

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора
Тітлова Олександра Сергійовича
на дисертаційну роботу Сегеди Володимира Олеговича
на тему
«ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВОДНЮ»,
подану до захисту на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 14 «Електрична інженерія»
за спеціальністю 143 «Атомна енергетика»

Актуальність теми дисертації.

Одним з основних принципів збереження навколишнього середовища є створення та впровадження в енергетиці та промислому виробництві безоксидних технологій. Цьому принципу цілком відповідає ядерна енергетика, за допомогою якої можна виробляти електричну та теплову енергію без викидів парникових газів.

При неухильно зростаючому глобальному споживанні енергії, обмеженій доступності викопного палива та підвищеному навантаженні при спалюванні викопного палива на навколишнє середовище, попит на ядерну енергію для промислового застосування буде зростати

Виробництво водню з використанням ядерної енергії є одним з перспективних напрямків впровадження ядерних реакторів в неелектричні технології та є альтернативою викопному органічному паливу.

Використання високотемпературних газоохолоджувальних ядерних реакторів не тільки для генерації електричної енергії, а і для забезпечення високопотенційною тепловою енергією неелектричних технологій, однією з яких є виробництво водню, дозволить значно розширити застосування ядерної енергії та зменшити витрати органічних палив і, відповідно, знизити техногенне навантаження на довкілля.

В представлений дисертаційній роботі проведено аналіз інноваційних технологій отримання водню з застосуванням високотемпературних реакторів та чисельне дослідження та порівняльний аналіз енергетичної ефективності атомно-водневих установок з застосуванням конверсії природного газу, сірко-йодного термохімічного циклу та високотемпературного електролізу, що безумовно є актуальною проблемою при створенні атомних енерготехнологічних установок.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Основні теоретичні і практичні результати дисертаційної роботи одержані відповідно до цілей Енергетичної стратегії України на період до 2050 року у досягненні максимального рівня кліматичної нейтральності та максимальному скороченню використання вугілля в енергетичному секторі,

схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 року № 605-р. Дисертаційна робота виконувалась згідно планів, затверджених Міністерством освіти і науки України, та у відповідності до науково-дослідної тематики Національного університету «Одеська політехніка» і є складовою частиною держбюджетної НДР №124-42, № держреєстрації 0116U004924 за темою “Ядерна та радіаційна безпека та ефективність енергоблоків АЕС з урахуванням сучасних проблем та тенденцій в атомній електроенергетиці”. Теоретичні здобутки та результати дослідження наочно відображені в опублікованих джерелах інформації, а саме:

1. V. Dubkovskiy, V. Segeda. The use of high-temperature nuclear reactors in hydrogen production technologies. Proceedings of Odessa Polytechnic University, Issue 2(68), 2023, P.19-24. <https://doi.org/10.15276/opu.2.68.2023.02>.

2. Дубковський В., Сегеда В., Добронос Є. Використання високотемпературних ядерних реакторів для енерготехнології. Ядерна та радіаційна безпека. Вип.2(102), 2024, с.68-73. [https://doi.org/10.32918/nrs.2024.2\(102\).07](https://doi.org/10.32918/nrs.2024.2(102).07).

3. Дубковський В., Сегеда В., Добронос Є. Можливості застосування модульних високотемпературних реакторів для конверсії органічних палив. Праці Одеського політехнічного університету. Вип.2(70), 2024, с.39-47. <https://doi.org/10.15276/opu.2.70.2024.05>.

4. V.O. Dubkovsky 1, E.O. Dobronos, V.O. Segeda Use of High-Temperature Nuclear Reactors in Non-Electrical Technologies. BgNS TRANSACTIONS volume 26, number 1 (2022/23), pp. 9–14.

Наукова новизна одержаних та опублікованих результатів дослідження полягає у наступному:

- вперше проведено порівняльний енергетичний аналіз установок по виробленню водню за допомогою ВТГР з використанням конверсії органічного палива, термохімічного циклу та високотемпературного електролізу;

- розроблено методику розрахунку технологічних схем атомно-водневих енерготехнологічних установок;

- доведено, що енергетична ефективність використання ВТГР у розглянутих технологіях виробництва водню вища, ніж при застосуванні ВТГР тільки для вироблення електроенергії.

Короткий аналіз основного змісту дисертації.

У вступі обґрунтовано актуальність наукової задачі - визначення можливостей застосування високотемпературних газоохолоджуваних реакторів у технологіях виробництва водню, сформульована мета роботи та завдання, які необхідно виконати для досягнення мети.

У першому розділі роботи проаналізовано сучасний світовий стан вироблення водню, наведена класифікація методів отримання водню, розглянуті технології вироблення водню шляхом конверсії природних копалин, методом електролізу та термічного розкладу води.

У другому розділі проаналізовано використання ядерних реакторів у установках по виробництву водню, а також стан розвитку високотемпературних газоохолоджуваних реакторів та переваги їхнього застосування в технологіях вироблення водню. Наведені технологічні схеми атомно-водневих енерготехнологічних установок, які використовують природний газ та вугілля, технологічні схеми з застосуванням термохімічного циклу та високотемпературного електролізу.

У третьому розділі визначені методичні основи термодинамічного дослідження ефективності атомно-водневих установок. Вибрано метод термодинамічного дослідження та термодинамічні критерії, які оцінюють енергетичну досконалість об'єкту дослідження. Проведено розрахунки енергетичних показників хімічних реакцій в технологіях отримання водню за допомогою високотемпературних реакторів.

У четвертому розділі представлені результати досліджень атомно-водневих енерготехнологічних установок. Наводиться розроблена автором методика розрахунку технологічних схем атомно-водневих установок з ВТГР. Проведено чисельне дослідження та порівняльний аналіз енергетичної ефективності атомно-водневих установок з високотемпературними реакторами з використанням природного газу, сірко-йодного термохімічного циклу та високотемпературного електролізу.

У висновках до розділів та загальних висновках представлено наукові та практичні результати, отримані за результатами виконаних досліджень.

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

Наукові положення, висновки і рекомендації, які відображено у дисертаційній роботі Сегеди В.О., базуються на детальному аналізі літературних джерел за обраною темою досліджень; чіткій постановці мети і задач дослідження; використанні сучасних методів дослідження, які базуються на фундаментальних законах технічної та хімічної термодинаміки; якісному та аргументованому формулюванню основних положень та висновків.

Для вирішення поставлених завдань було використано метод термодинамічного дослідження енерготехнологічних установок, які виробляють продукцію як енергетичного, так і неенергетичного (технологічного) виду, запропонований науковим керівником здобувача професором В. Дубковським.

Цей метод дозволяє на єдиній термодинамічній основі визначати ефективність вироблення як енергетичних – електрична та теплова енергія, так і технологічних видів продукції – синтез-газу, водню, мінеральних добрив, продукції чорної металургії тощо. Для розрахунку хіміко-технологічних процесів - складу вхідних та вихідних продуктів хімічних

реакцій та теплових ефектів хімічних реакцій використані методи хімічної термодинаміки.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

До зауважень та недоліків дисертації варто віднести наступне:

1. Автор пропонує при розрахунку показників ексергетичної досконалості установок для розрахунку ексергії, підведеної від ВТГР використовувати поняття «первинної енергії», тобто ядерній енергії, яка чисельне дорівнює тепловій енергії ядерного реактора. Але ж при такому підході чисельні значення «теплових» показників енергетичної досконалості виявляються вищими, ніж ексергетичні (дивись (4.15) та (4.17), (4.16) та (4.18)). При цьому втрачається сенс ексергетичних показників, які повинні визначати максимально можливу ефективність використання енергії.

2. При розрахунку хімічних процесів автором використовуються стехіометричні співвідношення вхідних речовин та продуктів реакцій. Таке припущення призводить до підвищення значень показників енергетичної ефективності як технологічних процесів, так і для установки в цілому, тому що не враховуються необхідна надлишкова кількість рециркулюючих хімічних речовин та пов'язане з цим їх охолодження, підігрів та витрати на прокачування.

3. При розгляді технологічних процесів отримання водню автором вірно визначені процеси конверсії природного газу та газифікації вугілля та наводяться відповідні технологічні схеми установок. Однак при дослідженні установок розглядено тільки схеми з конверсією природного газу. На мій погляд необхідно було б зробити обґрунтування такого вибору.

4. При дослідженні сірко-йодного термохімічного циклу для вироблення водню не обґрунтовано вибір значень показника Π_T для виділення сумішей за допомогою електроенергії (табл. 4.5).

5. В тексті дисертації є орфографічні та стилістичні помилки (стор. 14,18, 27,31, 33,41,44,56, 77,79, 86,107).

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують наукову та методичну значимість результатів, а також не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційного дослідження.

Рівень виконання поставленого наукового завдання.

Результати, отримані у ході виконання дисертаційного дослідження, підтверджують високий рівень виконання поставленого наукового завдання. По тексту дисертації простежується авторський стиль, що свідчить про індивідуальність роботи.

Повнота викладення наукових положень. Наукові результати дисертації викладені у публікаціях та у повній мірі відображають основні результати

дослідження. Результати наукових досліджень представлено в 3 друківаних працях у спеціалізованих наукових виданнях, рекомендованих МОН України. Апробація засвідчена доповідями на 3 міжнародних конференціях та публікацією у міжнародному науковому збірнику. Основні положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано. При оприлюдненні наукових результатів було дотримано вимоги «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», згідно Постанови КМУ №44 від 12.01.2022 року, зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ України № 341 від 21.03.2022 року, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023 року, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024 року.

Відсутність порушень академічної доброчесності. В дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела. Одним з об'єктивних елементів доказу відсутності порушення академічної доброчесності є публікації автора у рецензованих журналах, які перевірено на відсутність запозичень. Дотримання автором вимог академічної доброчесності підтверджено протоколом програми Strike Plagiarism від 10.04.2025 року. В протоколі зафіксовано запозичення з власної статті, що комісією вважається припустимим. Протокол опрацьовано фахівцями кафедри атомних електростанцій та членами групи забезпечення підготовки докторів філософії по освітній навчальній програмі за спеціальністю 143 «Атомна енергетика», які дійшли висновку, що дисертаційна робота відповідає нормам академічної доброчесності. В цілому при підготовці відгуку у тексті дисертації не було знайдено порушень академічної доброчесності.

Значимість отриманих результатів для практичного використання. Практичні положення дисертаційного дослідження впроваджено у Національному університеті «Одеська політехніка» при підготовці бакалаврів та магістрів за напрямом «Атомна енергетика» в Навчально-науковому інституті енергетики на кафедрі «Атомних електростанцій» при викладанні наступних навчальних дисциплін «Атомні електростанції», «Термодинамічний аналіз та оптимізація АЕС», «Вступ до фаху» та при дипломному проектуванні.

Оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності. Автор дисертаційної роботи Сегеда Володимир Олегович на тему «Використання високотемпературних ядерних реакторів для виробництва водню», оволодів методологією наукової діяльності, яка відповідає освітній навчальній програмі 3-го рівня спеціальності 143 «Атомна енергетика», що доведено отриманими науковими результатами, які відповідають критерію наукової

новизни. Методологія наукового пізнання, яка застосована для досягнення мети роботи, забезпечує розвиток науково-педагогічних компетентностей; дозволяє набути здатності щодо розв'язування комплексних проблем у галузі знань 14 «Електрична інженерія».

Висновок

Таким чином, представлена дисертаційна робота роботи **Сегеди Володимира Олеговича** на тему «Використання високотемпературних ядерних реакторів для виробництва водню», є завершеною науково дослідною роботою, яка містить нові науково обґрунтовані результати. Науковий рівень дисертаційної роботи та наукових публікацій здобувача відповідають вимогам п.п. 5, 6, 7, 8 та 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», згідно з Постановою КМ України №44 від 12.01.2022 року, зі змінами, внесеними відповідно до Постанови КМ України № 341 від 21.03.2022 року, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023 року, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024 року. Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу у наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що автор дисертації **Сегеда Володимир Олегович** заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 143 «Атомна енергетика».

Офіційний опонент, доктор
технічних наук, професор,
завідувач кафедри нафтогазових
технологій, інженерії та
теплоенергетики Одеського
національного технологічного
університету

Олександр ТІТЛОВ

М.П. « _____ » _____ 2025 року