 13,2 кВт, розташована у Львівській області, фотоелектростанція (ФЕС) потужністю 50 МВт, розташована у м. Токмак Запорізької області та ФЕС «Ремонтник» потужністю 110 кВт, розташована в Києві.

ВЕС «Старий Самбор-1» має такі технічні характеристики: встановлена електрична потужність – 13,2 МВт; склад основного обладнання – 4 x Vestas 112; річне виробництво електричної енергії – 38,0 млн. кВт-год; річний відпуск електроенергії – 37 млн. кВт-год.

ФЕС «Ремонтник» призначена для виробництва електричної енергії шляхом перетворення енергії сонячного випромінювання. Станція працює цілодобово в автоматичному режимі: при прямому або розсіяному сонячному випромінюванні фотоелектричні модулі починають генерувати електричну енергію.

Встановлена потужність ФЕС «Ремонтник» складає 105,56 кВт. Фотоелектричні модулі станції встановлюються на дахах двох власних будівель ТОВ «Ремонтник» загальною площею 1634,29 кв. м., а площа забудови дахів – 1147,4 кв. м.

ФЕС у м. Токмак єдина в Україні, що є частиною об'єднаної енергетичної системи, не тільки поставляючи електроенергію 6 районам Запорізької області, але й забезпечуючи транзит електроенергії через власну трансформаторну підстанцію, що підвищує, 10/150 кВ.

Було проведено збір метеоданих по вітру на Старосамбірській ВЕС помісячно з інтервалом в 10-хв. по напрямку і швидкості вітру на двох ВЕУ та по сонячній радіації на Токмакській ФЕС посезонно та помісячно з інтервалом в 30-хв., а також розроблено графіки залежності швидкості вітру та сонячного випромінювання від пори року. Дані будуть використані для розрахунків виробництва електроенергії при роботі сонячних та вітрових електростанцій для отримання техніко-економічних показників при розробці відповідних технологічних схем. Крім того, узагальнено дані гідро-геотермічних умов геотермальних родовищ Харківської, Полтавської, Львівської та Закарпатської областей України.

Визначено технологічні параметри роботи вищезгаданих вітрових і фотоелектричних станцій та розроблено схемне рішення застосування електролізерів для виробництва водню. Базовим генератором водню вибрано HySTAT-30 виробництва Hydrogenics Europe N.V. номінальною продуктивністю 30 Нм³/год. Він складається з електролізерів ІМЕТ та периферійного обладнання для безпечного отримання водню та кисню під тиском. Робота електролізера базується на унікальній технології неорганічного мембранного електролізу ІМЕТ, що забезпечує ефективно виробництво чистого водню та кисню при тиску 10 бар.

Розроблено технологічну схему виробництва електроенергії на вищезазначених ВЕС і ФЕС шляхом використання паротурбінної установки на киснево-водневій суміші з багаторазовим проміжним перегрівом пари та газотурбінній установці з використанням киснево-водневої суміші.

Використання геотермальних джерел енергії розглянуто в двох основних напрямках. Перший напрямок передбачає використання існуючих свердловин глибиною більше 3000 м для отримання електричної енергії шляхом використання термогенераторів та свердловинних електролізерів. Другий напрямок передбачає використання теплової енергії підземних прониклих шарів шляхом створення геотермальної циркуляційної системи. Для підвищення дебіту геотермальних свердловин розроблено технологічну схему використання електролізера високого тиску. При цьому використовується не тільки водень, отриманий шляхом електролізу води, а й кисень для підвищення енергетичних властивостей супутніх газів.

РОЗРОБЛЕННЯ НАУКОВИХ ЗАСАД ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ В УКРАЇНІ

Кудря С.О., Кузнєцов М.П., Морозов Ю.П.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
м.Київ, вул.Г.Хоткевича, 20А. renewable@ukr.net, ⁽¹⁾nik_ku@ukr.net

Обґрунтування можливих шляхів, етапів та кількісних показників впровадження технологій отримання водню з застосуванням відновлюваних джерел енергії, зокрема енергії вітру і сонця, потребує наукових засад та методологічного підґрунтя. Метою є використання водню як енергоносія в електроенергетичних системах різного рівня локалізації, а також як автономного джерела енергії в транспортних засобах та системах постачання теплової енергії. Крім стабільного забезпечення енергетичних потреб, застосування водню веде до мінімізації екологічної шкоди. Дослідження потенційних можливостей, очікуваних темпів розвитку та досяжних обсягів отримання водню на основі виробництва електроенергії сучасними сонячними та вітровими електростанціями дає змогу визначити екологічні та економічні показники в часовому вимірі, за притаманних різних регіонам України природних умов.

В Україні стан енергетики характеризується зношеністю інфраструктури, а баланс потужності енергосистеми – дефіцитом маневрених і регулюючих потужностей [1]. Тенденції сучасної енергетики спрямовані на прискорене зростання частки ВДЕ в енергобалансі. Сукупна потужність встановлених вітрових та сонячних електростанцій перевищила 3 ГВт, а розроблені проекти будівництва сягають десяти ГВт потужностей лише ВЕС та СЕС, переважно сконцентрованих в південних регіонах. Діюча енергосистема не здатна адекватно працювати за таких обсягів мінливої генерації. Локалізація енергосистем, зокрема з балансуванням на основі водню, зменшує потреби в міжрегіональних потоках електроенергії та загальних маневрових потужностях. Рациональним вирішенням є застосування акумулювання енергії з подальшим використанням для забезпечення енергетичного балансу. Іншою можливістю зберігання надлишкової відновлюваної енергії у вигляді водню є подача її в мережу природного газу. Водень з відновлюваної електроенергії дозволяє спрямовувати великі обсяги ВДЕ з енергетичного сектору в сектори, для яких електрифікація (і, отже, декарбонізація) є ускладненою. Отже, водень сприяє тіснішим зв'язкам між електроенергетичною системою та промисловістю, комунальним господарством і транспортом, збільшуючи рівень гнучкості енергосистеми при одночасному сприянні інтеграції ВДЕ. Перевагою водню як проміжного енергоносія є можливість його тривалого зберігання, що робить його привабливим саме для автономних енергосистем.

Вартість водню залежить від технології його отримання, а у випадку використання відновлюваних джерел енергії – від їх природного потенціалу. Вартість «зеленого» водню в окремих випадках зрівнюється з традиційними технологіями [2]. Сценарії розрахунку технічно досяжного потенціалу «зеленого» водню на базі ВДЕ (вітер, сонце) базуються на дослідженнях природного потенціалу України, виконаних міжнародними енергетичними агентствами (IRENA, IEA і ін. [3]), а також Інститутом відновлюваної енергетики НАН України. Існують можливості для створення на території України 500-700 ГВт потужностей на базі ВДЕ з середньорічним виробництвом електроенергії 1,5-2,2 млрд. МВт-год електроенергії, що в 10-15 разів перевищує річне споживання в Україні. Значні обсяги водню можуть бути спрямовані на декарбонізацію енергетики в цілому, комунальні потреби, транспорт, промисловість чи на експорт.

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року. *Джерело:* <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol>.
2. Hydrogen: A renewable energy perspective. International Renewable Energy Agency.
Джерело: <https://www.irena.org/publications/2019/Sep/Hydrogen-A-renewable-energy-perspective>.
3. The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities. Report prepared by the IEA for the G20, Japan.
Джерело: <https://www.iea.org/publications/reports/thefutureofhydrogen>.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРТАТИВНОГО КАТАЛІТИЧНОГО РЕАКТОРА ПАРОВОГО РИФОРМІНГУ БІОЕТАНОЛУ ДЛЯ РОБОТИ ВОДНЕВОЇ ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ

**Трипольський А.І., Долгіх Л.Ю., Пятницький Ю.І., Столярчук І.Л., Старая Л.О.,
Стрижак П.Є.**

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України,
проспект Науки, 31, Київ, 03028 Україна, atripolski@gmail.com

У зв'язку із зростанням глобального попиту на енергію та виснаженням джерел викопного палива все більшої актуальності набуває проблема створення нових технологій для виробництва електро- та теплоенергії з відновлюваних видів палива. Для сумісної генерації тепла та електроенергії з поновлюваних джерел можуть бути запропоновані різні шляхи. Одним з таких шляхів є виробництво водню з біоетанолу в поєднанні з паливними елементами, що привернуло значну увагу дослідників в останні роки [1–5]. В загальному вигляді типова схема когенерації енергії та тепла з біоетанолу складається з таких вузлів: реактор, заповнений катализатором парового риформінгу етанолу; реактор процесу водяного зсуву (WGSR) для забезпечення достатнього виходу H_2 та його очистки від CO; реактор вибіркового окиснення (CO-PROX) або селективного метанування оксиду вуглецю (CO-METH) для зниження вмісту CO у реформаті; паливна комірка [4,5]. Відповідно до типу паливної комірки кількість блоків WGSR, а також реакторів CO-PROX та CO-METH може варіюватись. Для забезпечення відповідності специфікаціям паливних елементів процеси виробництва водню спрямовуються на підвищення виходу H_2 , зниження вмісту CO та обмеження утворення відкладень вуглецю.

Даний проект спрямований на створення портативного реактора гетерогенно-каталітичної конверсії біоетанолу для його використання як енергоефективного генератора водню для автономної роботи водневих паливних комірок. На першому етапі проведено експериментальне дослідження та оцінка можливості одержання водню необхідної чистоти для роботи паливних комірок шляхом парового риформінгу біоетанолу на оксидних катализаторах -феритах $M^{II}Fe^{III}_2O_4$ ($M = Mg, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn$) зі структурою шпінелі. Ферити Mg, Mn і Fe здатні забезпечити повне перетворення етанолу (як модельної сполуки класу спиртів в складі кисневмісних сполук біосировини) при температурах 550-650°C, співвідношенні $H_2O/C_2H_5OH = 19$ і об'ємній швидкості подачі реакційної суміші 4000-5000 год⁻¹ (2,7 мол.% C_2H_5OH , 50 мол.% H_2O , решта - N_2) з виходом водню 82,3-94,6% при 550-650 °C. Показано, що утворення монооксиду вуглецю не спостерігалось до температури 500°C. При підвищених температурах CO зафіксовано на $NiFe_2O_4$ (550-700°C), $CoFe_2O_4$ (600-700°C) і $MnFe_2O_4$ (700°C).

Проведено технічну оцінку можливості отримання водню шляхом парового риформінгу біоетанолу для роботи паливного елемента з метою отримання електроенергії. Для роботи автономного каталітичного генератора водню необхідні додаткові витрати енергії на нагрів реакційної зони, що може бути здійснено різними методами з використанням біоетанолу як палива. Виконано розрахунок енергетичного балансу автономного каталітичного генератора водню на основі розробленого нами катализатора для парового риформінгу етанолу при атмосферному тиску і температурі 600°C. Показано, що, якщо прийняти всі енергетичні витрати на генерування водню рівними 100% (60% - нагрів реакційної суміші і 40% - здійснення реакції парового риформінгу), можна отримати близько 55% у вигляді електроенергії в паливному елементі. 30% витраченої теплової енергії можна компенсувати за рахунок охолодження продуктів риформінгу (H_2 і CO_2).

Література

1. Kirillov V.A., Meshcheryakov V.D., Sobyenin V.A., Belyaev V.D., Amosov Yu.I., Kuzin N.A., Bobrin A.S. Theor. Found. Chem. Eng. 42 (2008) 1.
2. Díaz Alvarado F., Gracia F. Chem. Eng. J. 165 (2010) 649.
3. Ni M., Leung D.Y.C., Leung M.K.H. Int. J. Hydrogen Energy 32 (2007) 3238.
4. Chen J., Xu D. Int. J. Sustainable and Green Energy. 6 (2017) 28.
5. Rossetti I., Compagnoni M., Torli M. Chem. Eng. J. 281 (2015) 1024, 1036.

СИНТЕЗ ЕЛЕКТРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ОКСИДІВ, ХАЛЬКОГЕНІДІВ, ВАНАДАТІВ МЕТАЛІВ ТА ГРАФЕНОПОДІБНИХ СПОЛУК ДЛЯ ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ СИСТЕМИ З ОТРИМАННЯМ ВОДНЮ. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОМІРКИ З АКУМУЛЮВАННЯМ ВОДНЮ ТА ПОВІТРЯНИМ ЕЛЕКТРОДОМ

Русецький І.А., Данилов М.О., Фоманюк С.С., Щербакова Л.Г.⁽¹⁾, Патлун Д.В.⁽¹⁾, Колбасов Г.Я., Солонін Ю.М.⁽¹⁾

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України,
03680 Київ-142, пр. Палладіна 32/34, Україна, e-mail: r2_igor71@ukr.net

⁽¹⁾Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
03142 м. Київ, вул. Кржижановського 3, Україна, e-mail: larisa_c@ukr.net

Для забезпечення високої ефективності фотоелектрохімічної системи для отримання водню нами використана фотоелектрохімічна комірка з анодним та катодним просторами, розділеними іонообмінною мембраною, в кожному з яких різний склад електроліту. У цьому випадку в якості фотоанода можливо використовувати матеріали з невеликою шириною забороненої зони, які добре поглинають видиме світло, наприклад, напівпровідникові сполуки типу $A^{IV}B^{VI}$ та інш., а у якості катоду - воденьсорбуючі сплави або композитні сполуки на основі графенових матеріалів. Нами синтезовані електрохімічними і хімічними методами фоточутливі нанокompозити та гетероструктури на основі напівпровідникових оксидів та халькогенідів металів (Ti, Pb, Cd та ін.), оксиду графена і відновленого оксиду графена та наноструктурованих плівок на основі $BiVO_4$, які добре поглинають видиме світло. Розроблено методи модифікування поверхні фотоанодів напівпровідниковими наночастинками (квантовими крапками) ($ZnSe$, PbI_2 та інш.) з метою зменшення рекомбінаційних втрат та збільшення фотопотенціалу фотоелектродів. Графенові сполуки одержували електрохімічним та хімічним методом [1].

У якості катоду фотоелектрохімічних комірок використані водень сорбуючі матеріали (МН сплави) на основі інтерметалічних сполук типу AB_5 (на базі $LaNi_5$) та AB_3 .

Досліджено фотоелектрохімічні властивості, процеси рекомбінації, структура поверхні нанокompозитних плівок та гетероструктур на основі халькогенідів металів та графенових матеріалів, а також їх ефективність у фотоелектрохімічних системах для акумулювання водню. Встановлено, що отримані фотоанооди забезпечують отримання та накопичення водню на катоді.

Отримані електродні матеріали були використані при розробці біполярної фотоелектрохімічної системи з повітряним і воденьсорбуючим електродами. Для такої системи напруга становила $V \sim 0.80 \div 0.85$ В в зарядженому стані; струм розряду складав $I_p \approx 200$ мА/г (на масу МН електроду). Розроблена конструкція фотоелектрохімічної паливної комірки з модифікованим $CdSe$ фотоелектродом та системою МН/повітряний електрод. Встановлено, що при гальваностатичному розряді МН-електрода при різних струмах зміна потенціалу плато розряду змінюється з -0,83 В до -0,81 В. Отримані результати свідчать про перспективність розробленої системи для використання у електрохімічному фотоакумуляторі.

I.A. Rusetskyi, M.O. Danilov, S.S. Fomanyuk, I.A. Slobodyanyuk, V.S. Vorobets, G.Ya. Kolbasov. Photoelectrochemical properties of the composites based on TiO_2 nanotubes, $CdSe$ and graphene oxide. // Research on Chemical Intermediates, – 2019. – V.45, №8 – P. 4121–4132. DOI:10.1007/s11164-019-03895-0

СТВОРЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ МОДЕЛІ РЕАКТОРА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПЛАЗМОВО-ПАРОКИСНЕВОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ ДОННИХ МУЛІВ І ВИКОНАННЯ ОЦІНОК РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ В ОБ'ЄМІ РЕАКТОРА

Жовтянський В.А., Назаренко В.Г., Остапчук М.В.

Інститут газу НАНУ, 03113, м. Київ-113, вул. Дегтярівська, 39, zhovt@ukr.net

Метою виконання роботи є розвиток наукових засад сучасної технології отримання водню з токсичної відновлюваної сировини, якою є суміш донних мулів станцій аерації, переобтяжених важкими металами, та гумового кришива зношених автомобільних шин, на основі плазмово-парокисної газифікації. Її актуальність визначається масштабами накопичених «ресурсів» згаданої сировини: 9 млн. т донних мулів лише на Бортницькій станції аерації та сотні тисяч тон зношених автомобільних шин, проблема переробки яких так і продовжує залишатись невирішеною.

Робота розглядається як супутня для виконуваних Інститутом газу НАН України циклу науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт щодо переробки небезпечних відходів з використанням плазмових технологій. Зокрема, у 2016-17 рр. і 2018-19 рр. проведені дослідження та виконані практичні розробки з цієї тематики у рамках державного замовлення з фінансуванням через МОН України. У результаті їхнього виконання в Інституті створений пілотний зразок технологічної лінії для переробки небезпечних відходів з реактором продуктивністю до 400 кг сировини за годину.

У рамках проекту, першим етапом виконання якого є ця робота, будуть досліджені нові можливості підвищення енергетичної ефективності технологічного процесу, закладеного в основу функціонування згаданої лінії, які не можуть бути досліджені на крупномасштабній установці. Дійсно, за рівнем споживаної потужності та складністю сукупного допоміжного обладнання, зокрема – пароповітряного плазмотрона потужністю до 160 кВт, згадана лінія не може бути використана для проведення поточних лабораторних експериментів. Тому для цієї мети застосовується відносно малопотужний (до 3,5 кВт) серійний плазмотрон серії «Мультиплаз», у якому в якості плазмоутворюючого газу використовується водяна пара.

Установка складається з плазмотрона «Мультиплаз-3500», високотемпературного реактора газифікації твердого палива, охолоджувача сопла плазмотрона, пальника та хроматографа. Реактор виконаний з прозорого кварцового скла діаметром 85 мм, через отвір у боковій стінці якого в його внутрішній об'єм вводиться плазмовий струмінь тангенціально по відношенню до стінок кварцової трубки. Його конструкція дозволяє візуально спостерігати за динамікою процесу газифікації. Реактор оснащений трьома хромель-алюмелевими термопарами: одна - поблизу сопла плазмотрона, друга – з протилежного боку кварцової трубки, третя – в донній частині реактора.

Інші елементи конструкції реактора виконані з високотемпературної теплоізоляції. Проте для забезпечення проведення візуальних спостережень робоча частина реактора є вільною від теплоізоляції. Для досягнення робочої температури стінок реактора вони попередньо розігріваються струменем плазмотрона у відсутність сировини в реакторі. Після досягнення необхідної температури здійснюється завантаження сировини у реактор через верхню частину кварцової трубки та подається повітряне або киснево-повітряне дуття в об'єм реактора. Отриманий синтез-газ $\text{CO} + \text{H}_2$ через високотемпературний фільтр потрапляє в охолоджувач синтезу газу, а далі - на пальник. При цьому здійснюється відбір проб отриманого газу для подальшого аналізу його складу за допомогою хроматографа.

Оскільки система є несиметричною по відношенню до джерела високотемпературного плазмово-парового дуття, то за зміною температур, які фіксуються кожною із термопар (строго кажучи – за їхньою різницею з плином часу), можна судити за розподілом температури в об'ємі реактора. Для цього доцільно побудувати теоретичну просторову модель розвитку процесів газифікації на основі попереднього досвіду авторів щодо термодинамічного моделювання сумісної газифікації донних мулів і гумового кришива зношених шин.

ВИКОРИСТАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ВОДНЮ У МОТОТРАНСПОРТІ

**Щур Д.В., Золотаренко Ан. Д., Золотаренко Ал. Д., Копилова Л.І., Шапошнікова Т.І.,
(²)Сагдієв М. С.**

Національна академія наук України Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича
03142, г. Київ-142, вул. Кржижановського, 3; тел. (044) 424 20 71, 424 22 71;

факс: 424 21 31; e-mail: dir@ipms.kiev.ua,

(²) **ООО "АРГУС СЕРВИС", e-mail sagdiev@ukr.net**

Метою першого етапу роботи є виявлення можливості використання накопичувача водню для роботи з двигуном внутрішнього згоряння на мотоциклі ІЖ-49 (Рис.1.а), що має двотактний двигун 350 см^3 , моделювання та розробка конструкції системи подачі водню у двигун. Враховуючи той факт, що металогідридний метод зберігання водню характеризується високою компактністю, безпекою та не надто високими енергозатратами, а також технологічну гнучкість металогідридного методу, можна констатувати, що він має хороші перспективи для застосування в якості джерела водню для комбінованих систем зберігання водню. Тому він був застосований нами в цьому проекті. Накопичувач було передано випробувачам для застосування в мотоциклі



(Рис.1.б)

а



б

Рис.1. Мотоцикл ІЖ-49, що має двотактний двигун 350 см^3

Ключові слова: воднеємність, розчинність водню, сплави АВ₅ з гпу ґратками.

ПРОРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПО ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЇ ЗВАРНОГО ТОНКОСТІННОГО ГЕРМЕТИЧНОГО КОРПУСУ, ФОРМУВАННЮ ЙОГО ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ТА ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

Савицький М.М., Савицький О.М., Ващенко В.М., Шкрабалюк Ю.М.

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України;
03150, м. Київ-5, вул. Казимира Малевича, 11; sam@paton.kiev.ua

Досвід, накопичений в галузі створення легких комбінованих ємностей високого тиску свідчить, що в значній мірі працездатність та експлуатаційна надійність герметичних корпусів залежить від матеріалу, з якого вони виготовляються. Основною вимогою до тонкостінного корпусу балону є його герметичність та мінімальна воднепроникність. З усіх конструкційних матеріалів на основі заліза найменшим коефіцієнтом воднепроникнення характеризуються аустенітні сталі. Однак не всі вони можуть бути використані для створення зварного корпусу балону. Легування аустенітних сталей титаном, який може створювати з воднем крихкі сполуки негативно позначається на працездатності корпусів. Тому для його виготовлення необхідні сталі, в яких вміст титану не перевищує рівня домішок. Цим вимогам відповідають сталі типу 08X18H10, 12X18H9.

Здатність сталей до утворення якісних і працездатних зварних з'єднань оцінюється за комплексом показників, які характеризують їх зварюваність. Для аустенітних сталей основними вважаються стійкість з'єднань проти утворення гарячих тріщин, перегріву. Зварюваність сталей оцінюють в основному за їх хімічним складом.

Стійкість сталей проти утворення гарячих тріщин оцінюється за показником Уїлкінсона (HCS), а схильність до перегріву - за розрахунковими показниками твердості HV_{max} . Якщо $HCS > 2$, а HV_{max} досягає 350-400, то зварні з'єднання схильні до утворення гарячих тріщин та перегріву.

Результати оцінки зварюваності сталей 08X18H10, 12X18H9 (табл. 1) і показують що вони характеризуються схильністю до утворення гарячих тріщин та високою схильністю до перегріву. Причиною є надзвичайно низька їх теплопровідність, яка у 5-6 разів нижча, ніж у заліза.

Таблиця 1. - Показники зварюваності аустенітних сталей для виготовлення корпусів балонів

Марка сталі	HCS	HV_{max}
08X18H10	2,2	1009
12X18H9	3,3	989

Різко зменшити вірогідність утворення дефектів у зварних швах дозволяє зменшення тепловкладення у зварне з'єднання. Це можна забезпечити застосуванням аргано-дугового зварювання неплавким електродом.

Негативно впливають на якість і працездатність зварних з'єднань напруги і деформації зварних конструкцій внаслідок нерівномірного нагріву.

Найменш стійкою проти руйнування є його циліндрична частина балону - обичайка.

Можливості сучасних технологій і обладнання дозволяють створювати обичайки з прямим поздовжнім швом і спіральшовні.

Результати дослідження характеру їх руйнування показали, що прямошовні обичайки руйнуються або по границі сплавлення, або по основному металу, в залежності від тепловкладення в зварні з'єднання. Руйнування спіральшовних обичайок відбувається поперек зварних з'єднань, охоплюючи і зварне з'єднання і основний метал з обох сторін від шва. Але вони більш стійкі проти руйнування і менш чутливі до деформацій, а тому їх доцільніше використовувати при створенні балонів високого тиску.

За результатами досліджень 2019 року розроблені технічні пропозиції щодо корпусів балонів, технологічний регламент та проекти технічних пропозицій і технічного завдання на обладнання для виготовлення легких металокомпозитних балонів високого тиску.

МЕХАНОСИНТЕЗ ГІДРОУТВОРЮЮЧОГО СПЛАВУ Mg + 10 % ваг. Ni РЕАКТИВНИМ ПОМЕЛОМ СУМІШІ ПОРОШКІВ Mg I Ni ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ВОДЕНЬСОРБУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ТЕМПЕРАТУРИ І КІНЕТИКИ РОЗКЛАДУ

Єршова О.Г., Солонін Ю.М.

Інститут проблем матеріалознавства НАН України,
вул. Кржижанівського 3, Київ, 03142 Україна, E-mail: dobersh@ipms.kiev.ua

Методом реактивного механічного сплавлення (РМС) в умовах збільшеного (з 10 до 20 годин) часу помелу синтезовано механічний сплав МС(Mg+10 %ваг. Ni). З застосуванням термодесорбційної спектроскопії *при постійному тиску водню 0,1МПа в реакторі* досліджено воденьсорбційні характеристики, термічну стійкість та кінетику десорбції водню з гідридної фази MgH₂ отриманого МС як зразу після його синтезу, так і після перших циклів гідрування-дегідрування із газової фази.

З аналізу отриманих ізобаричних кривих десорбції водню з гідридної фази MgH₂ синтезованого механічного сплаву встановлено, що в результаті реактивного помелу суміші Mg + 10 % ваг. Ni на протязі 20 годин досягнуто *водневої ємності 6,1 % ваг.*, а в результаті гідрування із газової фази - 5,94 % ваг. після 1-го та 5,6 % ваг. після 5-го циклу гідрування-дегідрування. Помітної деградації воденьсорбційних властивостей в результаті перших 5 циклів гідрування-дегідрування МС1 не встановлено. Температура початку десорбції водню з їх гідридної фази MgH₂ МС після її утворення методом РМС виявилась рівною 295 °С, а після прямого гідрування із газової фази - 295 °С в 1-му і 288 °С в 5-му циклі гідрування-дегідрування.

Встановлено, що додавання до магнію 10 % ваг. Ni призводить до суттєвого покращення кінетики процесу десорбції водню з гідридної фази MgH₂ механічного сплаву МС1, про що свідчить *скорочення в 16 разів часу виділення* з неї половини і всього водню при його тиску в реакторі 0,1 МПа і температурі 330 °С в порівнянні з гідридною фазою MgH₂ без легуючих елементів. Також встановлено, що збільшення часу помелу вихідної суміші порошків магнію і нікелю з 10 до 20 годин помелу призводить до очікуваного збільшення швидкості виділення водню і розкладу гідридної фази MgH₂ механічного сплаву складу Mg + 10 % ваг. Ni практично вдвічі.

Вивчено роль легуючих елементів Ni, Ti, Fe в покращенні кінетики розкладу гідридної фази MgH₂ механічних сплавів-композитів Mg + 10 % ваг. Ni; Mg + 10 % ваг. Ti; Mg + 10 % ваг. Fe (20 годин помелу). Доведено, що найбільше покращення кінетики і збільшення швидкості десорбції водню з гідридної фази MgH₂ у випадку її легування Ni в порівнянні з легуванням Ti і Fe корелює з найбільшою спроможністю у атомів Ni (в порівнянні з атомами Ti і Fe) перешкоджати забрудненню поверхні часток гідридної фази MgH₂ кисень- та вуглецьвмісними структурами, які є каталітичними ядами, що здатні блокувати активні центри і перешкоджати дисоціативній хемосорбції молекулярного водню при гідруванні і його рекомбінації при дегідруванні сплаву.

СТВОРЕННЯ МН ЕЛЕКТРОДІВ З ЗАДАНИМ КОМПЛЕКСОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І ВИПРОБУВАННЯ ЇХ НА СУМІСНІСТЬ І ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАРЯДЖЕННЯ У ПАРІ З ФОТОАНОДОМ У ФЕХ КОМІРЦІ

Щербакова Л.Г., Патлун Д.В., Крапивка М.О., Грайворонська К.А., Солонін Ю.М.

Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України,
03142, м.Київ, вул.Кржижановська, 3; e-mail: larisa_c@ukr.net

Вивчення впливу стехіометрії і природи замісників в сплавах типу La-Mg-(Ni-Co)_x (x = 2,5-5,0) виявило, що всі важливі електрохімічні властивості електродів з цих сплавів покращувалися зі збільшенням x з 2,5 до 3,5, а потім зменшились з подальшим зростанням x через зміну структури і фазового складу. Результати аналогічних досліджень на водень сорбуючих сплавах, що не містять магній, в літературі відсутні.

В рамках даного етапу було досліджено структуру, фазовий склад і комплекс електрохімічних характеристик (активація, кінетика, максимальна розрядність ємність, здатність до високошвидкісного заряду та розряду) електродів зі сплавів типу La-(Ni-Co)_x (x = 3,5-4, 6). Сплави отримані методом електродугової плавки в захисній атмосфері аргону. В якості базового сплаву було виплавлено сплав складу LaNi_{3,22}Mn_{0,17}Al_{0,1}, в який потім вводили кобальт в кількостях 3 мас.% та 10 мас.%. Рентгенофазовий аналіз зразків сплаву показав, що всі сплави 2-х фазні: містять фази типу AB₃ (просторова група R⁻3m) і AB₅ (P6 \ mmm), однак зміст фаз і їх співвідношення в сплаві сильно залежить від складу сплаву і температурних умов його кристалізації (таблиця).

Встановлено, що для всіх сплавів в області поглинання водню катодний процес лімітується одно електронною стадією переносу заряду. Сплави легко активуються і досягають максимального значення розрядної ємності (C_{макс}) протягом 3-7 циклів. Всі сплави, крім 19-3, утворюють стійкі в відкритих системах гідриди (P_{рівн.} < 1 атм). З ростом стехіометричного показника (x) і зниженням змісту в сплавах фази AB₃ спостерігається підвищення ефективності високошвидкісного (глибокого) розряду, зростання розрядної ємності і циклоустійкості. Найкращі показники отримано на електродах зі сплавів 19-5 (AB_{4,12}) і 17-3 (AB_{4,6}).

Таким чином, зміна стехіометричного співвідношення може бути використана для оптимізації складу і фазової структури сплавів для зберігання водню.

Таблиця. Характеристики сплавів типа La-(Ni-Co)_x

Сплав	Фази, вміст в %	Об'єм решетки, Å ³	I _{обміну} , mA/cm ²	C _{макс.} , mA*год/г	H _{рівн.} , В/ P _{рівн.} , бар
19-1 LaNi _{3,22} Mn _{0,17} Al _{0,1} (AB _{3,5})	AB ₃ , 80,5	561,49	2,09	165,0	-0,918/0,686
	AB ₅ , 19,5	88,86			
19-1 (закалка) LaNi _{3,22} Mn _{0,17} Al _{0,1}	AB ₃ , 91,2	558,85	1,90	205,2	-0,912/0,543
	AB ₅ , 8,8	87,85			
19-3 (AB _{3,72}) LaNi _{3,22} Mn _{0,17} Al _{0,1} Co _{0,23}	AB ₃ , 91,2	556,74	1,58	202,0	-0,940/1,16
	AB ₅ , 8,8	88,43			
19-5 (AB _{4,12}) LaNi _{3,22} Mn _{0,17} Al _{0,1} Co _{0,63}	AB ₃ , 40,0	549,23	0,98	291,4	-0,921/0,771
	AB ₅ , 60,0	88,30			
17-3 (AB _{4,6}) LaNi _{3,9} Co _{0,7}	AB ₅ , 98,0	88,34	2,34	305,0	-0,912/0,543
	AB ₃ , 2,0				

Спільно зі співробітниками ІЗНХ НАНУ проводилися роботи по модифікації вузла ФЕХ комірки, пов'язаного з зарядом водень сорбуючого (МГ) катода: зниження опору в вузлі (фотоанод-мембрана-МГ катод). У якості матеріалів катодів були використані сплави LaNi_{3,22}Mn_{0,17}Al_{0,1}Co_{0,63} (19-5) і LaNi_{3,9}Co_{0,7} (17-3). Встановлено, що втрати струму при заряді не перевищують 3%.

СИНТЕЗ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ГІДРИДУ МАГНІЮ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Березовець В.В., Вербовицький Ю.В., Завалій І.Ю.
Фізико-механічний інститут, 79060, м. Львів вул. Наукова, 5,
ihor.zavaliv@gmail.com

Одна з проблем, які вимагають ефективного вирішення в рамках розвитку водневої енергетики як складової частини альтернативної енергетики майбутнього є проблема зберігання та транспортування водню. З точки зору перспективи практичного застосування дослідники останнім часом приділяють дуже велику увагу такому класу матеріалів, як гідридні композити на основі Mg [1,2] і, зокрема, залежності властивостей таких композитних матеріалів від дисперсності та морфології їх частинок. Показано [3,4], що температура виділення водню з MgH_2 залежить від розміру наночастинок як гідриду магнію, так і каталітичного додатку. Наноматеріали (коли мова йде про магній як основний компонент) в основному характеризуються кращою кінетикою поглинання та виділення водню внаслідок зменшення необхідних шляхів його дифузії. Основною ж перевагою нанорозмірних каталітичних додатків є збільшення їх ефективності через покращення рівномірності розподілу. В рамках проекту нами досліджено каталітичний вплив нано-нітридів титану та цирконію на десорбцію водню гідридом магнію. Показано, що під час помелу композитів складу Mg + 10 мас.% TiN/ZrN поглинається 6,5 та 6,6 мас.% водню, відповідно. Розмір кристалітів гідриду магнію отриманий за результатами профільного аналізу дифракцій-них піків для всіх композитів знаходиться в вузькому інтервалі 6–10 нм. Повторне наводнювання композитів проводили при тиску H_2 0,1–2 МПа та температурах від 150 до 250 °С, повне насичення воднем досягається за декілька хвилин. Кращий каталітичний ефект спостерігали для нанопорошку TiN: він понижує енергію активації десорбції водню з гідриду магнію до 65 kJ/mol. Внизу на рисунку приведено криві термодесорбції водню у вакуумі з різною швидкістю нагрівання, з яких за рівняннями Кіссінджера отримано значення енергії активації.

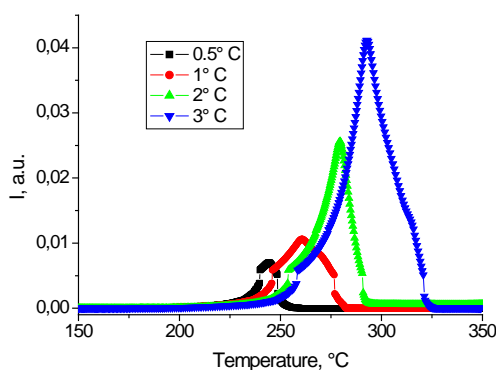


Рис. ТДС для гідридного композиту Mg – 10 мас.% нано-TiN за різної швидкості нагрівання.

В рамках цього проекту нами було проведено тестування синтезованих нових нанокompозитних матеріалів на основі гідриду магнію для генерування водню шляхом гідролізу. Цей спосіб одержання водню викликає великий інтерес як екологічно чиста і безпечна у використанні технологія, яка є особливо важлива для розробки портативних систем енергопостачання, де водень використовується для живлення паливного елемента. У звіті буде подано також короткий огляд робіт, присвячених ефективним магній-вмісним матеріалам, що використовуються для гідролізного генерування водню.

1. Sun Y., Shen C., Lai Q. et al. *Energy Storage Materials*. **2018**, 10, 168–198.
2. Lototsky M., Denys R., Nyamsi S. et al. *Materials Today: Proceedings*. **2018**, 5, 10440–49.
3. Sadhasivam T., Kim H., Jung S. et al. *Ren. Sust. Energy rev.* **2017**, 72, 523.
4. Hanada, N.; Ichikawa, T.; Fuji, H. *J. Phys. Chem. B*. **2005**, 109, 7188.

МЕТАЛОГІДРИДНІ АКУМУЛЯТОРИ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДАЧІ ВОДНЮ ДО ПАЛИВНИХ КОМІРОК

Мацевитий Ю.М., Авраменко А.М., Чорна Н.А.

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України
вул. Дм. Пожарського, 2/10, м. Харків, 61046, Україна,
e-mail: nataliyachernaya7@gmail.com

Даний проєкт спрямований на розробку науково-технічних засад по адаптації металогідридних систем енергозабезпечення для використання водню в паливних комірках (ПК).

Оскільки водень є енергоємним, екологічно чистим і технологічно гнучким енергоносієм, його використання в паливних комірках дозволяє створювати ефективні системи автономного енергозабезпечення. Енергоустановки на базі ПК характеризуються високим ККД і екологічною безпекою. Особливий інтерес представляють енергоустановки на основі низькотемпературних лужних ПК потужністю від 1 кВт до 20 кВт, які можуть знайти широке застосування в комунально-житловому секторі. Розміщення таких автономних установок передбачається в безпосередній близькості від споживача енергії, що вимагає від систем паливозабезпечення високого рівня безпеки, надійності і екологічності. Цим вимогам відповідають системи зберігання водню на основі зворотних металогідридів (МГ), здатних поглинати і виділяти водень.

Одним з основних компонентів автономної системи енергозабезпечення є металогідридний акумулятор водню багаторазової дії, що має безсумнівні переваги в порівнянні із традиційними способами зберігання. Металогідридні акумулятори водню прості, надійні із точки зору пожежовибухонебезпеки, безпечні в експлуатації, безшумні, компактні і виділяють високочистий водень.

З метою забезпечення ефективності роботи системи «паливна комірка – металогідридний акумулятор водню» необхідно розробити методіку визначення основних її технічних характеристик ще на етапі створення і в процесі дослідження цих характеристик. У зв'язку з цим основними задачами дослідження є розробка технологічної схеми металогідридної системи енергозабезпечення на базі паливних комірок, вибір ПК і проведення аналізу їх роботи з металогідридною системою акумуляування водню.

На основі системного аналізу запропонованого варіанту технічної схеми отримано результати, які дозволили визначити закономірність між кількістю відібраного тепла від ПК при десорбції водню з подальшим його використанням для збільшення потужності паливної комірки і забезпечення пропускну здатності мережі споживача. Визначено, що застосування комплексного підходу до вивчення перспективної схеми акумуляування і використання енергії вітру дозволить вирішити проблему згладжування нерівномірності надходження енергії від поновлюваних джерел, а використання в складі вітроенергетичного комплексу оригінальної електролізної технології підвищує її конкурентоспроможність на ринку технічних засобів, орієнтованих на отримання водню.

Таким чином, спільне використання сучасних технологій генерування, зберігання та використання водню дозволяють підвищити ефективність перетворення енергії та значно розширити сфери його застосування, особливо для автономних систем енергозабезпечення з вітроенергетичною установкою і водневим накопичувачем енергії.

«ІНФОРМАЦІЙНИЙ СУПРОВІД, ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ДАНИХ ЗА ЗМІСТОМ ПРОЕКТІВ ПРОГРАМИ «РОЗВИТОК НАУКОВИХ ЗАСАД ОТРИМАННЯ, ЗБЕРІГАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В СИСТЕМАХ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ»

Білан І.І., Левіна Д.А., Гудименко Т.В. Рудий Р.Б., Ковальова Л.О.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
03680, м. Київ, вул. Крижанівського, 3, Belanira2014@gmail.com

З метою розповсюдження інформації про цілі, задачі, зміст, очікувані та отримані результати виконання проектів програми «Розвиток наукових засад отримання, зберігання та використання водню в системах автономного енергозабезпечення» в web-середовищі проведено збір відповідної інформації, створено веб-сайт програми. Сайт розміщено на домені materials.kiev.ua. Крім відповідної інформації про проекти програми «Розвиток наукових засад отримання, зберігання та використання водню в системах автономного енергозабезпечення», сайт містить інформацію про відкриті конкурси програми Горизонт2020 (2019-2020 рр), конкурси спільної ініціативи “Паливні комірки та водень” (Fuel Cells and H₂ Joint Undertaking), детальну інформацію про профінансовані проекти за тематичними напрямками, які відповідають тематиці проектів програми «Розвиток наукових засад отримання, зберігання та використання водню в системах автономного енергозабезпечення». Моніторинг конкурсів програми Горизонт 2020 було проведено за наступними пріоритетними напрямками:

- ◆ Нанотехнології, біотехнології, передові матеріали і сучасні технології їх виробництва та обробки
- ◆ Безпечна, чиста та ефективна енергетика
- ◆ Розумний, екологічно чистий, інтегрований транспорт
- ◆ Кліматичні зміни, ефективність використання ресурсів і сировини

Використання інструменту пошуку партнерів проекту (Partner search розміщено на сайті відповідного конкурсу), дозволило сформувати базу даних потенційних партнерів.

Проведено науко метричний аналіз тематики проектів програми «Розвиток наукових засад отримання, зберігання та використання водню в системах автономного енергозабезпечення» з використанням можливостей бази даних “Scopus”.

Підготовлено та подано проект за конкурсом WIDESPREAD-05-2020: Twinning спільно з партнерами з Чехії, Німеччини і Люксембурга.

Продовжено поповнення повнотекстової частини традиційно популярних журналів (International journal of Hydrogen energy, Journal of Alloys and compounds and etc.). Додані нові тематичні журнали (Fuel Cells Bulletin, Journal of Power Sources and etc.) з відносно високим індексом цитування.

Організовано звітна наукова сесія за результатами виконання проектів програми, підготовлено збірку тез.

ВИГОТОВЛЕННЯ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АНОДІВ-ПІДКЛАДОК ТОПК: КЕРАМІКИ СИСТЕМИ $ZrO_2-Y_2O_3-NiO$ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ПІМ НАНУ (СТРІЧКОВЕ ЛИТВО) ТА КЕРАМІКИ СИСТЕМИ $ZrO_2-Y_2O_3-NiO-CuO-Al_2O_3$ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ДФТІ НАНУ (СПІКАННЯ НАНОПОРОШКІВ). ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ ТА МІЦНОСТІ І ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ЗА ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО (ВОДЕНЬ) ТА ОКИСЛЮВАЛЬНОГО (ПОВІТРЯ) СЕРЕДОВИЩА. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ КОМПЗИТИВ НА ОСНОВІ МАХ-ФАЗИ СТРУКТУРНОГО ТИПУ 211 ДЛЯ З'ЄДНУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТОПК НА ЇХ ЖАРОМІЦНІСТЬ, ВОДНЕВОТРИВКІСТЬ І ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ

**Осташ О.П.⁽¹⁾, Василів Б.Д.⁽¹⁾, Подгурська В.Я.⁽¹⁾, Васильєв О.Д.⁽²⁾, Бродніковський Є.М.⁽²⁾,
Полішко І.О.⁽²⁾, Даніленко І.А.⁽³⁾, Шило А.В.⁽³⁾ Прихна Т.О.⁽⁴⁾, Свердун В.Б.⁽⁴⁾**

(1) Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,
(2) 79060, м. Львів, вул. Наукова, 5, fmidep17@gmail.com

(2) Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
03680, м. Київ, вул. Кржижанівського, 3, oleksa.vasylyev@gmail.com

(3) Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України,

(4) 03028, м. Київ, проспект Науки, 46, igord69@ukr.net

(5) Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,

(6) 04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2, prikhna@ukr.net

Досліджено механічну поведінку матеріалу системи $ZrO_2-Y_2O_3-NiO$ для анода-підкладки твердооксидної паливної комірки (ТОПК), виготовленого методом стрічкового литва (tape casting) за технологією, розробленою в ПІМ НАН України. Встановлено, що у вихідному стані матеріал володіє міцністю 160...200 МПа, що відповідає вимогам до матеріалів для анодів-підкладок ТОПК. Відновлення матеріалу проводили у модельних середовищах: $Ar-5\%H_2$ (середовище 1) та $5\%CO_2-10\%H_2-N_2$ (середовище 2) при $600^\circ C$. Показано, що після однократного відновлення міцність матеріалу зменшується залежно від середовища на 24% і 33%, відповідно. Електропровідність матеріалу після відновлення у середовищі 1 становить $3 \cdot 10^5$ См/м, а після відновлення у середовищі 2 збільшується до $4,2 \cdot 10^5$ См/м.

Також досліджували матеріал системи $ZrO_2-Y_2O_3-NiO-CuO-Al_2O_3$ для анода-підкладки ТОПК, отриманий порошковою металургією за технологією, розробленою в ДФТІ НАНУ. Встановлено, що у вихідному стані міцність такого матеріалу нижча, ніж в отриманого методом стрічкового литва, і становить 100...120 МПа. Після відновлення в середовищах 1 і 2 вона незначно знижується: в середовищі 1 - на 9%; в середовищі 2 - на 3%. Проте електропровідність такого матеріалу після відновлення ($2 \dots 6 \cdot 10^4$ См/м) нижча порівняно з матеріалом, отриманим методом стрічкового литва.

Досліджено фізико-механічні властивості композитів на основі МАХ-фази структурного типу 211 для з'єднувальних елементів ТОПК, отриманих порошковою металургією за технологією, розробленою в ІНМ НАНУ. Для підвищення високотемпературної ($600^\circ C$) електропровідності на поверхню композитів наносили шар срібла товщиною 100...250 нм. Встановлено, що за жаростійкістю (на базі 1000 год при $600^\circ C$) такий шаруватий композит не поступається сталі Crofer GPU (традиційному матеріалу з'єднувальних елементів ТОПК), маючи майже в 2 рази меншу густину. Проте після довготривалої високотемпературної витримки на поверхні сталі Crofer утворюється оксидний шар з дуже низькою поверхневою електропровідністю ($2,05 \cdot 10^{-3}$ См/м), тоді як в шаруватому композиті вона на 7 порядків вища ($1,62 \cdot 10^4$ См/м).

РОЗРОБКА, ВИПРОБУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВОДНЮ З ВОДИ, А ТАКОЖ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРІВ ТА КАТАЛІТИЧНИХ ЧОРНИЛ ДЛЯ ПАЛИВНИХ КОМІРОК

Пірський Ю.К., Манілевич Ф.Д., Панчишин Т.М., Данильцев Б.І., Куций А.В.

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України
03680, Київ-142, пр. Палладіна 32/34, e-mail: pirsky@ionc.kiev.ua

Для створення автономного джерела електроживлення проведені роботи з оптимізації складу енергоакуюлюючих речовин (ЕАР) на основі алюмінію, адаптованих до виділення водню з води в алюмоводневому генераторі при температурі навколишнього середовища, а також виконані роботи з удосконалення катодних та анодних електрокаталізаторів для експериментальних зразків воднево-повітряних паливних комірок і розроблені ефективні каталітичні чорнила для нанесення на газодифузійні шари, які формуються на протонообмінній мембрані.

У попередніх наших дослідженнях показано, що алюміній, активований евтектичним сплавом Ga-In-Sn (>3 мас.%), здатний вступати в реакцію гідролізу без додаткового підігріву. Протягом звітного етапу для підвищення активності таких ЕАР в якості додаткової легуючої добавки використали цинк. Порівняльні волюмометричні визначення водню, який виділявся при гідролізі сплавів 95 мас.% Al + 5 мас.% евтектики Ga-In-Sn та 92 мас.% Al + 5 мас.% евтектики Ga-In-Sn + 3 мас.% Zn, показали, що введення цинку в такі ЕАР привело до пришвидшення виділення водню з води. Для розрахунку значень ефективної константи швидкості гідролізу оптимізованого сплаву (k^e) застосували модифіковане рівняння Праута-Томпкінса, яке описує топохімічні реакції розкладання твердих речовин за рахунок розтріскування кристалітів на межі з продуктом розкладання при обернено пропорційній залежності константи швидкості від часу. Одержані значення k^e становлять 1.33, 1.75, 2.19 та 2.58 хв⁻¹ при температурах 25, 40, 55 та 70 °С, відповідно. За температурною залежністю ефективної константи швидкості розраховували ефективну енергію активації процесу, яка склала 12.6 кДж·моль⁻¹ і свідчить про дифузійний контроль швидкості гідролізу.

Нами розроблені також нові методи синтезу високоефективних платинових електрокаталізаторів відновлення кисню та окиснення водню Pt(40%)/XC-72, проведено визначення оптимальних умов їх приготування. Вихідними речовинами при приготуванні таких електрокаталізаторів були розчин гексахлорплатинової кислоти H₂PtCl₆, сажа Vulcan XC-72, яку попередньо піддавали окисненню в HNO₃, та в якості відновника платини етиленгліколь з деіонізованою водою у співвідношенні (3:1). Крім того, як відновник випробували формальдегід, а в якості стабілізатора наночастинок платини – полівінілпіролідон (ПВП). Встановили, що активність одержаних каталізаторів підвищується при використанні більш сильного відновника – формальдегіду. Збільшення кількості ПВП також привело до підвищення активності електрокаталізаторів, що пов'язано із стабілізацією наночастинок платини. Однак, при цьому значно ускладнився процес очищення нанорозмірних електрокаталізаторів від ПВП. Для досягнення необхідної очистки використовували центрифугу та розбавляли розчин з наночастинками платини необхідною кількістю води. Одержані електрокаталізатори проявили високу ефективність завдяки іммобілізованим на сажі наночастинкам платини, яка має найвищу питому каталітичну активність серед інших каталізаторів.

На основі отриманих електрокаталізаторів Pt(40%)/XC-72 було виготовлено каталітичне чорнило, яке випробували в діючому лабораторному макеті воднево-кисневого ПК з протонпровідною мембраною Nafion®. Показана висока ефективність отриманого каталітичного чорнила.

Таким чином, протягом звітного періоду оптимізовано склад енергоакуюлюючих речовин на основі алюмінію, розроблені нові методи синтезу нанорозмірних електрокаталізаторів та каталітичного чорнила, необхідних для створення автономного джерела електроживлення.

ПРОВЕДЕННЯ СТРУКТУРНИХ, ІМПЕДАНСНИХ ТА ЕЛЕКТРОННОМІКРОСКОПІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БАГАТОШАРОВИХ СИСТЕМ КЕРАМІЧНОГО ЕЛЕКТРОЛІТУ.

**В'юнов О.І.⁽¹⁾, Коваленко Л.Л.⁽¹⁾, Янчевський О. З.⁽¹⁾, Білоус А.Г.⁽¹⁾, Полішко І.О.⁽²⁾,
Бродніковський Є.М.⁽²⁾, Іванченко С.Е.⁽²⁾, Лисуненко Н.О.⁽²⁾, Бродніковський Д.М.⁽²⁾,
Бродніковська І.В.⁽²⁾, Барановський Д.І.⁽²⁾, Бричевський М.М.⁽²⁾, Васильєв О.Д.⁽²⁾**

⁽¹⁾ Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України
03680, Київ-142, пр. Паладіна 32/34, belous@ionc.kiev.ua

⁽²⁾ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України
03680, Київ, вул. Кржижановського 3, bregor@ukr.net

Перспективність створення керамічних оксидних паливних комірок на основі багатошарових систем обумовлена високою ефективністю, компактністю та екологічністю. Зниження товщини шару електроліту та перехід до плівкової конструкції зменшує омичні втрати, що дозволяє суттєво збільшити питому потужність оксидних паливних комірок.

З цією метою, на даному етапі роботи, нами була розроблена методологія одержання багатошарових щільних товстих плівок електроліту, як складової паливної комірки.

В якості багатошарової, щільної, товстої плівки електроліту використовували диоксид цирконію ZrO_2 , стабілізований в кубічній фазі складними оксидами скандію (III) і церію (IV) - $(ZrO_2)_{0.80}(Sc_2O_3)_{0.14}(Ce_2O_3)_{0.06}$ (ZSC). Для порівняння додатково синтезували диоксид цирконію, стабілізований 8 мас.% оксидом іттрію (8YSZ). Слабоагломеровані нанопорошки ZSC та 8YSZ

Зразок/товщина	Загальна провідність при 600°C, См/см	Енергія активації, еВ
Система 8YSZ		
Плівка/160 мкм	$8,4 \cdot 10^{-3}$	1,04
Плівка/260 мкм	$7,1 \cdot 10^{-3}$	1,03
Плівка/430 мкм	$5,8 \cdot 10^{-3}$	1,0
Кераміка	$5,2 \cdot 10^{-3}$	0,98

одержували шляхом осадження аміаком з водних розчинів $ZrOCl_2$, $Sc(NO_3)_3$, $Ce(NO_3)_3$, $Y(NO_3)_3$. Згідно аналізу рентгенограм, одержані слабоагломеровані нанопорошки 8YSZ і ZSC однофазні. Товсті плівки електроліту складів ZSC та 8YSZ отримували методом лиття (tape casting) суспензії, що включала органічну (полівінілбутираль, поліфталат) та неорганічну (слабоагломеровані нанопорошки відповідних складів). Гомогенізацію суспензії проводили на планетарному млині протягом 2 год при швидкості обертання 300 об/хв. Встановлено оптимальні співвідношення

органічна/неорганічна складові становить 30-40 мас.%. Нанесення товстих плівок здійснювалось на підкладку з полімерного матеріалу з гідрофобним шаром, що дозволяло знімати плівки при випаровуванні розчинників. Для лиття товстих плівок електроліту складів ZSC та 8YSZ використовували прилад Film Applicator and Drying Time Recorder COATMASTER 510 оснащений спеціальним ножом. Надшвидкий нагрів (термоудар) від 20 до 500°C з подальшим повільним (1°C/хв) нагрівом до завершальній температури синтезу 1200 - 1300 °C дозволив помітно підвищити щільність товстих плівок ZSC та 8YSZ.

Проведені імпедансні дослідження товстих плівок ZSC та 8YSZ в широкому частотному (1 Гц - 32 МГц) та температурному (20-700°C) діапазонах показали, що плівки складу ZSC характеризуються високою провідністю по кисню, а саме: $1.8 \cdot 10^{-2}$ См/см (при 600°C); $9 \cdot 10^{-2}$ См/см (при 700 °C). Електрофізичні властивості синтезованих товстих плівок складів ZSC та 8YSZ різної товщини в порівнянні з керамічними зразками однакових складів представлені в таблиці. При зменшенні товщини плівки спостерігається збільшення провідності матеріалу, а також спостерігається підвищення енергії активації. Встановлено, що дані багатошарові, щільні, товсті плівки електроліту можуть бути використані при виготовленні низькотемпературної (600 °C) паливної комірки.

ВІДПРАЦЮВАННЯ РЕЖИМІВ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНОЇ ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ МЕТОДОМ СТРІЧКОВОГО ЛИТТЯ

Бродніковський Є.М.⁽¹⁾, **Полішко І.О.**⁽¹⁾, **Лисуненко Н.О.**⁽¹⁾, **Іванченко С.Е.**⁽¹⁾,
Бродніковський Д.М.⁽¹⁾, **Чедрик В.І.**⁽²⁾, **Бродніковська І.В.**⁽¹⁾, **Барановський Д.І.**⁽¹⁾,
В'юнов О.І.⁽³⁾, **Коваленко Л.Л.**⁽³⁾, **Янчевський О.З.**⁽³⁾, **Васильєв О.Д.**⁽¹⁾, **Рагуля А.В.**⁽¹⁾,
Білоус А.Г.⁽³⁾

⁽¹⁾ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
03142, вул. Кржижановського, 3, м. Київ, bregor@ukr.net

⁽²⁾ Інститут Фізичної Хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України,
03028, пр-т Науки, 31, Київ.

⁽³⁾ Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України,
03680, пр. Паладіна 32/34, Київ-142, belous@ionc.kiev.ua

На сьогодні, основною перешкодою до широкого впровадження енергетичних систем на основі керамічної паливної комірки (КПК) є потреба у зниженні робочої температури до 600 °С зі збереженням високої ефективності роботи. Високі робочі температури накладають жорсткі вимоги щодо матеріалів складових енергосистеми. Зниження температури дозволяє збільшити номенклатуру матеріалів, які можуть бути використані при виготовленні енергосистеми на основі КПК, та підвищити її надійність при довготривалій роботі, що, відповідно, зробить їх комерційно привабливішими. Відомо, що зниження робочої температури призводить до зниження іонної провідності традиційного цирконій-оксидного електроліту і, як наслідок, ефективності роботи всієї комірки. Вирішення цієї проблеми можливе через використання альтернативного електролітного матеріалу з вищою іонною провідністю, або через зменшення товщини електроліту.

Перший етап проекту був присвячений відпрацюванню режимів виготовлення щільного електроліту на основі діоксиду цирконію стабілізованого 8-мол.% оксиду ітрію (8YSZ) методом стрічкового лиття та КПК на його основі. Для мінімізації омичних втрат товщина електроліту має бути якомога меншою. Проте, у конфігурації КПК на основі електроліту, останній є фактично її носієм, а отже має мати достатній рівень міцності, який забезпечується, в основному, його товщиною. Було розроблено електроліти різної товщини. Зміна товщини досягалась ламінуванням різної кількості стрічок. Так, спечені при 1400 °С стрічки електроліту мали товщину від 80 - 320 мкм. Іонна провідність спечених електролітів була виміряна в широкому частотному (32 МГц - 1Гц) та температурному (20-700°C) діапазонах за допомогою приладів 1260 Frequency Response Analyzer і 1296 Dielectric Interface (Solartron). Встановлено, що при температурі 600°C при збільшенні товщини плівки відбувається зменшення електричної провідності, а саме плівка електроліту товщиною 80 мкм мали провідність $8.5 \cdot 10^{-3}$ См/см, а у плівка 320 мкм – $5.5 \cdot 10^{-3}$ См/см. Саме плівка товщиною 320 мкм не поступається по провідності керамічному зразку одного складу (при 600°C провідність керамічного зразка дорівнює $5.2 \cdot 10^{-3}$ См/см), а механічна міцність плівки вже достатня для нанесення послідовних шарів анодного та катодного матеріалів. Встановлено, що синтезовані плівки електроліту можуть бути використані при виготовленні низькотемпературної (600°C) паливної комірки.

Проведено дослідження електричних властивостей КПК в залежності від потоків модельного палива та окисника (повітря). Досліджено КПК при потоці 0,1–0,7 л/хв палива 5%Н₂-95%Аг за сталого потоку повітря 1л/хв та за умов, де окисник змінювався від 0,15 до 1,15 л/хв, а витрата 5%Н₂-95%Аг палива становила 0,35л/хв. Встановлена найвища ефективність роботи досліджуваної КПК, відповідно до електричних показників, при потоці палива 0,35 л/хв і окисника (повітря) – 1 л/хв.

ОДЕРЖАННЯ НА ОСНОВІ КАРБОНІЗОВАНИХ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ АЗОТВІСНИХ СПРЯЖЕНИХ ПОЛІМЕРІВ ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРІВ ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ ДЛЯ ПАЛИВНИХ КОМІРОК

Курись Я.І., Парійська О.О., Мазур Д.О., Кошечко В.Г., Походенко В.Д.

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України
03028, Київ-28, пр. Науки 31, e-mail: kurys@inphyschem-nas.kiev.ua

Шляхом високотемпературної обробки (800°C, 2 год, Ar) нітрату Co (II) разом з допованим борною кислотою поліаніліном (ПАНі-В) або полі-3-амінофенілборною кислотою (ПАФБК), як джерел вуглецю, азоту та бору одночасно, одержано нові Co-N,В-С наноккомпозити та досліджено їх електрокаталітичні властивості у реакції відновлення кисню (РВК). Встановлено, що каталізатор одержаний із застосуванням ПАНі-В, характеризується більш позитивним значенням потенціалу початку відновлення кисню (E_{onset}) порівняно з сформованим на основі ПАФБК – 735 та 725 мВ (відн. RHE) у 0,5 М H₂SO₄ та 885 та 870 мВ у 1,0 М NaOH. Відновлення кисню на Co-N,В-С каталізаторі, одержаному із застосуванням ПАНі-В в обох досліджених електролітах відбувається переважно за прямим 4-х електронним механізмом (вихід перекису водню ~ 1%), а величина тафельського нахилу (b) складає ~ 150 та 60 мВ/порядок у кислому та лужному середовищах, відповідно.

Показано можливість ефективної заміни традиційного поліаніліну (ПАНі) на полі-о-амінобензойну кислоту (ПАБК) при створенні піролізованих Co-N-С електрокаталізаторів РВК, що, з одного боку, дозволяє не порушувати тип полімерного джерела азоту (оскільки ПАБК зазнає декарбоксілювання з утворенням ПАНі вже за температур ~ 200°C), а з іншого – забезпечує більш розвинену, порувату структуру каталізатору за рахунок виділення CO₂ в процесі декарбоксілювання ПАБК. Інший, реалізований в рамках виконання даного етапу роботи, підхід до підвищення доступної для розчину електроліту площі поверхні каталізатору, що зумовлює його функціональні переваги, полягав у застосуванні при формуванні Co-N-С композиту ПАНі, наноструктурованого за допомогою «м'якого» темплату – β-циклодекстрину. В результаті проведених електрохімічних досліджень було встановлено, що такий Co-N-С каталізатор не тільки має більшу площу електрохімічно активної поверхні, порівняно з аналогом на основі неструктурованого ПАНі, але й забезпечує в процесі відновлення кисню менший вихід H₂O₂ (на ~ 8 та 3 % у 0,5 М H₂SO₄ та 1,0 М NaOH, відповідно).

За допомогою методу дискового електроду, що обертається, з кільцем визначено основні параметри РВК (E_{onset} , $E_{1/2}$, b, число електронів n, що беруть участь в електрохімічному відновленні молекули O₂, кількість утвореного H₂O₂ та долю електронів, що приймають участь у 4-х електронному процесі) для одержаного піролізом із застосуванням полі-2,6-діамінопіридину (ПДАП) та багатошарового графену (БШГ) Co-N-С композиту, що містить частинки сульфід кобальту– Co₉S₈/Co-N_{ПДАП-СБШГ}, а також аналогу, одержаного на основі ацетиленової сажі (АС) – Co₉S₈/Co-N_{ПДАП-С}. Встановлено, що Co₉S₈/Co-N_{ПДАП-СБШГ} характеризується вищою активністю у РВК, порівняно з Co₉S₈/Co-N_{ПДАП-С}, що може бути пов'язано з домінуванням у складі таких каталізаторів різних активних центрів (CoN_x, C/N_x, Co₉S₈), на яких відбувається адсорбція, активація та каталітичні перетворення O₂. На підставі аналізу розрахованих основних параметрів РВК зроблено припущення, що відновлення кисню на Co₉S₈/Co-N_{ПДАП-СБШГ} переважно контролюється одночасно перенесенням заряду і міграцією інтермедіатів, а на Co₉S₈/Co-N_{ПДАП-С} – електрохімічною стадією переносу першого електрона та адсорбцією O₂ на активних центрах, причому на обох каталізаторах домінуючим є пряме 4-х електронне відновлення кисню до води, а невеликий вклад 2-х електронного процесу знижується зі збільшенням перенапруги. Встановлено високу толерантність одержаного Co₉S₈/Co-N_{ПДАП-СБШГ} до СО та метанолу, які здатні отруювати каталізатори РВК, зокрема платиновмісні, в умовах роботи водневих та метанольних паливних комірок, що зумовлює перспективи його практичного застосування.

СТВОРЕННЯ ПРОТОНООБМІННИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПАЛИВНИХ КОМІРОК НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ МЕМБРАН І ОЛІГОМЕРНИХ ЙОННИХ РІДИН

Стрюцький О.В., Гуменна М.А., Клименко Н.С., Шевченко В.В.

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України
02160, Київ, Харківське шосе, 48, e-mail: valpshevchenko@gmail.com

Полімерелектролітні паливні комірки характеризуються високими показниками ефективності перетворення хімічної енергії палива в електричну та екологічною безпечністю. Вони знаходять застосування як джерела енергії в пристроях як стаціонарного, так і мобільного призначення. Основною складовою таких паливних елементів є мембранно-електродний блок, роль ключового елемента якого виконує полімерна протонобмінна мембрана (ППМ). Найбільшого поширення отримали паливні комірки, які базуються на використанні ППМ на основі аліфатичних сульфокислотних перфторованих полімерів типу Nafion. Експлуатація даних мембран має суттєві обмеження, пов'язані з необхідністю високої вологості для досягнення необхідного рівня протонної провідності, високими вимогами до чистоти водню, використанням дорогих каталізаторів, кросовером палива і т.д. Ці недоліки в поєднанні з високою вартістю перфторованих мембран є лімітуючим фактором на шляху підвищення характеристик паливних комірок, їх конкурентноспроможності та масштабного впровадження. Основним шляхом усунення вказаних недоліків є надання здатності полімерелектролітним паливним коміркам функціонувати в інтервалі температур 100-200°C, що висуває нові вимоги до експлуатаційних характеристик ППМ.

Серед ефективних способів вирішення даної проблеми є відповідна функціоналізація промислових термостійких полімерів, в тому числі формування неводного протонпровідного середовища в їх складі. Для формування останнього широкого застосування набули йонні рідини, які, однак, схильні до дифузії зі складу мембран в процесі їх функціонування, що значно погіршує експлуатаційні характеристики.

Нами розвивається напрямок розробки олігомерних та полімерних йонних рідин різної будови та молекулярної архітектури і використання їх як протонпровідних середовищ при створенні термостабільних ППМ, здатних функціонувати при температурах вище 100°C за відсутності зволоження. При цьому використовувані сполуки формують неводне йонпровідне середовище в складі ППМ, а їх макромолекулярний стан протидіє дифузії з мембрани.

В даній роботі запропоновано методи синтезу полімерних йонних рідин гіперрозгалуженої будови, здатних до йонної провідності в безводних умовах. Розроблені сполуки використано як протонпровідні середовища при отриманні ППМ на основі пористих термостабільних промислових здатних функціонувати за температур вище 100°C за відсутності зволоження.

Запропоновано метод синтезу протонних йонноповдовжених олігоетиленоксидних полімерів кислотно-основного типу нейтралізацією кінцевих кислотних груп сульфопохідного гіперрозгалуженого олігоестерполіолу третинними аміногрупами α,ω -діамінопохідного олігоетиленоксиду з молекулярною масою 1000 г/моль. Синтезовані галатотелехелеві сполуки характеризуються термічною стабільністю до 260-270°C та величиною протонної провідності 10^{-3} См/см за температур 120°C в безводних умовах. Методом просочування з розчину їх вводили до складу заданої пористості полісульфонових або трекових поліетилентерефталатних мембран. Для регулювання і фіксації просторової структури і агрегатного стану введених в пори мембран протонпровідних середовищ проводили їх хімічну модифікацію органічними і кремній-органічними реакційноздатними сполуками. Наявність олігоетиленоксидної складової в складі сформованої гетерогенної структури забезпечувала утворення каналу протонного переносу. Розроблені ППМ характеризуються величиною протонної провідності на рівні 10^{-5} - 10^{-4} См/см за температур 120°C в безводних умовах.

РОЗРОБЛЕННЯ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ КАТАЛІЗАТОРІВ ТА НОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ БІОГАЗУ З ОТРИМАННЯМ ВОДНЕВОГО ПАЛИВА ДЛЯ МОДУЛЯ КОНВЕРСІЇ МЕТАНУ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Кирієнко П.І., Капран А.Ю., Курилець Я.П., Ларіна О.В., Соловійов С.О.

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України
проспект Науки, 31, Київ, 03028 Україна, soloviev@ukr.net

Процеси каталітичної конверсії метану лежать в основі технології «газ-у-рідину» (GTL, газ-рідина). Останнім часом велику увагу привертає реакція вуглекислотної конверсії метану (ВКМ) $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \leftrightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$ ($\Delta H_0 = + 247$ кДж/моль), яка дозволяє отримувати синтез-газ складу $\text{CO}:\text{H}_2 \sim 1$, необхідний для синтезу диметилового ефіру, спиртів, інших цінних органічних сполук. Ці процеси розглядаються як спосіб переробки біогазу, а також утилізації парникових газів – CO_2 та CH_4 .

Даний проект спрямований на вирішення актуальної наукової проблеми створення ефективних каталізаторів для процесів вуглекислотної конверсії метану, які будуть поєднувати високу активність із стійкістю до науглецювання поверхні, а також до дії каталітичних отрут, насамперед – сполук сірки.

В процесі виконання проекту розроблено методику синтезу структурованих каталізаторів ВКМ шляхом одночасного нанесення на керамічні блокові матриці з кордієриту ($2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{MgO} \cdot 5\text{SiO}_2$) активного компонента (NiO), вторинного носія (Al_2O_3), модифікованого оксидами лужних (K_2O , Na_2O) та модифікуючих добавок рідкісноземельних металів (La_2O_3 , CeO_2) з використанням золь-гель технологій.

Одержані за такою технологією багатокомпонентні наноконпозиційні нікельвмісні каталізатори характеризуються високою активністю, певною стійкістю до науглецювання, що дозволяє здійснювати процеси вуглекислотної конверсії метану в стаціонарному режимі.

Використання модифікуючих добавок з невисоким редокс-потенціалом (La_2O_3 , CeO_2), дає можливість реалізувати метод інтенсифікації процесу ВКМ шляхом введення в реакційну газову суміш добавки кисню. Це зменшує загальну ендотермічність процесу, уповільнює швидкість накопичення вуглецю на поверхні каталізатора, а також дозволяє в певних межах варіювати співвідношенням $\text{CO}:\text{H}_2$ в конвертованому газі.

Показано, що введення кисню в газову реакційну суміш сприяє збільшенню величини конверсії метану в ізотермічних умовах, при цьому селективність за воднем практично не змінюється. Навіть певний надлишок кисню не призводить до дезактивації каталізатора, що дозволяє варіювати співвідношення $\text{O}_2:\text{CH}_4$ в певних межах для отримання синтез-газу різного складу. Введення кисню в реакційну газову суміш також уповільнює процеси науглецювання поверхні.

Вперше показано, що цеоліти Ni-BEA з високим модулем Si/Al, приготовані шляхом постсинтетичної обробки, проявляють високу активність та стабільність у процесі низькотемпературної вуглекислотної конверсії метану – суміші, що моделює біогаз (99 % перетворення метану при $T \leq 700$ °C). Встановлено, що деалюмінівання сприяє суттєвому зниженню концентрації алюміній-вмісних кислотних центрів (повна відсутність кислотних центрів Бренстеда) на поверхні каталізатора, які зазвичай є центрами утворення поверхневого вуглецю, що перешкоджає застосуванню цеолітів як носіїв каталізаторів ВКМ.

Встановлено, що деалюмінівані каталізатори Ni-BEA витримують декілька каталітичних циклів без втрати активності навіть за відсутності надлишку окисника. Результати дослідження каталізаторів методом РФЕС після перебігу процесу ВКМ засвідчили стабілізацію катіонів нікелю в структурі цеоліту. Модифікування Ni-BEA оксидом церію сприяє підвищенню їх активності та стабільності у процесі ВКМ, а модифікування La_2O_3 – навпаки, зниженню активності порівняно з немодифікованим Ni-BEA. Останнє є нетиповим для каталізаторів ВКМ і може бути зумовлено відмінностями у впливі вказаного допанту на кислотно-основні характеристики Ni-BEA каталізаторів (відповідно до даних досліджень методом ІЧС з піридином). Загалом, композиції Ni-BEA, приготовані запропонованим методом, є перспективними каталізаторами конверсії біогазу з отриманням водневого палива.

Вперше показано, що застосування холодної плазми у присутності метал-оксидних і цеолітних каталізаторів дозволяє набагато знизити температури досягнення високих ступенів перетворення метану та вуглекислого газу до CO та H_2 .

Оглавление

РЕГЛАМЕНТ РОБОТИ.....	3
ПРОГРАМА	4
ТЕЗИ ЗА ПРОЕКТАМИ.....	9
ПІДВИЩЕННЯ ВИХОДУ БІОВОДНЮ У ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРОМИСЛОВІЙ УСТАНОВЦІ ОБ'ЄМОМ 240 л ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ	10
Говоруха В.М., Гаврилюк О.А., Таширєв О.Б.	10
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЛІЗНИХ СИСТЕМ ВИСОКОГО ТИСКУ ДЛЯ ГЕЛІОВОДНЕВИХ АВТОНОМНИХ УСТАНОВОК ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	11
Соловей В.В., <u>Зіпунніков М.М.</u> , Воробйова І.О., Семикін В.М.	11
АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ З КОНВЕРСІЇ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ.СТВОРЕННЯ АВТОНОМНОЇ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ ВОДНЕВОЇ УСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГАЗИФІКАТОРА-ТРАНСФОРМЕРА, ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА НА ДВИГУНІ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ТА КОТЛА-УТИЛІЗАТОРА.....	12
<u>Дудник О.М.</u> , Соколовська І.С.	12
РОЗРОБИТИ ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ТА ПРОВЕСТИ РОЗРАХУНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІТРОВОЇ, СОНЯЧНОЇ І ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПРИКЛАДІ КОНКРЕТНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ. 13	
<u>Морозов Ю.П.</u> , Кудря С.О., Кузнєцов М.П.	13
РОЗРОБЛЕННЯ НАУКОВИХ ЗАСАД ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ В УКРАЇНІ	14
<u>Кудря С.О.</u> , Кузнєцов М.П., Морозов Ю.П.	14
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРТАТИВНОГО КАТАЛІТИЧНОГО РЕАКТОРА ПАРОВОГО РИФОРМІНГУ БІОЕТАНОЛУ ДЛЯ РОБОТИ ВОДНЕВОЇ ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ.....	15
<u>Трипольський А.І.</u> , Долгіх Л.Ю., Пятницький Ю.І., Столярчук І.Л., Старая Л.О., Стрижак П.Є.	15
СИНТЕЗ ЕЛЕКТРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ОКСИДІВ, ХАЛЬКОГЕНІДІВ, ВАНАДАТІВ МЕТАЛІВ ТА ГРАФЕНОПОДІБНИХ СПОЛУК ДЛЯ ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ СИСТЕМИ З ОТРИМАННЯМ ВОДНЮ. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОМІРКИ З АКУМУЛЮВАННЯМ ВОДНЮ ТА ПОВІТРЯНИМ ЕЛЕКТРОДОМ.....	16
<u>Русецький І.А.</u> , Данилов М.О., Фоманюк С.С., Щербакєва Л.Г. ⁽¹⁾ , Патлун Д.В. ⁽¹⁾ , Колбасєв Г.Я., Солонін Ю.М. ⁽¹⁾	16
СТВОРЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ МОДЕЛІ РЕАКТОРА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПЛАЗМОВО-ПАРОКИСНЕВОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ ДОННИХ МУЛІВ І ВИКОНАННЯ ОЦІНОК РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ В ОБ'ЄМІ РЕАКТОРА	17
<u>Жовтянський В.А.</u> , Назаренко В.Г., Остапчук М.В.	17
ВИКОРИСТАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ВОДНЮ У МОТОТРАНСПОРТІ.....	18
<u>Щур Д.В.</u> , Золотаренко Ан. Д., Золотаренко Ал. Д., Копилова Л.І., Шапошнікова Т.І., ⁽²⁾ Сагдієв М. С.	18
ПРОРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПО ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЇ ЗВАРНОГО ТОНКОСТІННОГО ГЕРМЕТИЧНОГО КОРПУСУ, ФОРМУВАННЮ ЙОГО ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ТА ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ	19
Савицький М.М., <u>Савицький О.М.</u> , Ващенко В.М., Шкрабалюк Ю.М.	19
МЕХАНОСИНТЕЗ ГІДРОУТВОРЮЮЧОГО СПЛАВУ Mg + 10 % ваг. Ni РЕАКТИВНИМ ПОМЕЛОМ СУМІШІ ПОРОШКІВ Mg і Ni ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ВОДЕНЬСОРБУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ТЕМПЕРАТУРИ І КІНЕТИКИ РОЗКЛАДУ	20
<u>Єршєва О.Г.</u> , Солонін Ю.М.	20

СТВОРЕННЯ МН ЕЛЕКТРОДІВ З ЗАДАНИМ КОМПЛЕКСОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І ВИПРОБУВАННЯ ЇХ НА СУМІСНІСТЬ І ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАРЯДЖЕННЯ У ПАРІ З ФОТОАНОДОМ У ФЕХ КОМІРЦІ	21
<u>Щербакова Л.Г.</u> , Патлун Д.В., Крапивка М.О., Грайворонська К.А., Солонін Ю.М.....	21
СИНТЕЗ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ГІДРИДУ МАГНІЮ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ	22
Березовець В.В., <u>Вербовицький Ю.В.</u> , Завалій І.Ю.....	22
МЕТАЛОГІДРИДНІ АКУМУЛЯТОРИ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДАЧІ ВОДНЮ ДО ПАЛИВНИХ КОМІРОК.....	23
Мацевитий Ю.М., Авраменко А.М., <u>Чорна Н.А.</u>	23
«ІНФОРМАЦІЙНИЙ СУПРОВІД, ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ДАНИХ ЗА ЗМІСТОМ ПРОЕКТІВ ПРОГРАМИ «РОЗВИТОК НАУКОВИХ ЗАСАД ОТРИМАННЯ, ЗБЕРІГАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В СИСТЕМАХ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ».....	24
<u>Білан І.І.</u> , Левіна Д.А., Гудименко Т.В. Рудий Р.Б.,Ковальова Л.О.....	24
ВИГОТОВЛЕННЯ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АНОДІВ-ПІДКЛАДОК ТОПК: КЕРАМІКИ СИСТЕМИ $ZrO_2-Y_2O_3-NiO$ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ІПМ НАНУ (СТРІЧКОВЕ ЛИТВО) ТА КЕРАМІКИ СИСТЕМИ $ZrO_2-Y_2O_3-NiO-CuO-Al_2O_3$ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ДФТІ НАНУ (СПКАННЯ НАНОПОРОШКІВ). ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ ТА МІЦНОСТІ І ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ЗА ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО (ВОДЕНЬ) ТА ОКИСЛЮВАЛЬНОГО (ПОВІТРЯ) СЕРЕДОВИЩА. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ МАХ-ФАЗИ СТРУКТУРНОГО ТИПУ 211 ДЛЯ З'ЄДНУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТОПК НА ЇХ ЖАРОМІЦНІСТЬ, ВОДНЕВОТРИВКІСТЬ І ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ	25
Осташ О.П. ⁽¹⁾ , Василів Б.Д. ⁽¹⁾ , <u>Подгурська В.Я.</u> ⁽¹⁾ , Васильєв О.Д. ⁽²⁾ , Бродніковський Є.М. ⁽²⁾ , Полішко І.О. ⁽²⁾ , Даніленко І.А. ⁽³⁾ , Шило А.В. ⁽³⁾ Пріхна Т.О. ⁽⁴⁾ , Свєрдун В.Б. ⁽⁴⁾	25
РОЗРОБКА, ВИПРОБУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВОДНЮ З ВОДИ, А ТАКОЖ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРІВ ТА КАТАЛІТИЧНИХ ЧОРНИЛ ДЛЯ ПАЛИВНИХ КОМІРОК.....	26
<u>Пірський Ю.К.</u> , Манілевич Ф.Д., Панчишин Т.М., Данильцев Б.І., Куций А.В.	26
ПРОВЕДЕННЯ СТРУКТУРНИХ, ІМПЕДАНСНИХ ТА ЕЛЕКТРОННОМІКРОСКОПІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БАГАТОШАРОВИХ СИСТЕМ КЕРАМІЧНОГО ЕЛЕКТРОЛІТУ.	27
<u>В'юнов О.І.</u> ⁽¹⁾ , Коваленко Л.Л. ⁽¹⁾ , Янчевський О. З. ⁽¹⁾ , Білоус А.Г. ⁽¹⁾ , Полішко І.О. ⁽²⁾ , Бродніковський Є.М. ⁽²⁾ , Іванченко С.Е. ⁽²⁾ , Лисуненко Н.О. ⁽²⁾ , Бродніковський Д.М. ⁽²⁾ , Бродніковська І.В. ⁽²⁾ , Барановський Д.І. ⁽²⁾ , Бричевський М.М. ⁽²⁾ , Васильєв О.Д. ⁽²⁾	27
ВІДПРАЦЮВАННЯ РЕЖИМІВ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНОЇ ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ МЕТОДОМ СТРІЧКОВОГО ЛИТТЯ.....	28
<u>Бродніковський Є.М.</u> ⁽¹⁾ , Полішко І.О. ⁽¹⁾ , Лисуненко Н.О. ⁽¹⁾ , Іванченко С.Е. ⁽¹⁾ , Бродніковський Д.М. ⁽¹⁾ , Чедрик В.І. ⁽²⁾ , Бродніковська І.В. ⁽¹⁾ , Барановський Д.І. ⁽¹⁾ , В'юнов О.І. ⁽³⁾ , Коваленко Л.Л. ⁽³⁾ , Янчевський О. З. ⁽³⁾ , Васильєв О.Д. ⁽¹⁾ , Рагуля А.В. ⁽¹⁾ , Білоус А.Г. ⁽³⁾	28
ОДЕРЖАННЯ НА ОСНОВІ КАРБОНІЗОВАНИХ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ АЗОТВІСНИХ СПРЯЖЕНИХ ПОЛІМЕРІВ ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРІВ ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ ДЛЯ ПАЛИВНИХ КОМІРОК.....	29
<u>Курись Я.І.</u> , Парійська О.О., Мазур Д.О., Кошечко В.Г., Походенко В.Д.	29
СТВОРЕННЯ ПРОТОНООБМІННИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПАЛИВНИХ КОМІРОК НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ МЕМБРАН І ОЛІГОМЕРНИХ ЙОННИХ РІДИН.....	30
<u>Стрюцький О.В.</u> , Гуменна М.А., Клименко Н.С., Шевченко В.В.	30
РОЗРОБЛЕННЯ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ КАТАЛІЗАТОРІВ ТА НОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ БІОГАЗУ З ОТРИМАННЯМ ВОДНЕВОГО ПАЛИВА ДЛЯ МОДУЛЯ КОНВЕРСІЇ МЕТАНУ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	31
Кириєнко П.І., Капран А.Ю., Курилець Я.П., Ларіна О.В., Соловійов С.О.....	31

Авторський показник

Авраменко А.М.	23	Ларіна О.В.	31
Барановський Д.І.	27, 28	Левіна Д.А.	24
Березовець В.В.	22	Лисуненко Н.О.	28
Білан І.І.	24	Мазур Д.О.	29
Білоус А.Г.	27, 28	Манілевич Ф.Д.	26
Бричевський М.М.	27	Мацевитий Ю.М.	23
Бродніковська І.В.	27, 28	Морозов Ю.П.	13, 14
Бродніковський Д.М.	28	Назаренко В.Г.	17
Бродніковський Є.М.	25, 27, 28	Остапчук М.В.	17
В'юнов О.І.	27, 28	Осташ О.П.	25
Василів Б.Д.	25	Панчишин Т.М.	26
Васильєв О.Д.	25, 27, 28	Парійська О.О.	29
Ващенко В.М.	19	Патлун Д.В.	16, 21
Вербовицький Ю.В.	22	Пірський Ю.К.	26
Воробйова І.О.	11	Подгурська В.Я.	25
Гаврилюк О.А.	10	Полішко І.О.	25, 27, 28
Говоруха В.М.	10	Походенко В.Д.	29
Грайворонська К.А.	21	Пріхна Т.О.	25
Гудименко Т.В.	24	Пятницький Ю.І.	15
Гуменна М.А.	30	Рагуля А.В.	28
Данилов М.О.	16	Рудий Р.Б.	24
Данильцев Б.І.	26	Русецький І.А.	16
Даніленко І.А.	25	Савицький М.М.	19
Долгіх Л.Ю.	15	Савицький О.М.	19
Дудник О.М.	12	Сагдієв М. С.	18
Єршова О.Г.	20	Свердун В.Б.	25
Жовтянський В.А.	17	Семикін В.М.	11
Завалій І.Ю.	22	Соколовська І.С.	12
Зіпунніков М.М.	11	Соловей В.В.	11
Золотаренко Ал. Д.	18	Соловійов С.О.	31
Золотаренко Ан. Д.	18	Солонін Ю.М.	16, 20, 21
Іванченко С.Е.	28	Старая Л.О.	15
Капран А.Ю.	31	Столярчук І.Л.	15
Кириєнко П.І.	31	Стрижак П.Є.	15
Клименко Н.С.	30	Стрюцький О.В.	30
Коваленко Л.Л.	27, 28	Таширєв О.Б.	10
Ковальова Л.О.	24	Трипольський А.І.	15
Колбасов Г.Я.	16	Фоманюк С.С.	16
Копилова Л.І.	18	Чедрик В.І.	28
Кошечко В.Г.	29	Чорна Н.А.	23
Крапивка М.О.	21	Шапошнікова Т.І.	18
Кудря С.О.	13, 14	Шевченко В.В.	30
Кузнєцов М.П.	13, 14	Шило А.В.	25
Курилець Я.П.	31	Шкрабалюк Ю.М.	19
Курись Я.І.	29	Щербаківа Л.Г.	16, 21
Куций А.В.	26	Щур Д.В.	18
		Янчевський О. З.	27, 28

ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА (ЦКП)

НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ

*«Розвиток наукових засад отримання, зберігання
та використання водню в системах автономного
енергозабезпечення»*

НАУКОВА ЗВІТНА СЕСІЯ

Регламент та програма сесії

Редактор О.Г.Єршова

Коректор Л.О.Ковальова

Комп'ютерне верстання Т.В.Гудименко

Підп. до друку 3.12.2019. Формат 70x108/16.

Пап. офс. Друк офс.

Учб.-вид.л.13. Тираж. 40. Замовлення 420

Дільниця оперативної поліграфії

Інститута проблем матеріалознавства

ім. І.М.Францевича НАН України

03680, Київ-142, вул. Кржижановського, 3