

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

Куника Арсена Андрійовича

на тему «Підвищення рівня ефективності роботи вогнетехнічних об'єктів на основі струменево-нішевої технології»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань

14 - «Електрична інженерія»

за спеціальністю

144 - «Теплоенергетика»

### **Актуальність теми дисертації.**

У дисертаційній роботі автор аналізує підходи до спалювання різних типів палива, зокрема можливість їхньої почергового спалювання в одному пальниковому пристрої без необхідності у попередніх модифікацій чи тривалих налаштувань. Додатково розглянуто варіанти зниження різниці в експлуатаційних характеристиках при переході між видами палива, а також заходи для мінімізації негативного впливу на довкілля. Обрана тематика є актуальною, оскільки вперше було системно доведено можливість використання альтернативних видів палива без реконструкції пальникового обладнання в рамках струменево-нішевих пальникових приладів. Це, своєю чергою, сприятиме зменшенню експлуатаційних витрат, підвищенню ефективності паливно-логістичних процесів, оптимізації інфраструктури та загальному зростанню надійності енергетичної системи через диверсифікацію паливної бази.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

На основі проведених експериментальних досліджень вперше окреслено допустимі межі основних конструкційних і режимних характеристик комбінованих струменево-нішевих пальникових модулів, що працюють на пропан-бутані та природному газі. Визначені параметри забезпечують формування оптимальної структури течії, ефективне сумішоутворення, тепловіддачу, стійке горіння та повне згоряння палива в зоні стабілізації полум'я на обох досліджуваних видах палива.

Також зроблено за собою порівняння технічних характеристик струменево-нішевих пальників різних видів палива та прослідковано найбільш ефективні конструктивні параметри, які надаються при стабільній працюванні пристрою без надання порушень в конструкцію пальникового.

Реалізовано та досліджено спалювання пропан-бутану та природного газу на нових комбінованих пальникових модулях з домішками водню — що є важливим досягненням.

Запропоновані пальникові пристрої демонструють такі переваги: розширений діапазон регулювання потужності (більше ніж у 6 разів у порівнянні з класичними двопаливними пальниками), зменшену довжину факела (на 5–10%), здатність до запуску при тиску палива у 3–4 рази нижчому, ніж у аналогів, та стійке горіння при наднизьких коефіцієнтах надлишку повітря (близько  $\alpha \sim 1,02$ ).

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі теплової та альтернативної енергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського під керівництвом професора кафедри теплової та альтернативної енергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського, д.т.н., проф., Абдуліна Михайла Загретдиновича. Робота є складовою досліджень, проведених в рамках виконання держбюджетних науково-дослідних робіт 4.01 «Розробка методів та засобів підвищення ефективності обладнання теплових електростанцій та газотурбінних установок», Д/р № 0116U005215 (2016 – 2020 рр.).

Отже, в дисертаційній роботі наукове завдання дослідження сформульоване автором виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Куника Арсена Андрійовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми теплоенергетика.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «підвищення рівня ефективності роботи вогнетехнічних об'єктів на основі струменево-нішевої технології». Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння (засобами Unicheck), можна зробити висновок, що дисертаційна робота Куника Арсена Андрійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

**Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Стиль викладення доступний для сприйняття з використанням загальноприйнятої термінології.

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаних джерел та додатків. Обсяг роботи становить 161 сторінку, в тому числі список використаних джерел з 74 найменувань на 8 сторінках та 6 сторінок додатків.

У вступі, здобувачем окреслено ключові виклики вітчизняної енергетики, пов'язані із забезпеченням стабільного та ефективного функціонування вогнетехнічного обладнання в умовах промислових та комунальних підприємств, що є особливо актуальним на даний момент. Роз'яснено значущість тематики дисертації, сформульовано мету та завдання дослідження. Надано обґрунтування обраного методологічного підходу. Висвітлено отримані наукові результати, їхню прикладну цінність, відповідність дослідження програмам НАН України, індивідуальний внесок автора та підтвердження результатів через апробацію.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану підприємств енергетики та інших паливовикористовуючих підприємств, особливостей їх паливного забезпечення в Україні та за кордоном. Проаналізовано поточні тренди у використанні альтернативних видів палива, визначено типові проблеми при експлуатації традиційних та альтернативних видів палив. Проведено огляд існуючих технологій спалювання, на основі чого сформовано перелік вимог до систем, здатних реалізовувати універсальні та комбіновані пальникові пристрої. Окремо розглянуто питання застосування домішок високореакційних палив (зокрема водню) для уніфікації теплофізичних характеристик різних палив, таких як коефіцієнт Воббе, температура горіння, швидкість полум'я, тощо.

У другому розділі викладено методологію проведення дослідження та дослідницькі принципи, що були застосовані в межах лабораторних та промислових випробувань. Описано конструкцію експериментальних стендів, обґрунтовано вибір методів випробувань, приведено характеристики використаних в дослідженнях приладів, а також проведено розрахунок ймовірних похибок вимірювання.

Третій розділ зосереджено на результатах комп'ютерного моделювання (процесів сумішоутворення, подачі палива, тощо без самого процесу горіння), на основі яких визначено діапазони конструктивних та експлуатаційних параметрів в яких можлива стабільна робота на двох видах палива, які в подальшому будуть детально вивчені у натурних експериментах.

Виходячи з отриманих даних чисельного моделювання, було виготовлено лабораторний стенд та серію дослідних струменево-нішевих модулів із різними варіантами конструктивного виконання — змінювались діаметри каналів подачі палива, відносний крок між ними, конструктивні параметри ніші за глибиною і шириною тощо.

У четвертому розділі наведено дані власних експериментальних досліджень, у межах яких вивчалися впливи зміни основних конструктивних та режимних параметрів на процес горіння. Отримано емпіричну інформацію щодо особливостей структури течії, утворення паливно-повітряної суміші, стабілізації факела та ступеня згорання палива в системах з комбінованими струменево-нішевими модулями. Показано можливість стабільного спалювання різних палив.

У процесі аналізу було ідентифіковано найбільш ефективні набори конструктивних та режимних параметрів для забезпечення ефективного спалювання як природного газу, так і пропан-бутану за допомогою одного і того ж струменево-нішевого модуля. Підтверджено можливість розробки серійних модульних пальникових пристроїв з використанням струменево-нішевих елементів, здатних працювати в широкому діапазоні теплових навантажень.

У п'ятому розділі розглянуто вплив домішок водню в паливній суміші з різною теплою згорання, на характеристики топкових процесів в новому типі комбінованого струменево-нішевого модуля. Доведено, що домішки водню дозволяють зменшити різницю в теплофізичних характеристиках палив, (коефіцієнт Воббе, температуру горіння і т.д.). Проаналізовано, як водень впливає на структуру факела та перебіг горіння, засвідчено покращення реакційних властивостей цих паливних сумішей, скорочення довжини факела та зменшення обсягів викидів CO та NOx. Досліджено здатність до самоохолодження струменево-нішевих модулів нового типу

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені в п'яти наукових публікаціях здобувача, серед яких: три статі у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; одна стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованих у базі Scopus. За тематикою статті отримано патент на корисну модель.

Також результати дисертації були апробовані на п'яти міжнародних наукових фахових конференціях.

Тематика й зміст опублікованих наукових праць, до яких здобувач був залучений як співавтор, підтверджують високий рівень його наукової підготовки.

Всі матеріали, що стали основою дисертаційного дослідження, зібрані й опрацьовані здобувачем самостійно. Це охоплює як аналіз, так і опрацювання експериментальних результатів, зокрема щодо роботи струменево-нішевих

пальників різної конструкції. Крім того, автором самостійно спроектовані струменево-нішеві комбіновані модулі нового типу, що висвітлені в дисертації.

Вся діяльність, що стосувалася планування експериментів, обробки експериментальних даних і подальшого аналізу, проводилася безпосередньо здобувачем. Здобувач особисто здійснював лабораторні вимірювання параметрів, необхідних для оцінки процесів згоряння, а також виконував усі відповідні обчислення та обраховував похибки.

Узагальнення результатів досліджень та їх подальша перевірка в умовах промислових випробувань модульних пальникових пристроїв також здійснювались за активної участі автора.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

До дисертаційної роботи є наступні зауваження:

- В переліку умовних позначень відсутня частина скорочень, аббревіатур і т.д., приведених в тексті. Більшість з них хоч і є загальноновживаними, але можуть вносити деяку неясність.

- Літературний огляд дещо перевищує загальноприйняті розміри;

- На сторінках 42-44 рисунки 1.11, 1.12 та 1.13 мають доволі низьку якість;

- На сторінці 83 таблиця 2.1 «Засоби вимірювальної техніки, що використовувалися при дослідженні» вставлена, як зображення;

- На сторінці 91 є плутанина з нумерацією формул – після формули (2.21), йде формула (2.24);

- У розділі 3 «Тривимірне комп'ютерне моделювання структури течії та сумішоутворення струменево-нішових комбінованих пальникових модулів» мало згадок про програмне забезпечення, використане для CFD моделювання, його налаштування, розміри сітки, алгоритми та решту налаштувань. Це створює враження недостатньої прозорості дослідження, адже тип ПЗ, сітка, алгоритм розв'язання та моделі турбулентності мають бути чітко вказані.

- Креслення на сторінці 93 виконані не надто якісно, з порушенням креслярських нормативів, шрифтами та їх розмірами не по ДСТУ.

- В четвертому розділі занадто часто зустрічаються формулювання без числових обґрунтувань, наприклад «значно покращується» або «суттєво зменшується», без конкретних значень або відсоткових змін.

Ці зауваження не є визначальними та не зменшують загальну наукову новизну і практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Куника Арсена на тему «Підвищення рівня ефективності роботи вогнетехнічних об'єктів на основі струменево-нішевої технології» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань «Електрична інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Куник Арсен Андрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 – «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 – «Теплоенергетика».

### **Рецензент:**

доцент кафедри теплової та  
альтернативної енергетики, НН ІАТЕ,  
Національного технічного університету  
України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»  
МОН України, кандидат технічних наук, доцент.



Катерина РОМАНОВА

М.П.                      «\_\_\_» серпня 2025 року