

„ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор Інституту проблем матеріалознавства
ім. І. М. Францевича НАН України
чл.-кор. НАН України



Геннадій БАГЛЮК

04 червня 2025 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 6/III-6 засідання секції вченої ради Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України «Матеріалознавство порошкових та композиційних матеріалів і покриттів» від 04.06.2025 р.

БУЛИ ПРИСУТНІ:

чл.-кор. НАН України, д.т.н. О.Б.Згалат-Лозинський - голова секції,

к.т.н. Т.М. Павлиго - секретар секції,

академік НАН України, д.ф.-м.н. Ю.М.Солонін, чл.-кор. НАН України, д.т.н. Г. А. Баглюк, д.т.н. О.І.Гетьман, д.т.н. О.В.Михайлов, д.т.н. О.К.Радченко, д.т.н. Г.О.Фролов, д.т.н. М.І.Гречанюк, д.т.н. О.П.Уманський, д.т.н. А.І.Троцан, д.т.н. В.П.Солнцев, д.х.н. О.В.Дуднік, к.т.н. О.І.Толочин, к.т.н. О.В.Хоменко, к.т.н. О.В.Власова та інші.

СЛУХАЛИ: Доповідь наукового співробітника Полішко Ігоря Олександровича (лабораторія керамічних паливних комірок відділу №22 Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України) «Оптимізація структури і властивостей Ni-ZrO₂ паливного електроду керамічної паливної комірки», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – «Матеріалознавство».

Науковий керівник роботи – пров. наук. співроб., д.ф.-м.н. Васильєв Олександр Дмитрович.

Тему дисертації затверджено на засіданні Вченої ради Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України 22 березня 2016 року, протокол №2.

ВИСТУПИЛИ:

З питаннями:

академік НАН України, д.ф.-м.н. Ю.М.Солонін, д.т.н. А.І.Троцан, к.т.н. О.В.Власова, д.т.н. О.І.Гетьман, чл.-кор. НАН України, д.т.н. Г. А. Баглюк, чл.-кор. НАН України, д.т.н. О.Б.Згалат-Лозинський.

З рецензіями:

д.ф.-м.н. Подрезов Юрій Миколайович

В обговоренні взяли участь:

д.ф.-м.н. Ю.М.Подрезов – рецензент, академік НАН України, д.ф.-м.н. Ю.М.Солонін, к.т.н. Є.М.Бродніковський, академік НАН України, д.ф.-м.н. С.О.Фірстов, чл.-кор. НАН України, д.т.н. Г. А. Баглюк, чл.-кор. НАН України, д.т.н. О.Б.Згалат-Лозинський, д.ф.-м.н. О.Д.Васильєв.

В результаті обговорення та обміну думками **засідання відзначає:**

Актуальність даної роботи полягає у потребі людства все більшої кількості корисних видів енергії, електричної та теплової. Разом з тим все актуальнішими стають і питання щодо скінченності енергетичних ресурсів, забруднення довкілля та впливу енергетики на клімат.

На сьогодні, одним із найбільш перспективних альтернативних традиційним засобам виробництва електрики і, відповідно, тепла вважаються паливні комірки (ПК). ПК є

пристроями, які здійснюють пряме перетворення хімічної енергії палива в електрику і тепло. ПК – є ключовою технологією водневої енергетики.

Європейська асоціація «The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking» (FCH JU) вже запровадила так звану Водневу карту (Hydrogen Roadmap) розвитку енергетики Європейського Союзу, за якою передбачається, що до 2050 року близько 24 % електроенергії має забезпечуватися саме паливними комітками з водню.

Серед усіх різновидів ПК найперспективнішими для стаціонарного використання зараз є керамічні паливні комітки (КПК). Через використання ними твердого (керамічного) електроліту та високих робочих температур (600-800 °C), КПК демонструють ряд очевидних переваг, а саме: найвищу ефективність роботи, високу надійність та гнучкість вибору палива (водень, CO, синтез- газ, вуглеводні). Їм не потрібні каталізатори з металів платинової групи, вони є безпечними при використанні і процес виробництва електрики є екологічно чистим.

Надзвичайно важливим є й те, що Україна посідає третє у Світі місце за розміром потрібних для виготовлення коміток природних копалин, а саме піску-циркону ($ZrSiO_4$). Тобто, Україна володіє всіма необхідними передумовами для реалізації концепції «From Powder to Power», яка передбачає створення повного виробничого циклу високотехнологічних енергогенеруючих систем на базі паливних коміток із використанням власної сировини.

Не зважаючи на суттєвий прогрес у відпрацюванні паливно-комітчаній технології, для подальшої широкої комерціалізації КПК ще залишаються декілька істотних перешкод, а саме: доволі висока робоча температура (600-800 °C) і поки що порівняно низький термін безперебійної роботи. Подолання їх, з матеріалознавчої точки зору, має відбуватися як через розроблення нових матеріалів, так і через структурну оптимізацію КПК в цілому.

КПК традиційно складається з пористих електродів, аноду і катоду, та тонкого щільного прошарку між ними – електроліту. Підвищення ефективності роботи КПК потребує оптимізації архітектури всієї комітки, що передбачає максимальне зменшення товщини електролітного та катодного шарів і водночас підвищення загальної міцності конструкції завдяки аноду, який фактично виконує роль її механічного носія. Такий підхід спрямований на мінімізацію омичного опору електроліту та катоду, що забезпечує більш ефективне протікання електрохімічної реакції окиснення палива й, відповідно, сприяє зниженню робочої температури комітки.

Крім функції носія, анод має забезпечувати основне завдання паливно-комітчаного процесу, а саме: розбивати паливні молекули на складові та надавати місця для взаємодії складових палива з іонами кисню, які постачаються через електроліт з повітря, збирати електрони та надавати їм можливість виходу назовні. Очевидно, що анодний електрод має мати мережу наскрізних каналів пор, по яких у його осердя може подаватися газоподібне паливо, а з нього – відводитися назовні продукти реакції окиснення палива та зайве тепло.

Виходячи з усього спектру завдань, які має виконувати анод, його матеріал має бути композитним і задовольняти певним суперечливим вимогам. По-перше, композит цей має бути трифазним, тобто складатися з провідників іонів кисню і електронів та мати достатньо розвинену та зв'язну пористість, щоб забезпечити проходження електрохімічної реакції окиснення палива. По-друге, анодний електрод має мати достатню, як для носія усієї комітки, міцність при згині. З іншого, анод має мати певні каталізаційні властивості для забезпечення проходження електрохімічної реакції окиснення палива. Також, анод має бути сумісним за коефіцієнтом термічного розширення (КТР) з прилеглими до нього складовими паливної комітки. Очевидно, він також має бути порівняно легким у виготовленні і мати відносно низьку собівартість.

Ефективність роботи аноду залежить від розміру та розгалуженості реакційної зони, тобто ділянок, де, власне, і відбуваються реакція окиснення складових палива. Отже, знаходження компромісу між вмістом складових аноду і їх рівномірним розподілом в його структурі є надзвичайно важливим завданням для забезпечення ефективної роботи не лише аноду, а і всієї паливної комітки.

На сьогодні, найбільш застосовуваним і досліджуваним вважається $\text{Ni} - \text{ZrO}_2^{\text{с}}$ анод. У відповідній літературі наявною є доволі велика кількість робіт, в яких показано, що структура, і як результат властивості аноду, має значний вплив на ефективність роботи усієї КПК.

Очевидно, подальші дослідження необхідно спрямовувати на оптимізацію структури, і як результат, властивостей усього композиційного нікель-цирконієвого аноду через збільшення розгалуженості його реакційної зони за рахунок вдосконалення вмісту і розподілу складових, особливо створення більш розвиненої мережі порових каналів, разом зі збереженням достатнього рівня міцності, збільшення його іонної провідності, а також вдосконалення вже існуючих матеріалів та методів виготовлення аноду і КПК в цілому. Це обумовлює **актуальність** даної роботи.

Наукова новизна роботи відображена наступними основними положеннями:

1. Вперше встановлено вплив керамічної складової аноду, виготовленої з порошків діоксиду цирконію з різними стабілізуючими добавками, але однаковими морфологічними параметрами, на електричні властивості керамічних паливних комірок. Показано, що КПК складу анод $\text{Ni}-3,5\text{YSZ}$ / електроліт 8YSZ / катод $\text{LSM}-8\text{YSZ}$ характеризується максимальною питомою потужністю $40,6 \text{ мВт} \cdot \text{см}^{-2}$, що вдвічі перевищує показник для КПК з анодом $\text{Ni}-10\text{Sc1CeSZ}$. За результатами імпедансної спектроскопії встановлено, що підвищений електричний опір на межі анод/електроліт у випадку 10Sc1CeSZ обмежує поширення зони електрохімічної реакції окиснення палива вглиб аноду, що призводить до зниження ефективності паливної комірки попри високу електропровідність скандієвої керамічної складової.

2. Вперше визначено особливості структуроутворення та впливу пористості на міцність і електричну провідність композиційних анодів $\text{NiO}-3,5\text{YSZ}$ залежно від кількості пороутворювача під час технологічного циклу виготовлення КПК, а саме: до та після відновлення у водні оксиду нікелю. Встановлено, що при вмісті пороутворювача 18 % (об.) в керметі $\text{Ni}-3,5\text{YSZ}$ відкрита пористість становить 43,3%, а характеристики міцності на згин і електричної провідності $74,3 \text{ МПа}$ і $0,935 \cdot 10^6 \text{ См/м}$, відповідно, значення яких є вищими в порівнянні з традиційними $\text{Ni}-8\text{YSZ}$ та $\text{Ni}-10\text{Sc1CeSZ}$.

3. Вперше встановлені закономірності формування структури і властивостей керамічних електролітів виготовлених з розробленого порошку 8YSZ . Показано, що використання неагломерованого порошку з середнім розміром первинних частинок 96 нм, дозволяє отримати вищі значення міцності на згин (180 МПа) та електричної провідності ($2,75 \cdot 10^{-3} \text{ См/см}$), у порівнянні з електролітами, виготовленими з агломерованого порошку (розмір його первинних частинок та їх агломератів становить 60 нм та 0,6 мкм, відповідно), міцність і електрична провідність яких складала 114 МПа та $1,23 \cdot 10^{-3} \text{ См/см}$.

4. Вперше показано, що композиційні $\text{NiO}-8\text{YSZ}$ аноди виготовлені методом стрічкового лиття, демонструють вищі значення міцності на 63% до відновлення та на 57% після відновлення у водневовмісній газовій суміші $5\% \text{H}_2\text{-Ar}$, завдяки формуванню більш рівномірної структури з дрібнішими зернами, ніж аноди виготовлені традиційним методом пресування та спікання суміші порошків.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що:

1. В результаті виконаної роботи встановлено, що розроблений повністю стабілізований кубічний порошок діоксиду цирконію 8YSZ є перспективними для виготовлення керамічних паливних комірок, оскільки за однакових умов виготовлення кераміка з нього демонструє вищі значення механічної міцності та іонної провідності у порівнянні з керамікою з комерційного порошку японської фірми Tosoh.

2. Розроблена в роботі методика стрічкового лиття може бути використана для виготовлення керамічних паливних комірок. КПК виготовлена методом стрічкового лиття на основі розробленого порошку 8YSZ , демонструє майже на 50 % вищу електричну потужність у

порівнянні з її комерційним аналогом того ж складу: анод Ni-8YSZ, електроліт 8YSZ, катод 8YSZ-LSM.

3. Отримані нові знання та розроблені удосконалені технологічні підходи щодо виготовлення КПК на основі вітчизняних порошків стабілізованого діоксиду цирконію є основою для подальшого розвитку енергетичної галузі України з використанням високоефективних і екологічних енергогенеруючих систем.

4. Проведений в роботі аналіз літературних джерел став основою для створення відео лекції «Anode component of solid oxide fuel cell, trends in its development» для програми EU Research and Innovation Program «Horizon2020» проекту «Teaching Fuel cells and Hydrogen Science and Engineering Across Europe within Horizon 2020» (EU Contract ID: 779730, TeacHy; 2017-2022), що використовується для навчання студентів у НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» та Університеті Бірмінгема (Великобританія).

Достовірність і обґрунтованість результатів, положень та висновків забезпечується застосуванням системного підходу при підготовці та дослідженні вихідних матеріалів, та виготовлених керамічних зразках. Структурні дослідження проводили методами скануючої електронної мікроскопії (SEM) та трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ). Пористість спечених зразків визначали методом гідростатичного зважування. Міцність зразків методом двовісного згину, за схемою «кулька на три кульки» при кімнатній температурі. Реологічні дослідження здійснювали методом ротаційної віскозиметрії. Фазовий склад досліджували методом х-променевої дифракції на ДРОН-3М з комп'ютерною реєстрацією експериментальних даних. Зйомку проводили в інтервалі кутів 20-100° 2 θ в Cu K α -випроміненні. Іонну провідність вимірювали за допомогою імпедансного аналізатора Solartron 1260 на повітрі в інтервалі температур 400—800 °С. Елементний аналіз проводили методом енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії (EDX). Дослідження електричних властивостей керамічних паливних комірок проводили на випробувальному стенді Medusa RD 890C, Scribner, США.

Особистий внесок здобувача. Автором проведено пошук та аналіз літературних даних. Усі основні результати, викладені в роботі, отримані особисто автором або за його безпосередньої участі. Постановка задач досліджень, планування експериментів, аналіз і обговорення отриманих результатів, формулювання висновків та наукової новизни виконувалось автором за участю наукового керівника. Внесок автора у публікації за матеріалами дисертації полягає у плануванні та виконанні переважної частини експериментальних робіт, обробці отриманих результатів, підготовці статей до друку, та доповідях на міжнародних конференціях. Автор особисто виготовив усі керамічні зразки, дослідив їхню пористість, та провів дослідження електричних властивостей КПК. Дослідження порошків ZrO₂ та механічної поведінки кераміки з них виконано спільно з к.т.н. Є.М. Бродніковським, к.ф.-м.н. Д.М. Бродніковським, к.х.н. Р.В. Гордою, (ІПМ НАН України). Відновлення зразків у водні проводилось спільно з В.Г. Чедриком (ІФХ НАН України). Дослідження електронної провідності та структурних особливостей виконано разом з к.т.н В.Я. Подгурською, к.т.н Б.Д. Василівим (ФМІ НАН України). Дослідження іонної провідності виконано спільно з к.т.н. Л.Л. Коваленко (ІЗНХ НАН України). Дослідження фазового складу разом з к.т.н О.М. Мисливченко (ІПМ НАН України). Відпрацювання і виготовлення зразків методом плівкового лиття проведено спільно з к.т.н. С.Е. Іванченко, та Д.І. Барановським (ІПМ НАН України). Автор провів комплексну порівняльну роботу по встановленню закономірностей формування структури композиційного аноду керамічної паливної комірки з використанням різних вітчизняних матеріалів, технологічних підходів та методів виготовлення з метою вдосконалення структури аноду задля підвищення ефективності роботи КПК.

Матеріали дисертації повною мірою викладено в 20 наукових працях, із них 10 статей у провідних наукових фахових виданнях, що входять до наукометричних баз даних, 10 публікацій за матеріалами доповідей на міжнародних конференціях. Всі надруковані праці за темою дисертації виконані автором особисто та у співавторстві.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Список публікацій здобувача, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. **I.O. Polishko**, Y.M. Brodnikovskiy, D.M. Brodnikovskiy, B.D. Vasylyiv, V.Y. Podhurska, S.M. Shevchenko, V.I. Chedryk, Mariusz Andrzejczuk, O.D. Vasylyev. Effect of Porosity on Strength and Electrical Conductivity of NiO–3.5 YSZ Composite and Its Ni–3.5 YSZ Cermet // Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2017. – 56. – p. 293-304. <https://doi.org/10.1007/s11106-017-9897-1> (*Особистий внесок здобувача: обробка літературних джерел, підготовуння суміші порошків, виготовлення зразків, аналіз отриманих експериментальних результатів, підготовка статті до друку*).
2. **І.О.Полішко**, Є.М.Бродніковський, Д.М. Бродніковський, Б.Д.Василів, В.Я.Подгурська, О.Д.Васильєв. Вплив пористості на міцність 3,5YSZ-керамічного остову аноду паливної комірки // Электронная микроскопия и прочность материалов, 2017. –23. – С.116-123 (*Особистий внесок здобувача: обробка літературних джерел, підготовуння суміші порошків, виготовлення зразків, вимірювання їх пористості, обробка отриманих результатів, підготовка статті до друку*).
3. **I. Polishko**, S. Ivanchenko, R. Horda, Y. Brodnikovskiy, N. Lysunenko, L. Kovalenko. Tape casted SOFC based on Ukrainian 8YSZ powder // Materials Today: Proceeding. - Vol. 6, Iss. P2 - 2019.- p. 236–241. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.10.100> (*Особистий внесок здобувача: обробка літературних джерел, виготовлення та дослідження властивостей керамічних зразків та КПК, обговорення результатів, підготовка статті до друку*).
4. B.D. Vasylyiv, V.Ya. Podhurska, O.P. Ostash, **I.O. Polishko**, E.M. Brodnikovs'kyi, S.E. Ivanchenko & O.D. Vasylyev. Influence of the Working Media of Fuel Cells on the Structure and Physicomechanical Characteristics of Ceramics of the ZrO_2 – Y_2O_3 –NiO System // Materials Science. Vol. 56 - 2020. - p. 15-21. <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00391-4> (*Особистий внесок здобувача: виготовлення зразків, дослідження їх пористості структури, участь в обговоренні результатів*).
5. N.O. Lysunenko, Y.M. Brodnikovskiy, V.M. Mokiichuk, **I.O. Polishko**, D.M. Brodnikovskiy, V.I. Chedryk, O.D. Vasylyev. The Influence of Hydrogen Concentration in an Ar–H₂ Mixture on the Electrical Properties of Solid Oxide Fuel Cells // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. Volume 60, 2021. - p. 352–359. <https://doi.org/10.1007/s11106-021-00245-x> (*Особистий внесок здобувача: аналіз літературних джерел, участь в обговоренні результатів*).
6. Ye.M. Brodnikovskiy, V.Ya. Podhurska, N.O. Lysunenko, D.M. Brodnikovskiy, **I.O. Polishko**, A.A. Kyrysha, O.D. Vasylyev. The influence of the anode structure on the electrical properties of a solid oxide fuel cell // Materials Science. Vol. 59 (4) - 2024. - p. 443-450. <https://doi.org/10.1007/s11003-024-00796-5> (*Особистий внесок здобувача: аналіз літературних джерел, виготовлення зразків анодів, аналіз отриманих результатів*).
7. С.Е.Іванченко, **І.О. Полішко**, Д.І. Барановський, Є.М. Бродніковський, О.Д. Васильєв, А.В. Рагуля. Створення плівок анода та електроліту для водневих паливних комірок методом стрічкового лиття // Современные проблемы физического материаловедения. Вып. 26: Труды Института пробл. материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины. Серия «Физико-химические основы технологии порошковых материалов». Редкол.: Скороход В.В. (отв. Ред.) и др. – Киев, 2017. – 250 с. – с.183-191 (*Особистий внесок здобувача: підготування суміші порошків та суспензій для лиття, спікання зразків та обговорення результатів*).
8. O.D. Vasylyev, Y.M. Brodnikovskiy, M.M. Brychevskiy, **I.O. Polishko**, S.E. Ivanchenko, and V.G. Vereshchak. From Powder to Power: Ukrainian Way // SF Journal of Material and Chemical Engineering. – 2018. – 1(1). – p. 1-12. (*Особистий внесок здобувача: обробка літературних джерел, участь у підготовці статті до друку*).
9. О.Д. Васильєв, Є.М. Бродніковський, А.С. Островерх, **І.О. Полішко**, Є.М. Островерх, Н.О. Лисуненко. Матеріалознавство для паливних комірок // Успіхи матеріалознавства. № 3 - 2021. – С3-14. (*Особистий внесок здобувача: обробка літературних джерел, участь у підготовці статті до друку*).

10. O. V'yunov, L. Kovalenko, O. Yanchevskii, **I. Polishko**, S. Ivanchenko, N. Lysunenko, D. Brodnikovskiy, V. Chedryk, I. Brodnikovska, O. Vasylyev. Structural, impedance and electron-microscopic studies of multilayer systems for low-temperature (600° C) fuel cell // Hydrog. based energy storage status Recent Dev. / Yartys V., Solonin Y., Zavalii I. — Lviv: Prostir-M., 2021. — P. 222–228 (*Особистий внесок здобувача: підготовка порошків та виготовлення керамічних зразків, обробка отриманих результатів та участь у підготовці статті до друку*).

які засвідчують апробацію матеріалів дисертації на конференціях:

1. **I. Polishko**, Y. Brodnikovskiy, D. Brodnikovskiy, M. Brychevskiy, B. Vasylyv, V. Podhurska, O. Vasylyev. The influence of pore-former content on porosity, mechanical strength and electrical conductivity of 3,5YSZ-60wt.%NiO anode // E-MRS 2016 Fall Meeting, Book of abstract/Symposium ZU, Conference 18th-21th September 2016, Warsaw, 2016. (*Особистий внесок здобувача: підготовуння суміші порошків, виготовлення зразків, аналіз отриманих експериментальних результатів*) (постер).

2. **I. Polishko**, S. Ivanchenko, N. Lysunenko, Y. Brodnikovskiy, O. Vasylyev, A. Ragulya. Comparison of tape casted SOFC based on Ukrainian 8YSZ with commercial SOFC // Materials of Reports and Performances. IX International Conference in Chemistry Kyiv-Toulouse (ICKT-9), 4th-9th June 2017, Kyiv, Ukraine, p. 81. (*Особистий внесок здобувача: обробка літературних джерел, виготовлення та дослідження властивостей керамічних зразків та КПК, обговорення результатів*) (усна доповідь англійською).

3. O. Vasylyev, Y. Brodnikovskiy, M. Brychevskiy, **I. Polishko**, S. Ivanchenko, N. Lysunenko. From Powder to power: Ukrainian Way // Materials of Reports and Performances. IX International Conference in Chemistry Kyiv-Toulouse (ICKT-9), 4th-9th June 2017, Kyiv, Ukraine, p. 80. (*Особистий внесок здобувача: Аналіз літературних даних, участь в обговоренні результатів, побудова графіків для презентації*) (усна доповідь англійською).

4. S. Ivanchenko, **I. Polishko**. Creation of suspensions and obtaining of ceramic tapes for fuel cells by tape casting method // Materials of Reports and Performances. IX International Conference in Chemistry Kyiv-Toulouse (ICKT-9), 4th-9th June 2017, Kyiv, Ukraine, p. 210. (*Особистий внесок здобувача: підготовка порошків та суспензій для виготовлення стрічок, спікання зразків та участь в обговоренні результатів*)

5. Ivanchenko S., **I. Polishko**, Baranovskiy D., Brodnikovskiy Y., Vasylyev O., Ragulya A. Creation of defect-free ceramic tapes for solid oxide fuel cell by tape casting method // Book of abstracts. International research and practice conference: Nanotechnology and nanomaterials (NANO 2017), 23th-26th August 2017, Chernivtsi, Ukraine, p. 58. (*Особистий внесок здобувача: підготовка порошків та суспензій для виготовлення стрічок, спікання зразків та участь в обговоренні результатів*)

6. **I. Polishko**, Y. Brodnikovskiy, D. Brodnikovskiy, B. Vasylyv, V. Podhurska, O. Vasylyev. Elaboration of highly porous 3,5YSZ skeleton for SOFC anode-support application // Book of abstracts. Symposium D. D.1.2. E-MRS 2017 Fall Meeting, Conference 18th-21th September 2017, Warsaw, Poland, p. 4. (*Особистий внесок здобувача: виготовлення зразків, дослідження структури та властивостей, аналіз отриманих даних, усна доповідь на конференції*) (усна доповідь англійською).

7. **І.О. Полішко**, Іванченко С.Є., Бродніковський Д.М., Лисуненко Н.О., Бродніковський Є.М., Головова М.Є., Шматов Я.Ю., Бричевський М.М., Самелюк А.В., Коваль О.Ю., Котко А.В., Даниленко М.І., Васильєв О.Д., Рагуля А.В. Керамічна паливна комірка для літальних апаратів // Наукова звітна сесія. Цільова комплексна програма наукових досліджень «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчанних технологій», Київ, – 7 грудня 2017 – 29 с. (*Особистий внесок здобувача: виготовлення керамічних паливних комірок, аналіз отриманих даних*) (усна доповідь).

8. Осташ О.П., Василів Б.Д., Подгурська В.Я., Пріхна Т.О., Свердун В.Б., Василів О.Д., Бродніковський Є.М., **І.О. Полішко**. Вивчення механізмів впливу робочого середовища

на фізико-механічні характеристики матеріалів керамічних паливних комірок та розроблення методів їх підвищення // Наукова звітна сесія. Цільова комплексна програма наукових досліджень «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій», Київ, – 7 грудня 2017 – 35 с. (*Особистий внесок здобувача*: виготовлення зразків методом стрічкового лиття, дослідження пористості зразків, участь в обговоренні результатів).

9. **I. Polishko**, Ye. Brodnikovskiy, R. Horda The comparative study of 8YSZ zirconia powders and their ceramics // Abstract book, international research and practice conference: Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2018). – Kyiv, – 27-30 August 2018, p. 196. (*Особистий внесок здобувача*: виготовлення керамічних зразків, дослідження структури і властивостей, побудова графіків) (постер).

10. **I. Polishko**, R. Horda, N. Lysunenko, Y. Brodnikovskiy, D. Brodnikovskiy, B. Timurkutluk, O. Vasylyev. Approbation of Ukrainian 8YSZ zirconia powder for SOFC manufacturing // TURK-COSE 2024: VI. International Turkic World Congress on Science and Engineering. 2024., October 7-10. Baku, Azerbaijan (*Особистий внесок здобувача*: виготовлення зразків, дослідження і властивостей, побудова графіків) (заочна участь).

Наукова зрілість дисертанта: Полішко Ігор Олександрович, закінчив Інженерно-Фізичний Факультет Національного технічного Університету України «Київського Політехнічного Інституту» у 2015 році за спеціальністю «Порошкова металургія та композиційні матеріали» здобувши кваліфікацію інженера-технолога. У 2018 році закінчив очну аспірантуру у Інституті проблем матеріалознавства ім І.М. Францевича НАН України за спеціальністю 05.02.01 – «Матеріалознавство». З 1 квітня 2015 року працює в лабораторії Керамічних паливних комірок відділу № 22 Інституту проблем матеріалознавства НАН України. На даний час займає посаду наукового співробітника.

За час своєї науково-дослідної діяльності І.О. Полішко набув високого рівня кваліфікації, успішно освоїв теоретичні та практичні основи матеріалознавства, проявив себе творчим і відповідальним працівником. На теперішній час Полішко І.О – сформований науковець, який є спеціалістом в розробці та виготовленні матеріалів і складових керамічних паливних комірок, дослідженні їх структури і властивостей сучасними методами. Має досвід участі у міжнародних та вітчизняних проектах, представлення результатів на міжнародних конференціях, розробці навчальних матеріалів, проведенні лекційних та практичних занять студентам. Здатний самостійно ставити задачі та ефективно вирішувати наукові проблеми в області матеріалознавства.

ПОСТАНОВА СЕКЦІЇ:

В результаті обговорення дисертаційної роботи і висновків рецензентів засідання встановило:

1. Дисертаційна робота Полішко Ігоря Олександровича «Оптимізація структури і властивостей Ni-ZrO₂ паливного електроду керамічної паливної комірки» вирішує важливу науково-технічну задачу з встановлення закономірностей формування структури і властивостей нікель-цирконієвого композиційного аноду керамічної паливної комірки. В роботі отримано нові знання щодо впливу удосконалених передових технологічних підходів на формування структури композиційних анодів, що дозволило підвищити ефективність роботи КПК в цілому. За актуальністю, науковою новизною, практичним значенням отриманих результатів та рівнем досліджень є **закінченою науково-дослідною роботою** та відповідає всім вимогам Порядку присудження наукових ступенів за № 567 від 24 липня 2013 р. (із змінами) та Положення про спецраду в №1059 від 14.09.2011 р. до кандидатських дисертацій за спеціальністю 05.02.01 – «Матеріалознавство».

2. Робота рекомендується до захисту на спеціалізованій Вченій раді Д 26.207.03 при Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – «Матеріалознавство».

3. Рекомендовано змінити назву роботи на «Структура і властивості Ni-ZrO₂ паливного електроду керамічної паливної комірки»

Голова секції,
чл.-кор. НАН України, д.т.н.

Остап ЗГАЛЯТ-ЛОЗИНСЬКИЙ

Учений секретар,
к.т.н.

Тетяна ПАВЛИГО