

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Вороніної Олени Володимирівни**

“Електродні процеси на сплавах та сполуках ванадію в водневій енергетиці”,  
яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.17.03 – технічна електрохімія

Дисертаційна робота Вороніної Олени Володимирівни присвячена вирішенню важливого науково-технічного завдання зі створення технологічного процесу виробництва водню з лужних розчинів алюмодеполяризуючим розчиненням сплавів алюмінію, використанням залізо-ванадієвих сплавів та сполук в безмембранних електрохімічних реакторах.

### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Розвиток та удосконалення сучасних способів виробництва водню потребує застосування нових електродних матеріалів, створення удосконалених методів транспортування, розподілу та використання водню при розробленні екологічно безпечних джерел тепла. В даний час в виробництві водню використовують електродні матеріали з вуглецевих сталей, які в процесі електролізу змінюють технологічні показники, що призводить до підвищення матеріальних і енергетичних витрат на електроліз.

Для створення екологічно безпечного, матеріально та енергозощадного технологічного процесу електролізу водню запропоновані нові матеріали з домішками сполук ванадію, які мають високу хімічну стійкість та каталітичну активність в умовах тривалої експлуатації електролізерів. Використання алюмінієвих сплавів в алюмодеполяризаційних циклах шляхом їх розчинення в лужних розчинах з виділенням водню дозволяє в значній мірі удосконалити електроліз, отримувати водень в електрохімічних реакторах без виділення кисню.

Таким чином, використання нових електродних матеріалів вітчизняного виробництва для створення екологічно безпечного технологічного процесу синтезу водню для систем тепlopостачання в побуті є актуальним науково-практичним завданням, яке визначило напрямок досліджень цієї дисертації.

**Метою цієї роботи** було розроблення технологічного процесу електросинтезу водню з використанням електрокаталітичних матеріалів на основі сплавів ванадію та анодних матеріалів зі сплавів алюмінію в лужних розчинах без виділення кисню при електролізі.

Дисертаційне дослідження Вороніної О.В. є логічним продовженням робіт відомої електрохімічної школи НТУ «ХПІ» під науковим керівництвом доктора технічних наук, професора Байрачного Бориса Івановича.

Актуальність теми та вагомість результатів дисертації підтверджується тим, що вона виконувалась у межах науково-дослідної тематики кафедри технічної електрохімії Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” відповідно до завдань держбюджетної теми МОН України “Функціональні матеріали в екологічно безпечних електрохімічних процесах відновлюваної енергетики та машинобудування для об’єктів подвійного призначення” (ДР № 0117U004886), де здобувач приймала участь у виконанні окремих етапів.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі**

Обґрунтування висновків та рекомендацій виконано на основі експериментів, глибокого аналізу результатів, який базується на основних положеннях електрохімії, закономірностях кінетики електродних процесів в електролізі води, корозійних процесах, а також використанні сучасних публікацій відомих вчених.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, забезпечена ретельним аналізом існуючого стану наукових досліджень в теорії та практиці електрохімічного синтезу хімічних продуктів, водню, кисню та корозійних дослідженнях, дослідженнями властивостей сполук ванадію, сплавах алюмінію, з використанням сучасних електрохімічних, фізико-хімічних та інструментальних методів досліджень.

Вважаю, що обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, запропонованих автором не викликає сумнівів.

### **Достовірність результатів досліджень**

Достовірність результатів досліджень, поданих в дисертації, забезпечена кваліфікованою постановкою задач, застосуванням сучасних методів досліджень в технічній електрохімії. Наукові результати роботи успішно пройшли дослідно-промислові випробовування в науково-виробничому підприємстві “Електромонтаж” за розробленим технологічним процесом синтезу водню з використанням алюмодеполяризуючого циклу.

## **Наукова новизна одержаних результатів**

На підставі електрохімічних та фізико-хімічних досліджень, а також розвитку теоретичних уявлень про закономірності електрохімічного отримання водню з лужних розчинів, визначено механізми отримання водню та кисню, кінетичні закономірності корозійного та анодного розчинення алюмінієвого сплаву АМЦ та вплив на ці процеси визначальних факторів – електрокаталітичну активності сплавів заліза з ванадієм, яка забезпечує зменшення перенапруги виділення водню; визначені умови утворення сполук ванадію на анодах замість феритів, що забезпечує відсутність цих сполук в катодному просторі; визначені залежності виділення водню в лужних розчинах від складу алюмінієвого сплаву, що дозволяє виключити виділення кисню на анодах і використати бездіафрагмові електролізери; обґрунтовані етапи організації технологічного процесу без виділення кисню за рахунок розчинення алюмінію, які дозволяють удосконалити виробництво водню.

Всебічні дослідження впливу густини струму, стану поверхні електродів, складу електродних матеріалів, електролітів та температури стали основою принципово нового технологічного процесу виробництва водню на основі алюмодеполяризаційного циклу його синтезу.

## **Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання**

Наукові положення дисертації роблять суттєвий внесок у розвиток теоретичних основ електросинтезу водню водно-лужним електролізом з використанням ванадієвих сплавів, а також алюмодеполяризуючого циклу на основі корозійного та анодного розчинення алюмінієвих сплавів. Вони розвивають методи досліджень, доповнюють новими результатами в узгодженні між технологічними параметрами, властивостями електродних матеріалів, які призводять до удосконалення технологічного процесу виробництва водню.

Практична значимість полягає в розробці технології електросинтезу з використанням ванадієвих та алюмінієвих сплавів, дозволяє значно розширити можливості отримання водню та використання його для отримання тепла.

Визначено, що при використанні сплавів алюмінію напругу електролізу води можливо зменшити до 0,2 – 0,8 В.

Розроблений технологічний процес має суттєві економічні та екологічні переваги перед існуючим серійним виробництвом водню. При його реалізації не застосовують дефіцитних матеріалів та екологічно небезпечних речовин.

Процес має стабільний режим електролізу при тривалій експлуатації і не потребує складного устаткування.

Підтвердженням практичної цінності роботи є дослідно-промислові випробування на науково-виробничому підприємстві “Електромонтж” розробленої технології отримання водню, які довели доцільність її використання для отримання водню для тепlopостачання в побуті.

### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях, ідентичність автореферату і основних положень дисертації**

Основні положення і результати дисертаційної роботи опубліковані у 17 наукових публікаціях, з них: 4 статті в наукових виданнях України, 2 статті у іноземних періодичних виданнях, 2 патенти України на корисні моделі, 9 – в матеріалах конференцій. Результати роботи пройшли апробацію на міжнародних та українських науково-технічних конференціях. Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Наукові праці відтворюють основні результати досліджень.

Зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертації та достатньо повно відображає основні положення роботи.

### **Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота Вороніної Олени Володимирівни складається з анотації двома мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку джерел інформації та додатків.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, показано наукову новизну отриманих результатів і практичне значення роботи, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації та апробацію наукових досліджень.

У *першому розділі* проаналізовано та узагальнено науково-технічну інформацію щодо теми роботи. У *другому розділі* наведено методи проведення експериментів і використане устаткування, описано алгоритм обробки експериментальних даних. *Третій розділ* включає дослідження кінетичних залежностей електродних реакцій на сталевих електродах з домішками молібдену, ванадію, хрому та покриттях нікель-ванадій. Особлива увага приділяється анодним реакціям на сталевих електродах, де можливе розчинення заліза з утворенням феритів, які негативно впливають на поверхню

катодів. З метою запобігання утворення феритів до складу анодних матеріалів введено сполуки ванадію, які утворюють металоксидні іони замість феритів на сталевих електродах, в результаті чого на катодах не утворюються осади заліза, які негативно впливають на режим електролізу. Ці дані мають важливе значення в електролізі води завдяки забезпеченню стабільного протікання електролізу. Важливе теоретичне значення мають схеми механізмів виділення водню та кисню, розглянуті в цьому розділі. У **четвертому розділі** розглянуті процеси хімічного та електрохімічного розчинення алюмінієвих сплавів в лужно-хлоридних розчинах, які супроводжуються виділенням водню. Автором визначені умови корозійного розчинення алюмінію за механізмом водневої деполяризації і вплив на цей процес складу сплаву, електроліта, температури та густини струму. Важливо, що ці дані використані при розробці технології виробництва водню на анодах з урахуванням механізмів розчинення алюмінію. У **п'ятому розділі** розглянуті основи технологічного процесу виділення водню за алюмодеполяризаційним циклом. Базуючись на даних третього та четвертого розділів, для реалізації процесу виробництва водню використані бездіафрагмові однокамерні електролізери, які мають катода з домішками ванадію та аноди з алюмінієвих сплавів. Визначені умови електролізу та вплив на технологічні показники головних факторів – густини струму, температури та стану поверхні.

#### **Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації та автореферату.**

Дисертація написана грамотно, державною мовою. Виклад матеріалу має логічну послідовність, розділи взаємопов'язані та цілком розкривають поставлену мету.

Висновки по дисертації відповідають її змісту, в повній мірі висвітлюють основні наукові результати.

Список використаної літератури є досить повним, включає 108 найменувань, які охоплюють сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації за темою роботи.

#### **Зауваження по дисертаційній роботі**

1. На основі яких факторів базується обґрунтування необхідності використання сполук ванадію в удосконаленні технологічного процесу електролізу води?
2. Які реакції протікають на сталевих анодах з домішками сполук ванадію при електролізі лужних розчинів та за рахунок яких домішок унеможливується утворення феритів?
3. Електрохімічне розчинення алюмінієвих сплавів реалізується за двома стадіями. Завдяки яким факторам відбувається прискорення процесу

розчинення та розподіл хімічної та електрохімічної стадій? За рахунок яких параметрів в процесі розчинення алюмінієвих сплавів в лужних розчинах швидкість розчинення зменшується, та яким чином можливо впливати на цей процес?

4. В роботі не досить чітко визначені експлуатаційні параметри електролізу, що впливають на напругу електролізу та його тривалість.
5. Недостатньо обґрунтоване використання сплаву АМЦ в безкисневому електролізі. Які домішки в цьому сплаві впливають на режим електролізу?
6. Які перспективи в розширенні виробництва водню при використанні бездіафрагмових алюмодеполяризаційних циклів та яким чином можливе їх використання в побуті?
7. Разом з воднем продуктами електролізу є оксиди та гідроксиди алюмінію. В дисертації немає даних де та яким чином їх можливо використати в виробництві.
8. У тексті дисертації та автореферату зустрічаються окремі незначні
  - помилки та описки, невдалі вирази, наприклад, «вольт амперних», без мембранного» (с.6 АР), «без кисневого» (с.3), «швидкості розгортки потенціостатів» (с.7 АР), «іони дифундують через діаграми» (с.24); «інгібування» (с.33), «водневим допливом» (с.55), «хромована дієва» (скрізь по тексті), «франмент» (в підпису до рис.1.3), тощо;
  - русизми, наприклад, НТУ «ХПИ» (с.7), КПД замість ККД (с.34, 36, 38, 41, 44, 46-47, 50, 57), «Расходный коефіцієнт» (табл.1.2), тощо;
  - помилки в одиницях вимірювання, наприклад, в тексті (с.64) «Поляризаційні виміри проводили при швидкості розгортанні потенціалів від  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $1 \cdot 10^{-1}$  с», замість В/с, та ін.;
  - недоліки в оформленні рисунків та таблиць: немає стрілки на рис.1 автореферату до позиції 2; не ясно для чого наводяться порожні колонка №6 в табл.1.1, та колонка №9 в табл.3.2; чому в тексті дисертації наявні посилання на рис.1 та табл.1 замість рис.1.1, табл.1.1.(с.18), рис.1.4 (с.34), тощо.

В цілому, наведені зауваження не зменшують загального позитивного враження від дисертаційної роботи. Вона виконана на високому науковому рівні, поставлені задачі досліджень вирішені, мета досягнута. Матеріал дисертації викладено грамотно, чітко та логічно, отримані результати мають наукову та практичну цінність для технічної електрохімії.

## ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Вороніної Олени Володимирівни “Електроодні процеси на сплавах та сполуках ванадію в водневій енергетиці” являє собою закінчену працю, в якій вирішено науково-практичну задачу електрохімічного синтезу водню з використанням нових матеріалів зі сплавів та сполук ванадію і сплавів алюмінію, що дозволяє суттєво удосконалити електроліз води в алюмодеполяризаційному циклі виробництва водню.

Тема та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.17.03 – технічна електрохімія.

За актуальністю, рівнем виконання, новизною та достовірністю одержаних результатів, їх практичною значимістю дисертаційна робота “Електроодні процеси на сплавах та сполуках ванадію в водневій енергетиці” відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”, затвердженого Кабінетом Міністрів України від 24.07.2013 р., щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Вороніна Олена Володимирівна, заслугоує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.03 – технічна електрохімія.

### Офіційний опонент:

Провідний науковий співробітник  
відділу електрохімічного  
матеріалознавства та електрокаталізу  
Інституту загальної та неорганічної хімії  
ім. В.І. Вернадського  
Національної академії наук України,  
старший науковий співробітник,  
доктор технічних наук

О.Л. Берсірова

Підпис О.Л. Берсірової засвідчую:  
Вчений секретар ІЗНХ НАН України  
канд. хім. наук



Л.С. Лисюк